



# Journées Recherche et Innovation Biogaz et Méthanisation

## Conférence introductive et Tables rondes

| Centre Prouvé, 1 Pl. de la République, 54000 Nancy  
| 17-19 mars 2026



Histoire de la méthanisation en France et scénarios prospectifs

Table Ronde : Les digestats : Fondements scientifiques, retour d'expériences et politiques publiques

Table Ronde : Nouvelles voies : couplages technologiques et hybridation des filières

# Histoire de la méthanisation en France et scénarios prospectifs



**Christian Couturier**  
Directeur de Solagro

# Biogaz d'hier, biogaz de demain

Nancy – JRI – 16 mars 2026

Christian Couturier

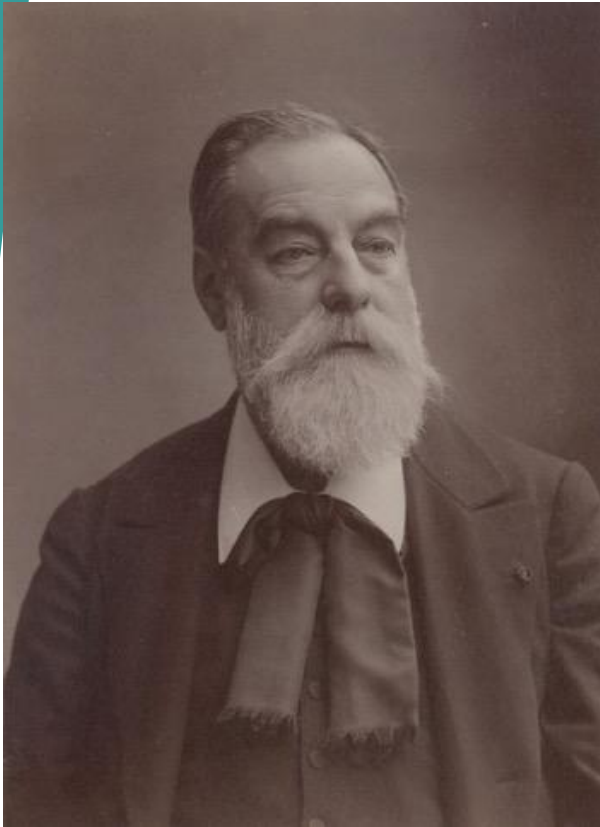




▶ Un siècle d'histoire

# Prémices

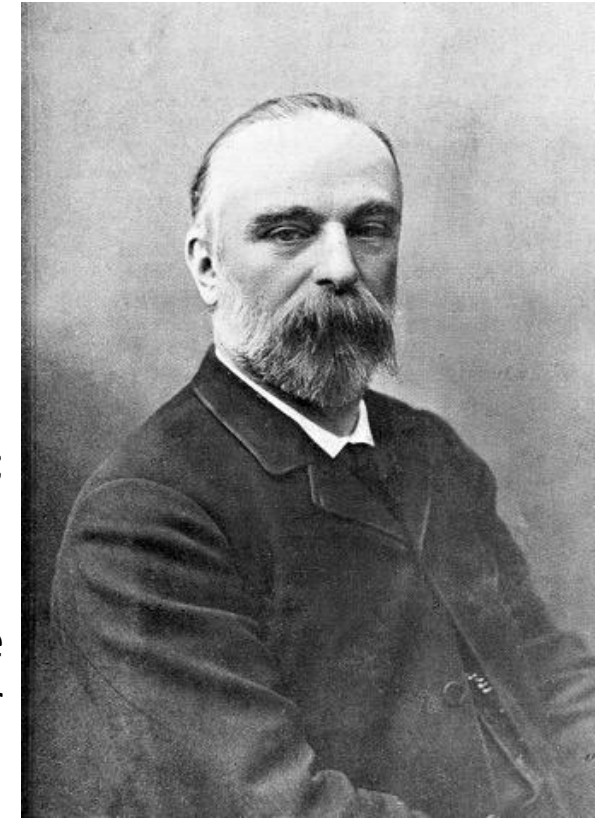
## *La bataille du tout-à-l'égout à Paris à la fin du XIXème.*



Emile Trélat (1821-1907)

Hygiénistes médicaux ; ingénieurs municipaux ; administration urbaine ; partisans de la modernisation ; épidémiologistes

Hygiénistes « aéristes » ; agronomes ; scientifiques « prudents » (pas de consensus, demandent des travaux complémentaires) ; propriétaires d'immeubles ; acteurs du recyclage ; Société des Agriculteurs de France ; proposent système séparatif ; invoquent le soutien de Pasteur



Paul Brouardel (1837-1906)

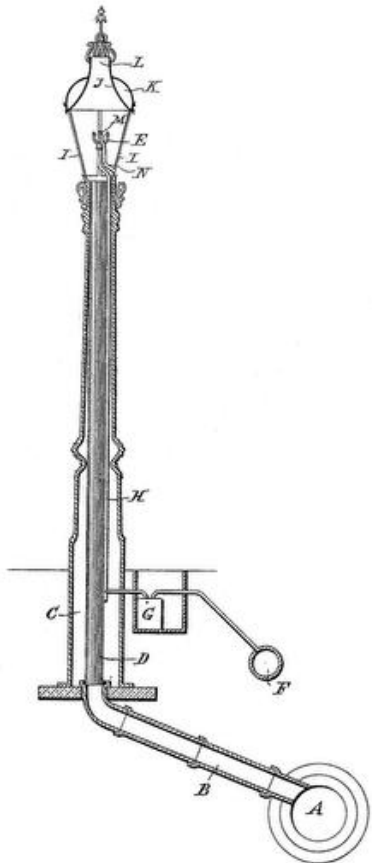
Débats trans-partisans, la gauche finit majoritairement dans le camp du tout-à-l'égout, qui l'emporte juridiquement en 1894 et politiquement en 1904.

# Le naufrage du Princess Alice dans la Tamise, 1878

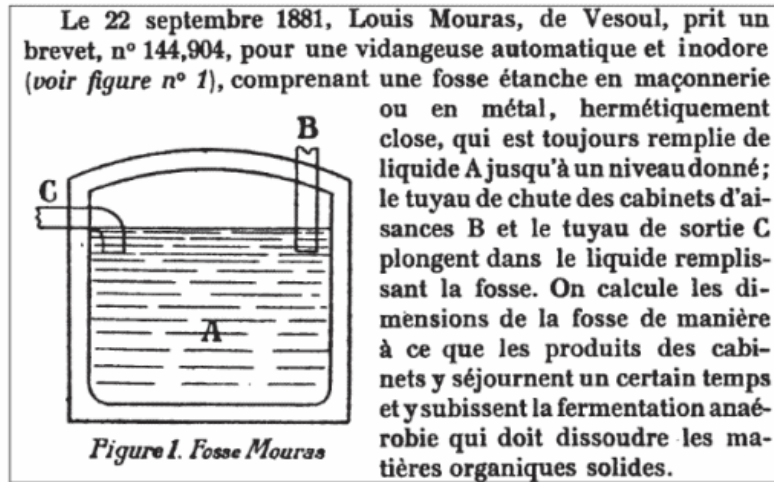


# Les pionniers (1895-1940)

<https://www.methafrance.fr/histoire-de-la-methanisation>



Sewer gas destructor,  
1892, UK. Joseph Webb



Le 22 septembre 1881, Louis Mouras, de Vesoul, prit un brevet, n° 144,904, pour une vidangeuse automatique et inodore (voir figure n° 1), comprenant une fosse étanche en maçonnerie ou en métal, hermétiquement close, qui est toujours remplie de liquide A jusqu'à un niveau donné; le tuyau de chute des cabinets d'aisances B et le tuyau de sortie C plongent dans le liquide remplissant la fosse. On calcule les dimensions de la fosse de manière à ce que les produits des cabinets y séjournent un certain temps et y subissent la fermentation anaérobie qui doit dissoudre les matières organiques solides.

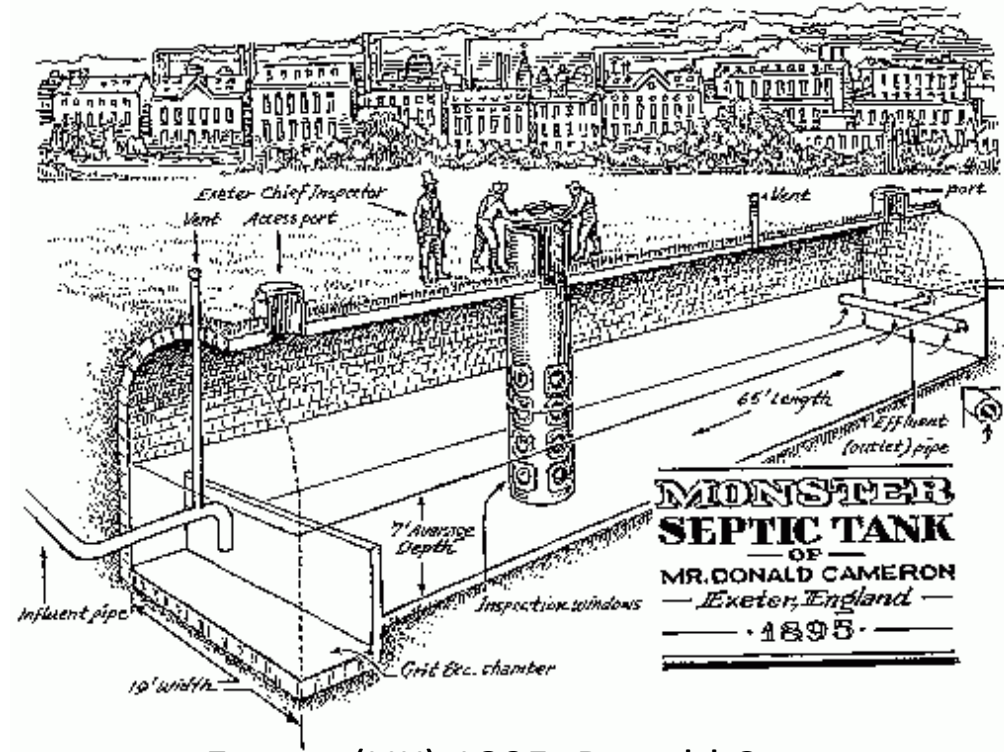
Figure 1. Fosse Mouras

La fosse Mouras (1881)<sup>5</sup>

Fosse Mouras, 1881. FR



Emscherbrunnen (D), 1907. Karl Imhoff.



Exeter, (UK) 1895. Donald Cameron.

Traitement des eaux usées.  
Assainissement



# Méthaniser les boues de station d'épuration



SOLAGRO - Association à but non lucratif  
219 Avenue de Muret - 31300 Toulouse  
☎ 01 59 56 16 - Fax 01 59 96 41

Comité de rédaction : Christian Couturier, Isabelle Motren

Directeur de publication : Bruno Lejaguer

P. Labeyrie, C. Couturier

Contact Solagro :  
Octobre 1994



La méthanisation est actuellement l'un des principaux modes de traitement des boues urbaines. Outil performant sur le plan de la dépollution comme sur celui de l'efficacité énergétique, il est si banal aujourd'hui... qu'on l'en oublie ! Que représente aujourd'hui en France cette filière ? Dans quelle problématique s'inscrit-elle ? Quels sont ses intérêts ?

Un tiers des stations d'épuration urbaines de plus de 30.000 équivalent-habitants stabilisent par méthanisation les boues qu'elles récupèrent dans les eaux usées. Un parc qui représente au bas mot 20 millions d'équivalent-habitants.

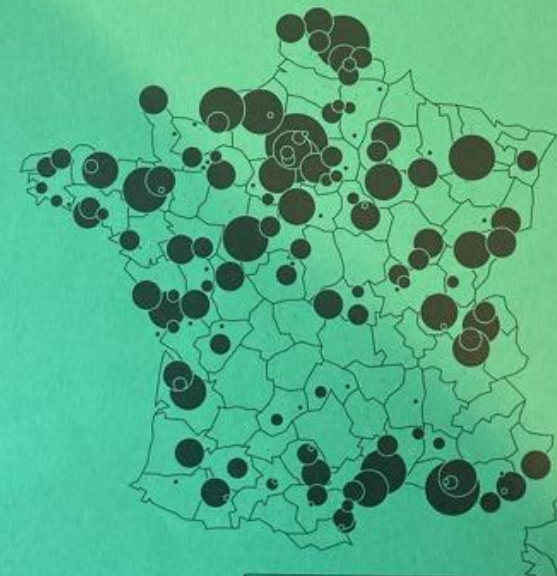
Toutes les tailles sont représentées : depuis Paris, Lille, Marseille, jusqu'à Muret ou Bayeux, en passant par Tours, Chambéry, Besançon, Aix en Provence... L'ensemble de ces stations transforme ainsi en gaz, tous les ans, 200.000 tonnes de matières organiques, produisant 100.000 tonnes-équivalent pétrole.

Malgré son importance actuelle, la filière reste méconnue. La méthanisation nécessite un investissement initial élevé, même si, grâce à des coûts d'exploitation plus faibles que d'autres modes de traitement des boues, elle reste économiquement intéressante. Or, lors des appels d'offres - le traitement des eaux usées étant de plus en plus fréquemment confié à des sociétés privées - il s'agit le plus souvent d'être le moins-disant : donc de réduire les investissements - au détriment des coûts de fonctionnement, et de la qualité finale des boues.

Comme toute technologie, les avantages et inconvénients de la méthanisation sont perçus de façon subjective, perception qui suit en outre des effets de mode. Pour certains, elle n'est adaptée que pour des petites unités, ce que dément l'exemple de Paris ; ou au contraire pour les seules grandes villes : inexact, puisque l'on connaît des exemples de stations de

moins de 20.000 habitants qui non seulement méthanisent les boues, mais en outre valorisent le gaz. La difficulté d'utiliser le gaz est régulièrement avancée : il y a pourtant longtemps que l'on connaît les précautions à prendre. On peut certes dresser toute une liste des limites de la méthanisation : encore faut-il connaître l'état de l'art. Démarche qui n'est peut-être pas inutile, dans

un contexte d'incertitude croissante quant au devenir des boues urbaines, alors que la digestion anaérobie s'avère être une des techniques les plus performantes de traitement des boues. Quant à ses performances énergétiques, elles passent au second plan dans un contexte de faible coût de l'énergie : là encore, il s'agit d'un arbitrage entre le court terme et le long terme.



Plus de 150 méthaniseurs en stations d'épuration urbaines

Les données sont issues de l'annuaire des stations de traitement des eaux usées de France.

# Le premier âge de la méthanisation agricole (1940-1975)

... en France...



1000 installations de biogaz agricole en 1957 en France et Algérie



digesteur agricole et cuisinière alimentée en gaz de fumier<sup>17</sup> (1952)



La revanche du fumier sur l'or noir



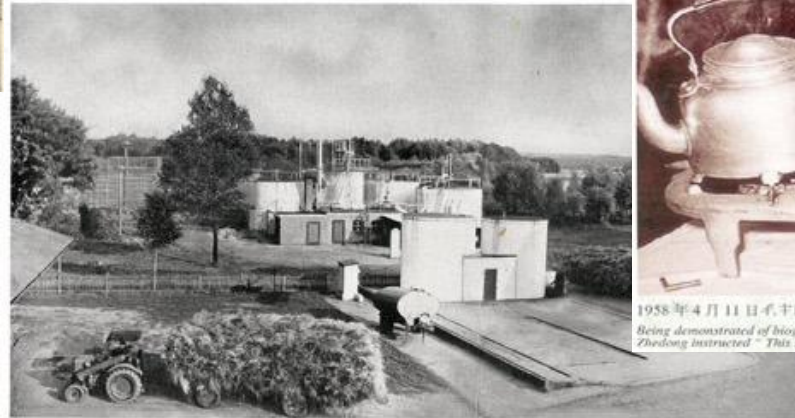
Marcel Isman, 1906-1996

« Le fumier augmente d'un tiers de sa valeur » André Chapuis, 1975



# ... et ailleurs...

1947



1958年4月11日毛主席视察武汉地方工业展览馆观看沼气灶演示，指示“这要好好推广”  
*Being demonstrated of biogas stove on Wuhan local industry exhibition on April 11, 1958, Chairman Mao Zedong instructed "This should be well promoted"*

BIHUGAS : Biologisches Humus- und Gaswerk, ou Schmidt-Eggersglüss system, par Ferdinand Schmidt (1894-1956) et Walter Eggersglüss



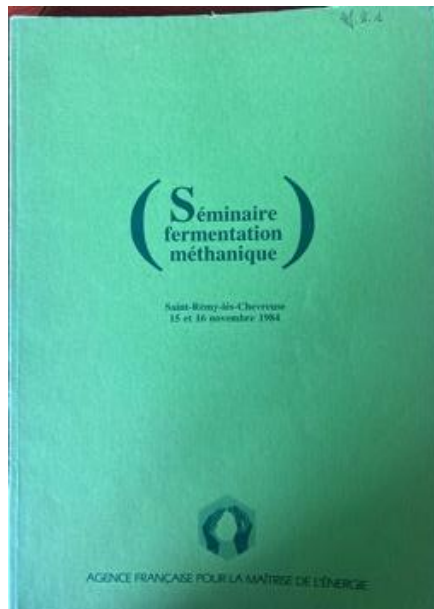
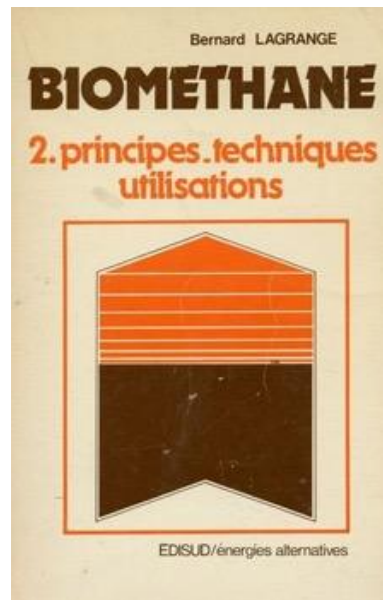
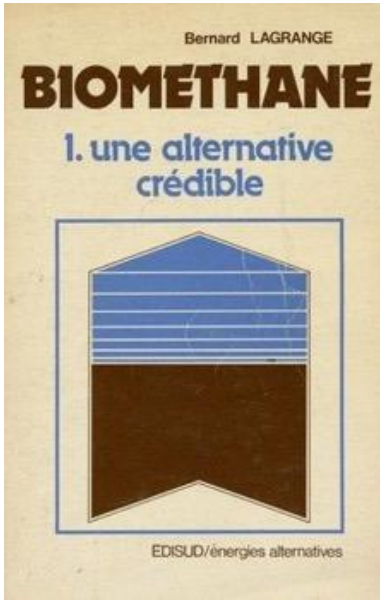
Bihugas-Werk Allerhop

Im Hintergrund: 4 Faulräume, 2 Bihu-Dung-Silos, 1 Gasbehälter, Heizkesselraum, Maschinenhaus mit Kompressionsanlage, davor Gastankstelle, links daneben 2 Drahtsilos für Strohhäcksel

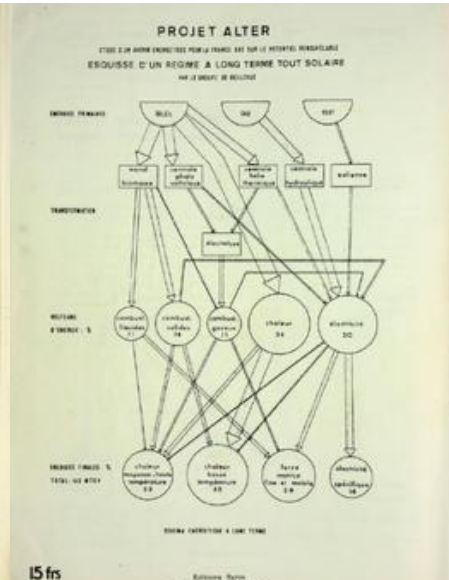
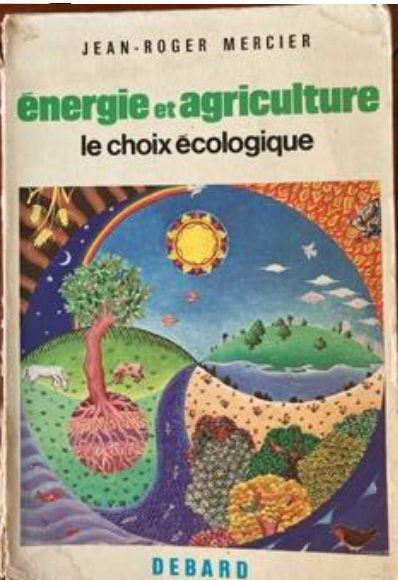
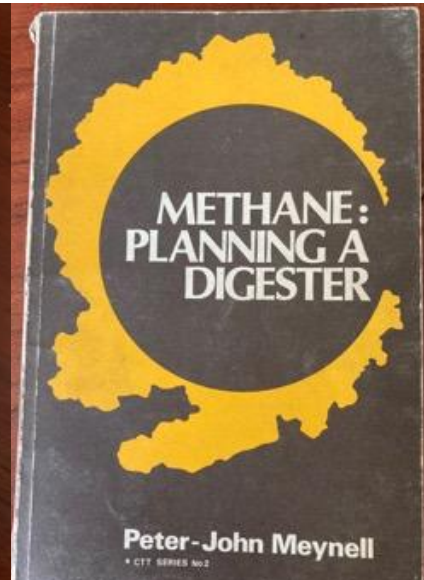
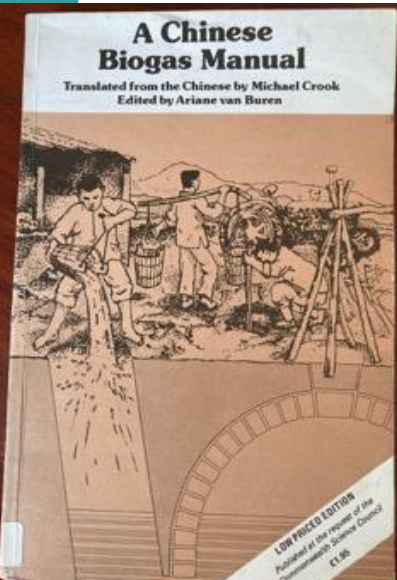
Im Vordergrund: 2 Jauche-Hochbehälter an der Stirnseite der früheren Edelmistplatte, daneben Spezialverteilerfahrzeug für Bihu-Dung und 2 Bihugas-Deutz-Schlepper

# Chocs pétroliers (1973-1986)

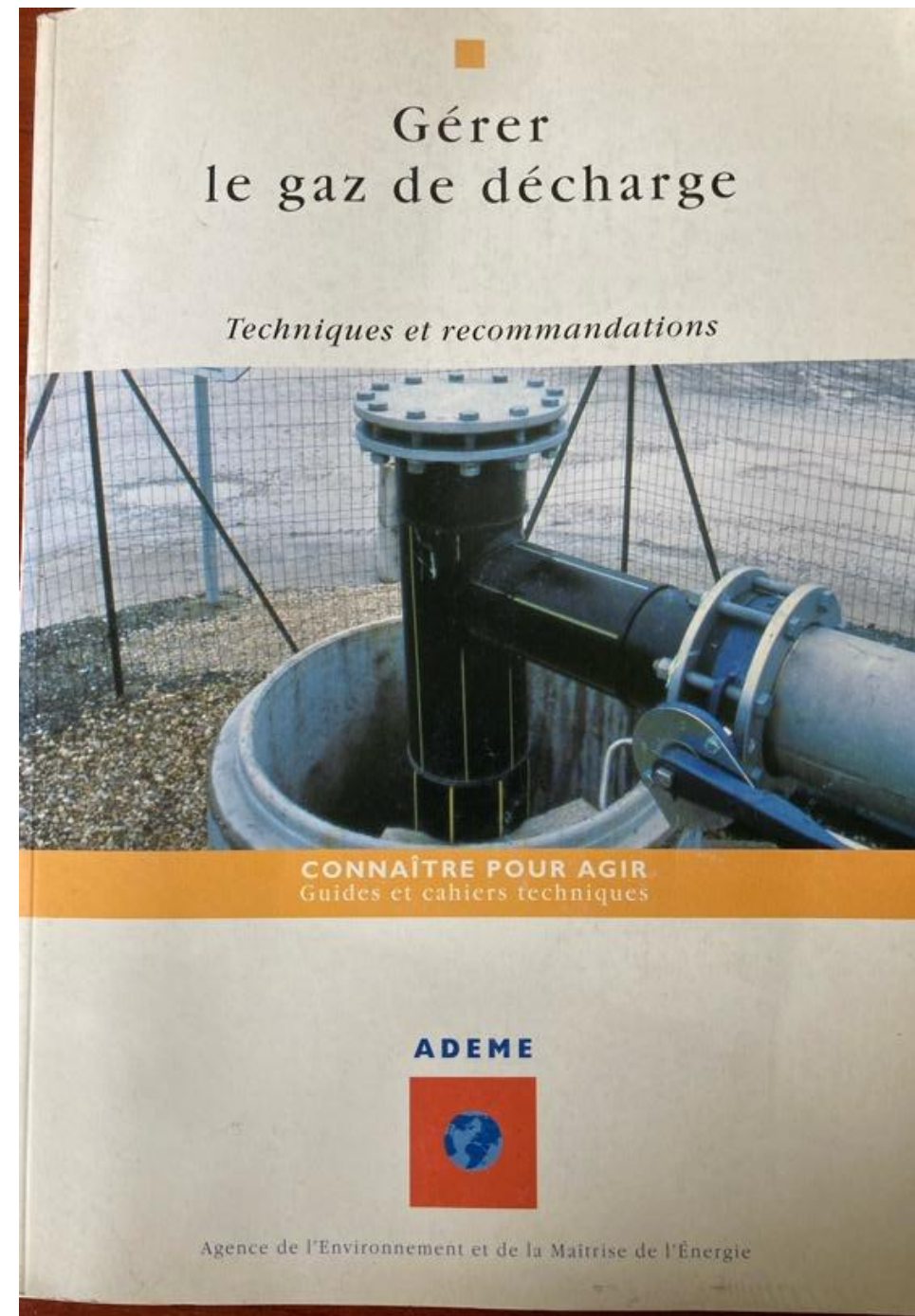
1988



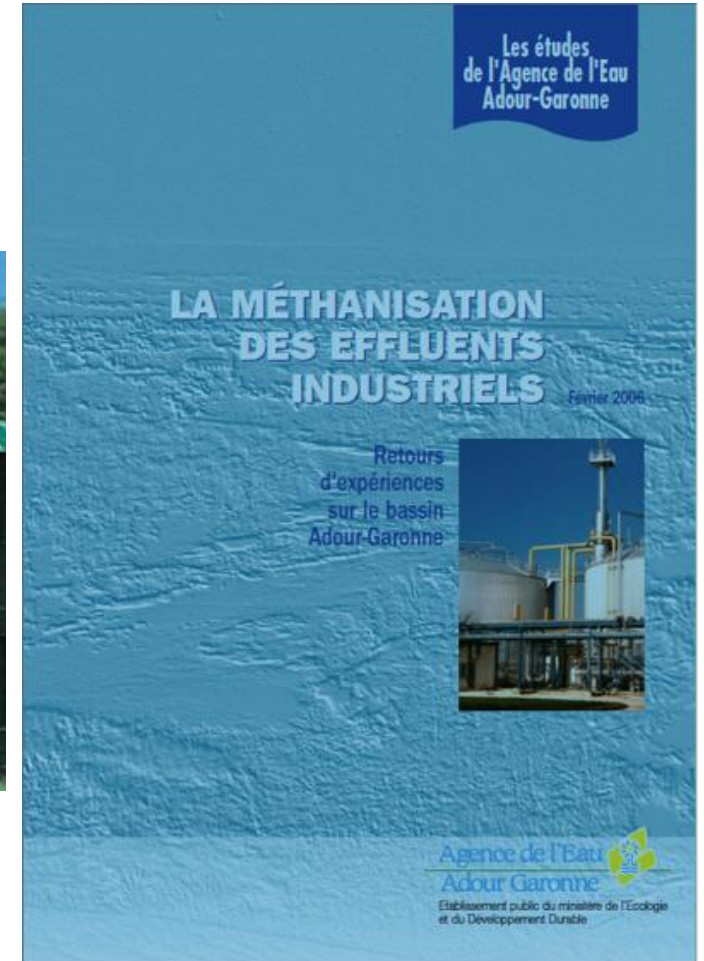
Méthanisation agricole en 1985 chez Robert Viader (Tarn) (adhérents de Solagro)



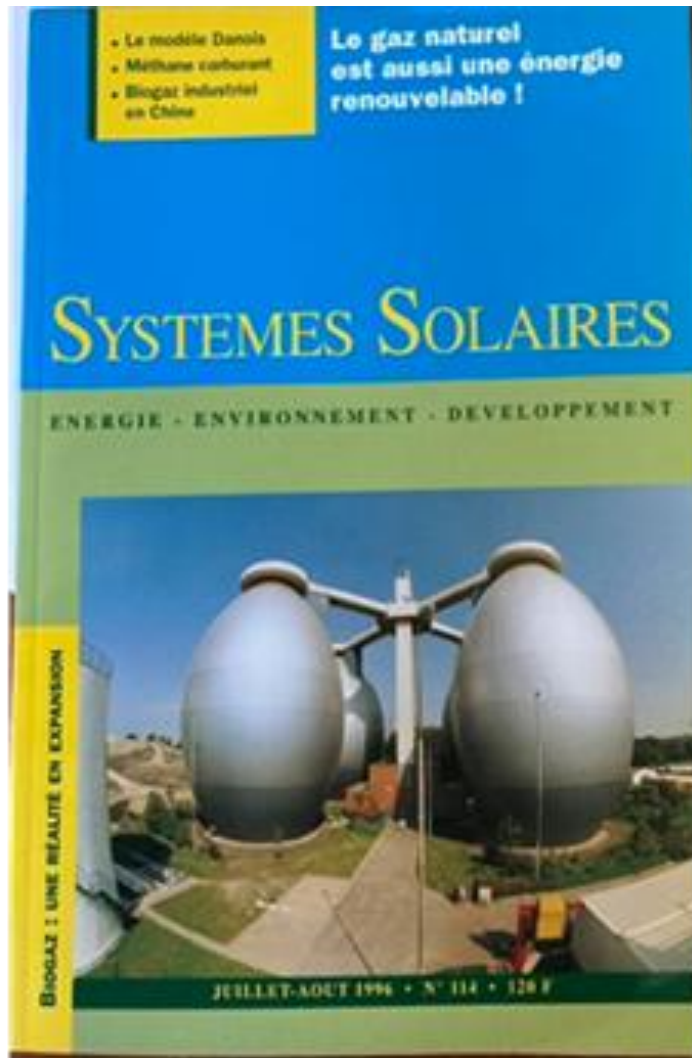
# Contre-choc (1986-1997)



# Contre-choc (1986-1998)



# Produire du « gaz naturel renouvelable » ?



## Sommaire

- 2 Comprendre la méthanisation
- 10 Décharges urbaines et production de biogaz
- 23 Valorga, une entreprise à flux continu
- 28 Royaume-Uni : fossiles, non merci !
- 32 Biogaz en agriculture : le modèle Danois
- 39 Méthaniser les effluents industriels
- 43 Digesteurs ovoïdes, outre-Rhin
- 49 Biogaz industriel en Chine
- 54 Le Grand Sud-Ouest, pionnier du méthane contemporain
- 58 Méthane carburant
- 64 Injection dans les réseaux
- 70 Cadres solaires
- 72 Energie et adaptation animale
- 73 Actualités

Ce "spécial gaz naturel renouvelable" doit beaucoup aux acteurs de la filière et notamment à Bertrand de La Farge (Aria) et à Christian Coulonier (Solagro) qui ont rédigé une grande partie du numéro. Isabelle Müllren (Solagro) s'est occupée de la recherche iconographique. Françoise Nowak et Jacques Maistré ont enquêté en France.

*Spécial Solaires N° 114 complet, entre les pages 48 et 65, en accord de quatre pages : "Le futur de Valorga".*

Photo de couverture : digesteurs ovoïdes à Dindiken (haut de page) page 43 et 44 (ICAD Bourdeaux).

**SYSTEMES SOLAIRES** 146, rue de l'Université - 75007 Paris • Tél. (01-1) 44 33 00 80 • Télécopie (01-1) 44 33 00 36  
 Directeur de la publication : Alain Lelband, Rédacteur en chef : Yves-Bruno Civil, Rédacteur : Maylis Gaillard,  
 Conseillère : Michelle Elcham, Conception maquette - Halonation : Jean-Claude Lamberville,  
 Traductrice : Judith Nelson, Administration : Service Liger  
 Editeur : Systèmes Solaires (Association loi 1901), Publié le : un journal (T4) : 44 33 00 80

Impression : Impression de Champagne - Dépôt légal : 7 novembre 1996 - Commission paritaire N° 4704 - ISSN 0295-2071

## Les nouvelles de Solagro

Energie & Environnement  
Solutions adaptées pour un développement durable

**N°11  
Automne 1993**

**SOMMAIRE**

- Brèves - D'un trimestre à l'autre 2
- Déchets de bois : de la décharge à la chaufferie 3
- La bois-énergie au service de la sylviculture 4
- Le premier âge du gaz carburant 5
- Eole à l'école 6
- Coups de soleil 7
- Energie : initiatives pour un débat 8

**Le "premier âge" du méthane carburant**

Le réseau de distribution de gaz naturel pour véhicules, à son apogée dans les années 50 et 60. Page 3.



# 2000 : interdiction d'injecter du biométhane dans le réseau

Direction générale de la santé  
Sous-direction gestion  
des risques des milieux  
Bureau SD 7 B

## **Avis du conseil supérieur d'hygiène publique de France (section des milieux de vie) relatif à l'injection du biogaz produit par la décharge de Montech dans le réseau gazier, séance du 4 juillet 2000**

NOR : MESP0030420V

(Texte non paru au *Journal officiel*)

Considérant les incertitudes sur les toxiques présents dans le biogaz (composés halogénés, métaux lourds, ...) et sur les produits susceptibles de se former après combustion ;

Considérant la variabilité spatiale et temporelle du biogaz dont la composition fluctue en fonction du type de déchets ;

Considérant les difficultés pour réaliser et maîtriser la dilution du biogaz, selon la dynamique du réseau gazier, avec pour conséquence l'éventualité d'une arrivée de biogaz non dilué jusqu'au consommateur final ;

Considérant l'impossibilité d'effectuer des contrôles chez l'utilisateur, tant au niveau de la qualité de l'air que des problèmes de corrosion et d'encrassement ;

Considérant les premiers résultats de l'évaluation des risques conduite par le service des études médicales de EDF-GDF sur le phosgène et le chlorure de vinyle ;

Considérant le nombre très limité d'expériences étrangères d'injection de biogaz issu de décharge dans le réseau de gaz ;

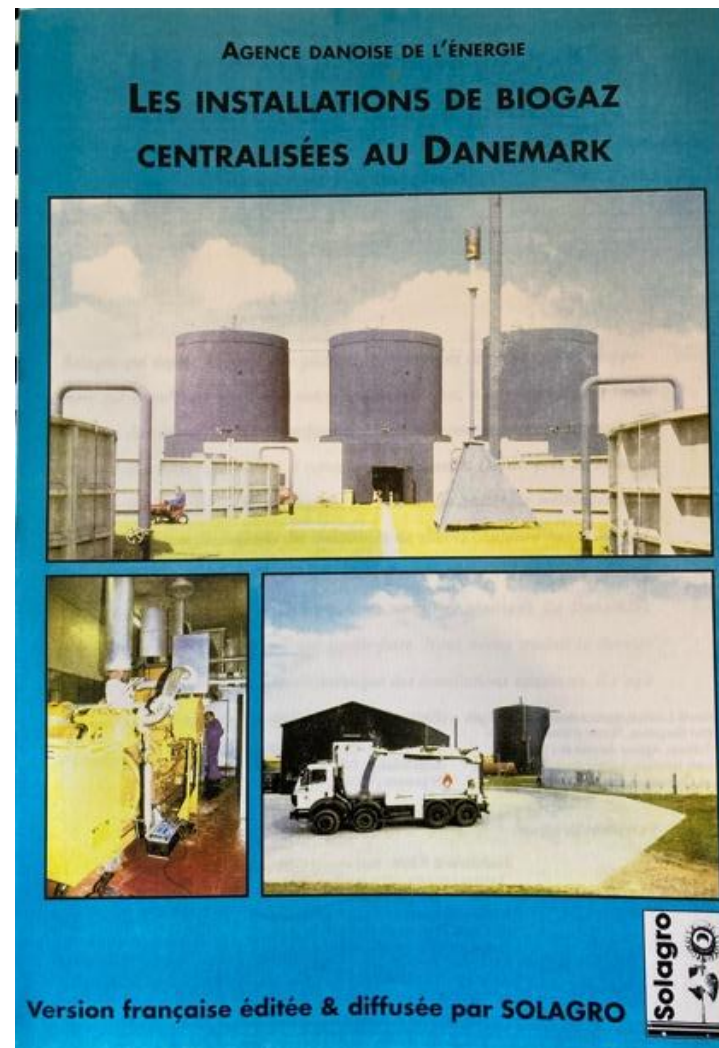
Considérant l'existence d'autres filières de valorisation du biogaz ;

Le Conseil :

Se prononce, dans l'état actuel des connaissances, contre l'injection du biogaz produit par la décharge de Montech dans le réseau gazier.

Cet avis ne peut être diffusé que dans sa totalité, sans suppression ni ajout.

# L'Europe, l'Allemagne, le Danemark, le climat



# Un nouveau modèle

## 2008 : GrDF s'engage dans la voie du biométhane

*« À la création de GrDF, il m'avait été demandé de préparer un plan de démantèlement du réseau de gaz naturel, réputé sans avenir. »*

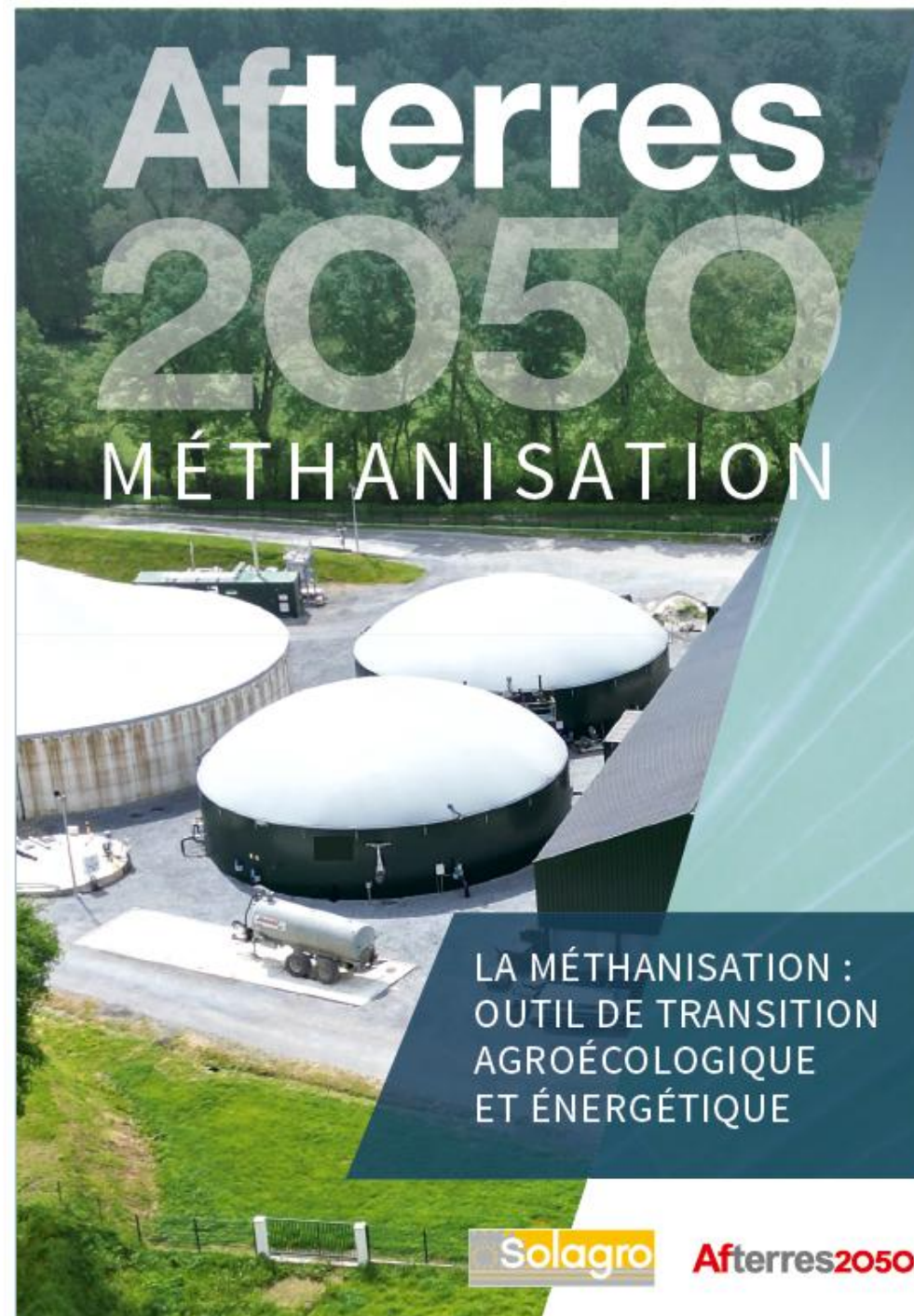
Audition de Mme Laurence Hézard directeur général de grdf sur « les perspectives économiques et technologiques de la filière biométhane 2030 ». Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques  
Réunion du 13 février 2013

## Risques sanitaires du biogaz

Evaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel

- Avis de l'Afsset
- Rapport d'expertise collective

► Une proposition  
pour une  
génération





▶ 2035

# Portrait de ferme : la Ferme des Robin

Corentin, Manon, Lina

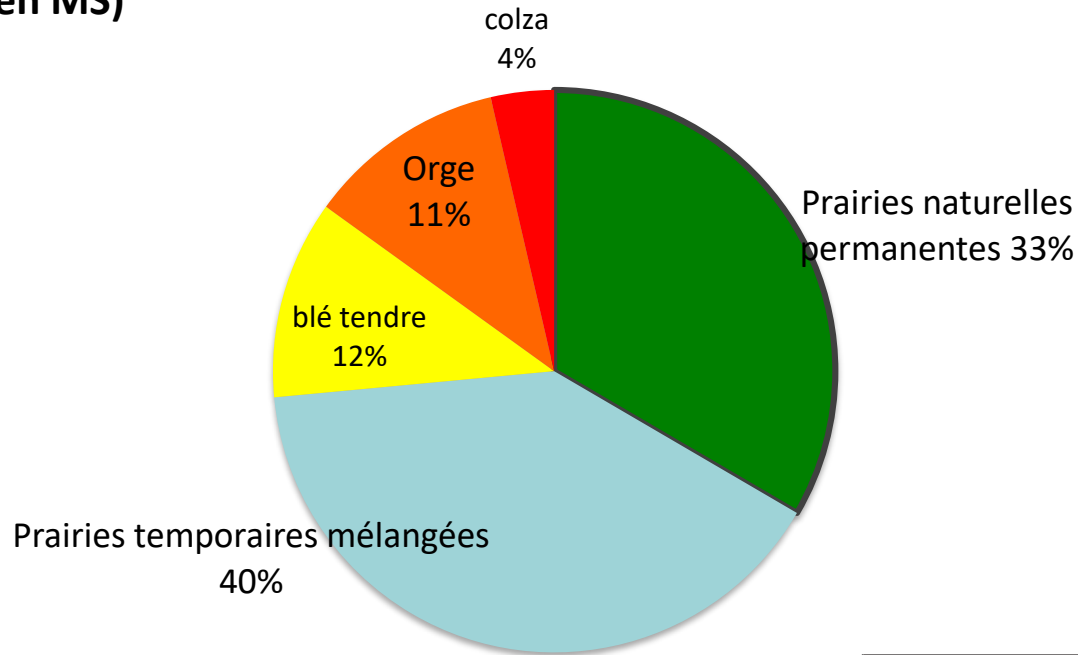
- 70 Charolaises,
- 125 ha de cultures et prairies, 1/3 de prairies naturelles



# Un système polyculture élevage classique



## Productions (en MS)



Viande

Cultures de vente (céréales)



42 ha prairie permanente + 42 ha de prairie temporaire								
22ha	Ensilage							
20ha	Foin + ensilage						pâturage	
12ha	Foin				pâturage			
30ha	pâturage							
	M	A	M	J	J	A	S	O

# Une autre gestion du système fourrager

- Augmentation durée pâturage et optimisation gestion de l'herbe
- Suppression concentrés et diminution fourrages
- Mais les étés secs...
- ...imposent de constituer des stocks d'herbe de conservation...
- ...qui sont utilisés soit comme fourrages soit pour la méthanisation selon le contexte



Viande

Cultures de vente (céréales)



**42 ha prairie permanente + 20 ha de luzerne dans la rotation**

20ha	Luzerne										
8ha	Foin							Foin			
8ha								pâturage			
26ha	pâturage										
	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	



Afterres  
2050

Le podcast



Sortie le 19 novembre



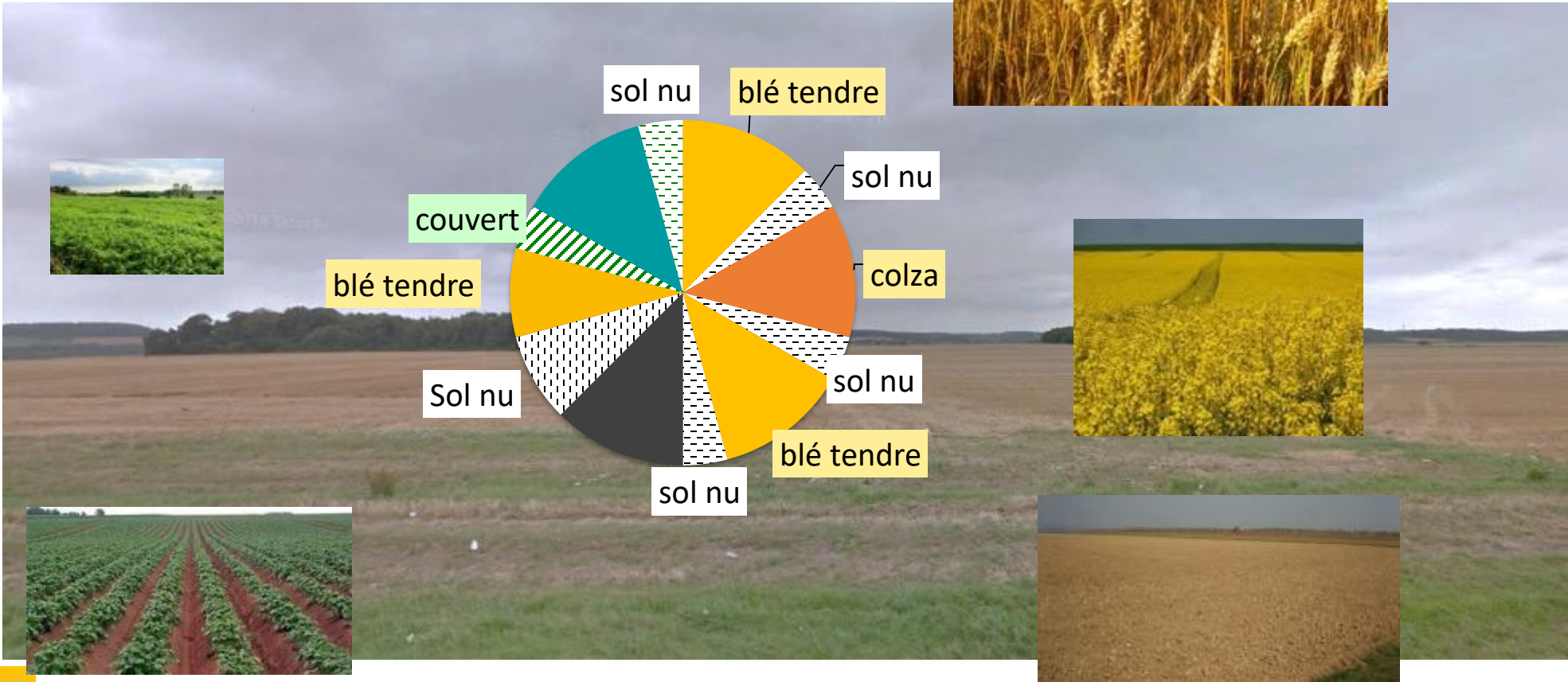
# Portrait de ferme : une exploitation en grande culture

**Justin Barthinot.**

- Près de Pithiviers, Loiret
- 380 ha de grandes cultures



# 2020 : un système conventionnel ...



... et « productif », avec des marges d'amélioration importantes



Production primaire

Fonctionnalités naturelles

Intrants (NPK, énergie)

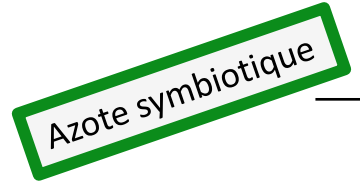
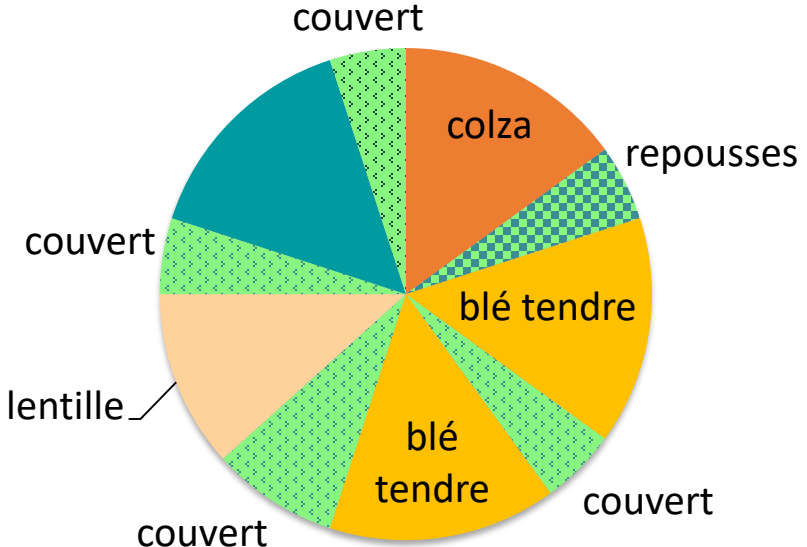
Résilience changement climatique

Impacts environnementaux

Diversification et synergies



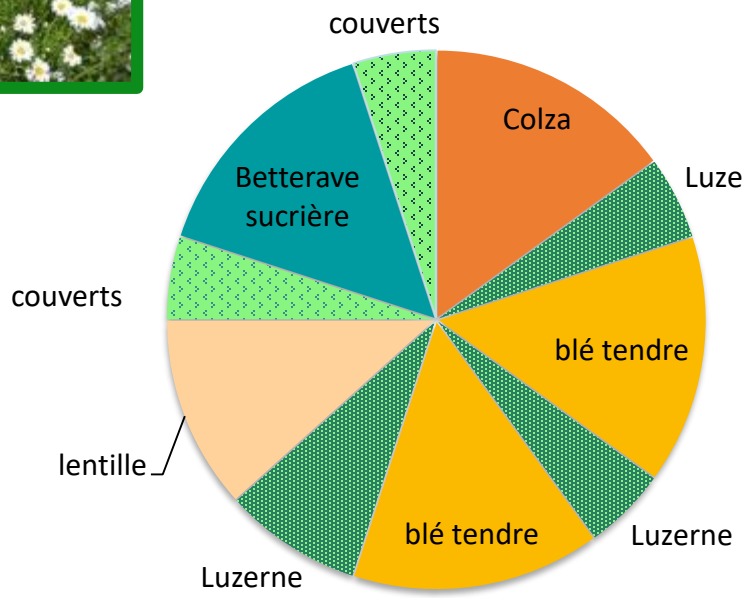
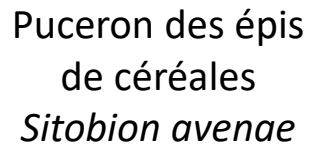
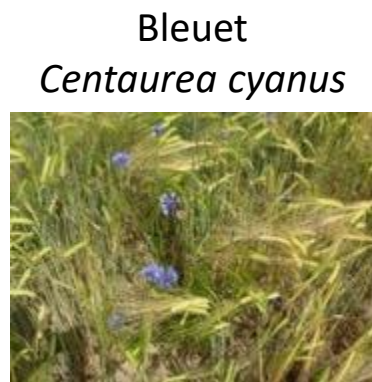
# Nouvelles pratiques agroécologiques



# 2020 : infrastructures agro-écologiques, lutte biologique



Bandes enherbées fleuries (infrastructures agro-environnementales)



# 2025 : le méthaniseur et les énergies renouvelables

- Optimisation recyclage azote et phosphore
- Élimination graines d'adventice (menues pailles) : réduction phyto
- Valorisation des couverts et luzerne



20% paille  
50% couverts  
100% luzerne

issues de silos...

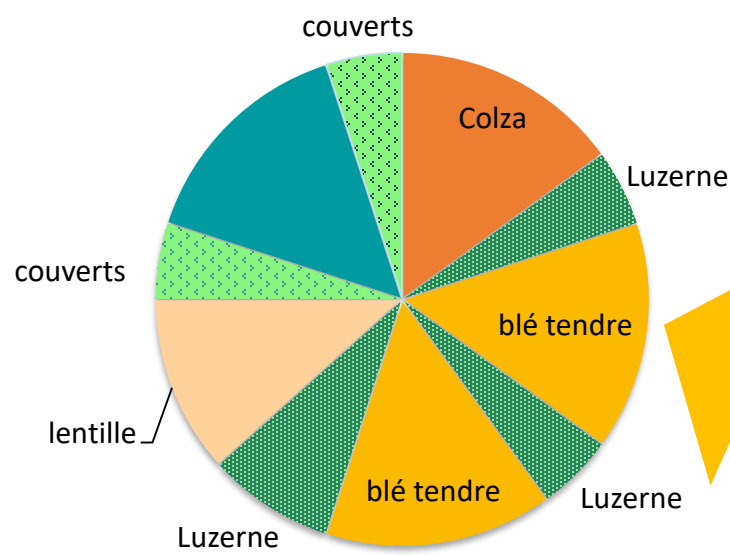


Méthanisation

Energie



Nutriments



Parc éolien (Régie)



Solaire (coopérative)

# Point d'étape 2035



2015

Afterres2050

Azote, phosphore, énergie, phytosanitaires

Production primaire

Fonctionnalités naturelles

Intrants (NPK, énergie)

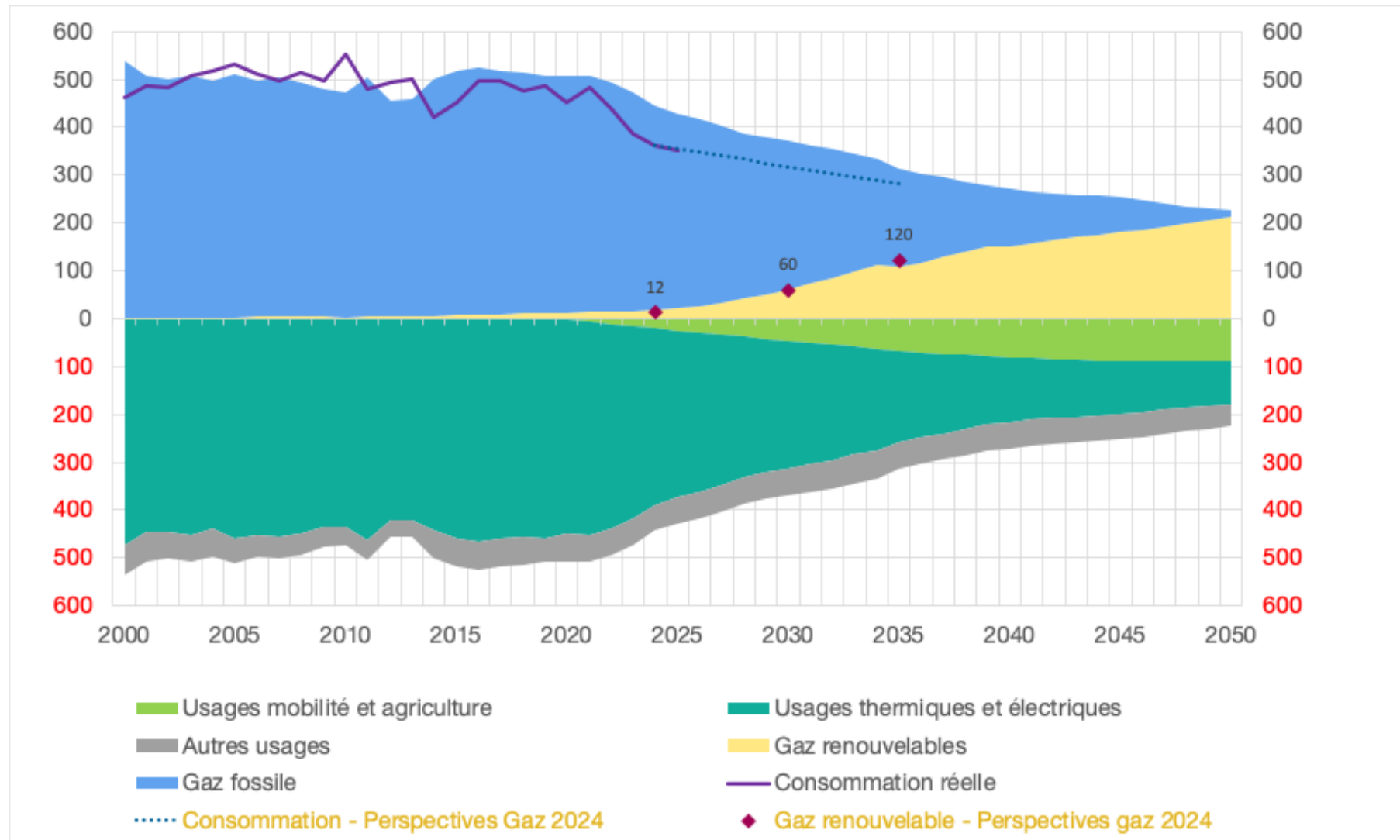
Résilience changement climatique

Impacts environnementaux

Diversification et synergies



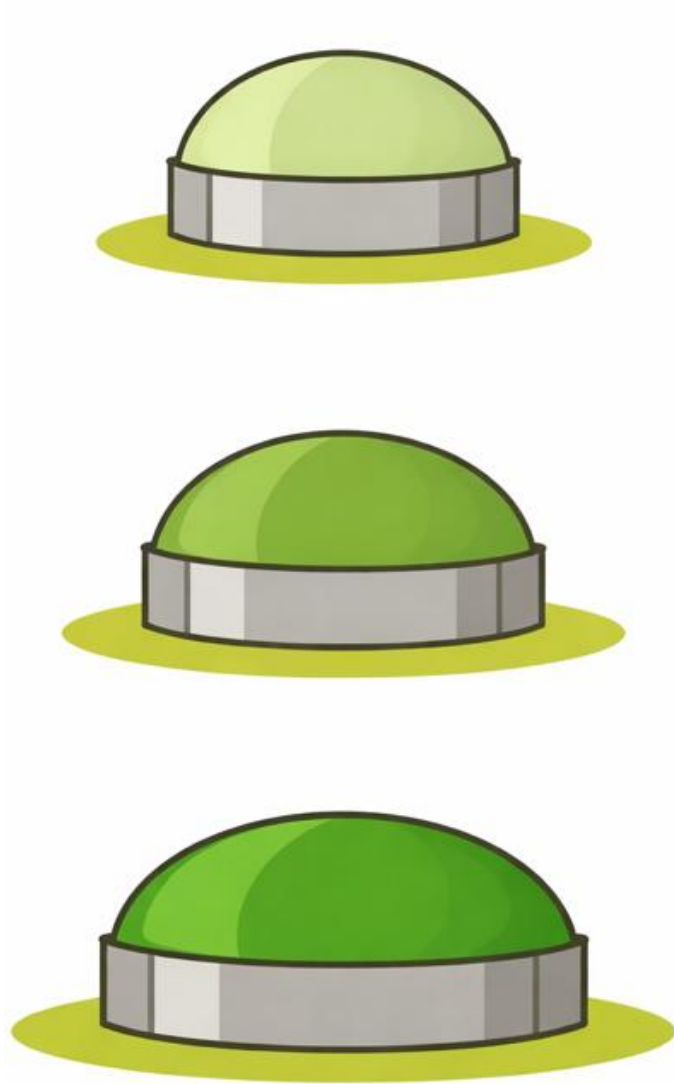
# Objectif : 100 % gaz renouvelable en 2050



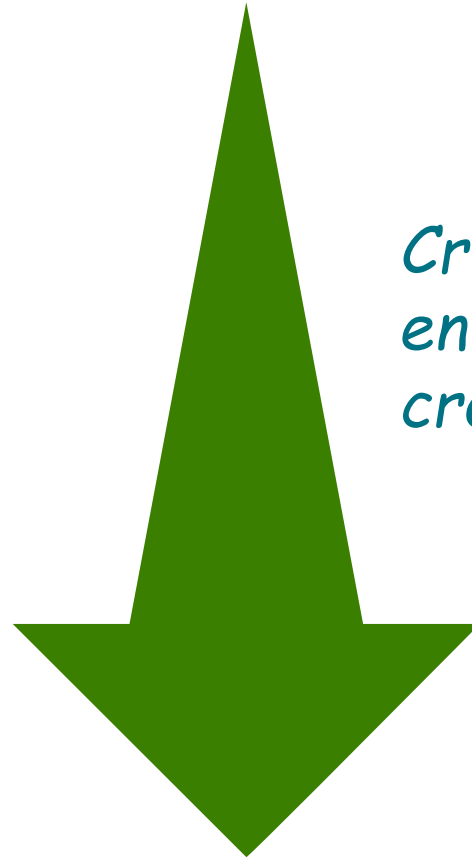
TWh PCs/an



Chiffres clé énergie / Perspectives gaz 2024 / scénario Afterres/négawatt

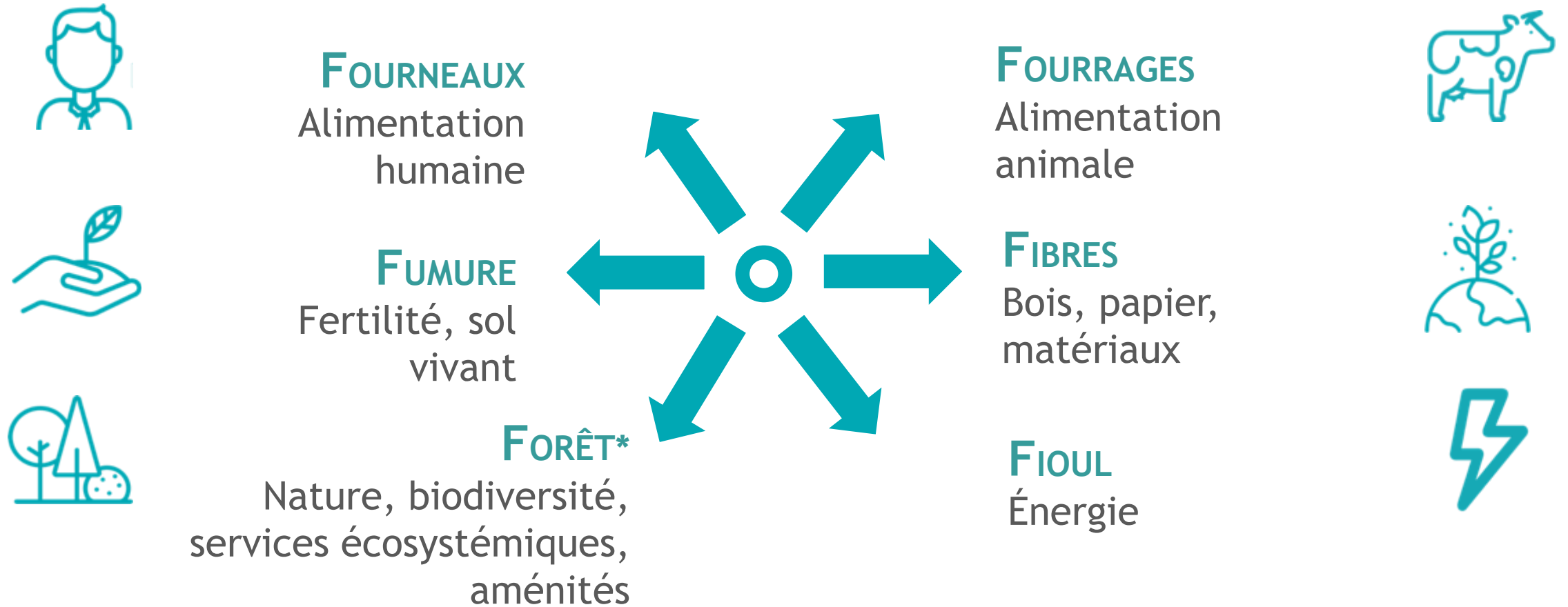


*Critères sociaux et  
environnementaux  
croissants*



# « 6F » au cœur du scénario

# Afterres2050



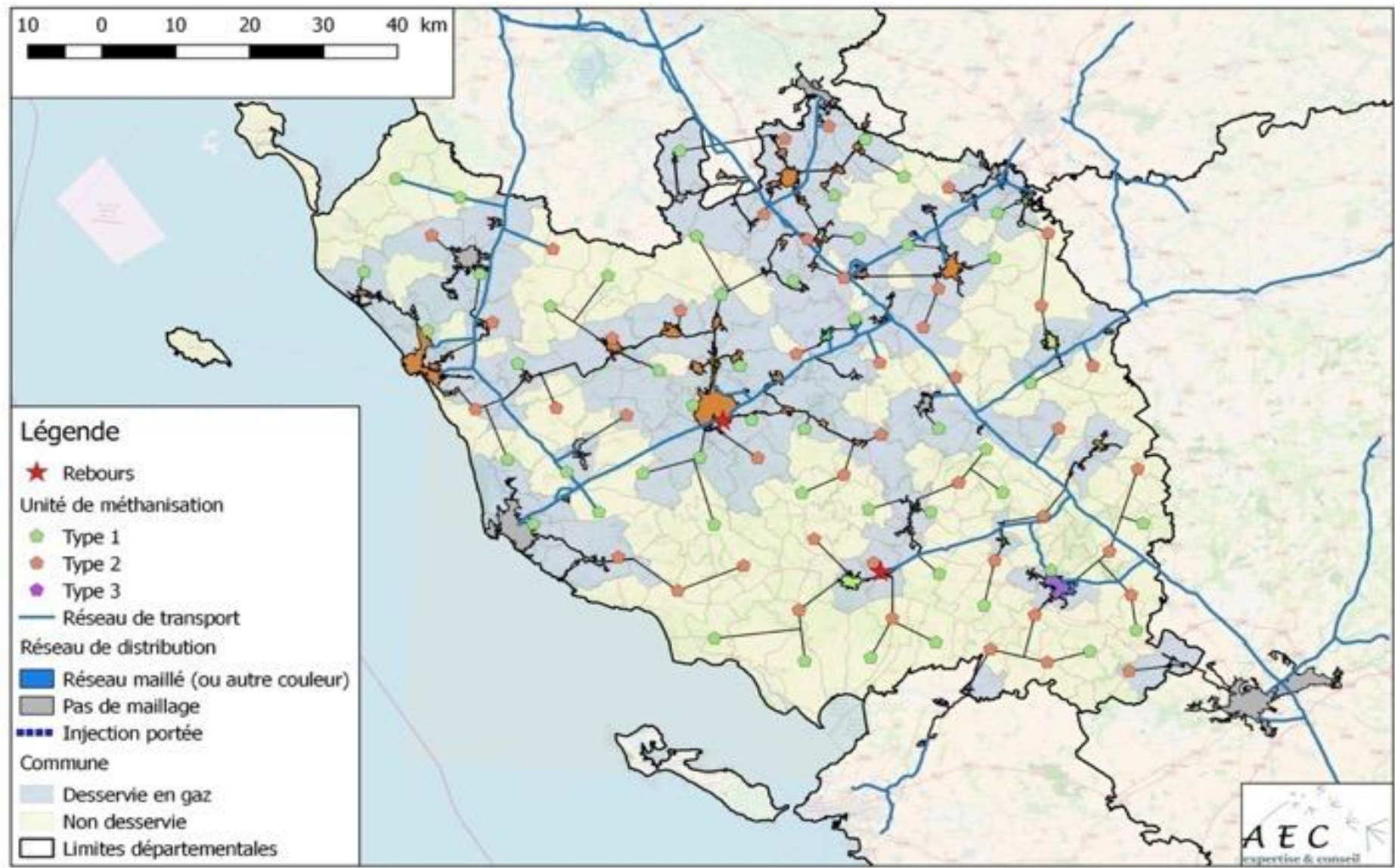
\* Au sens étymologique de *Foresta* (VII<sup>e</sup> Siècle) : « territoire soustrait à l'usage général » ; « proscription de culture, d'habitation »

▶ 2050

# 2050 : nouveau paysage, nouvelle génération

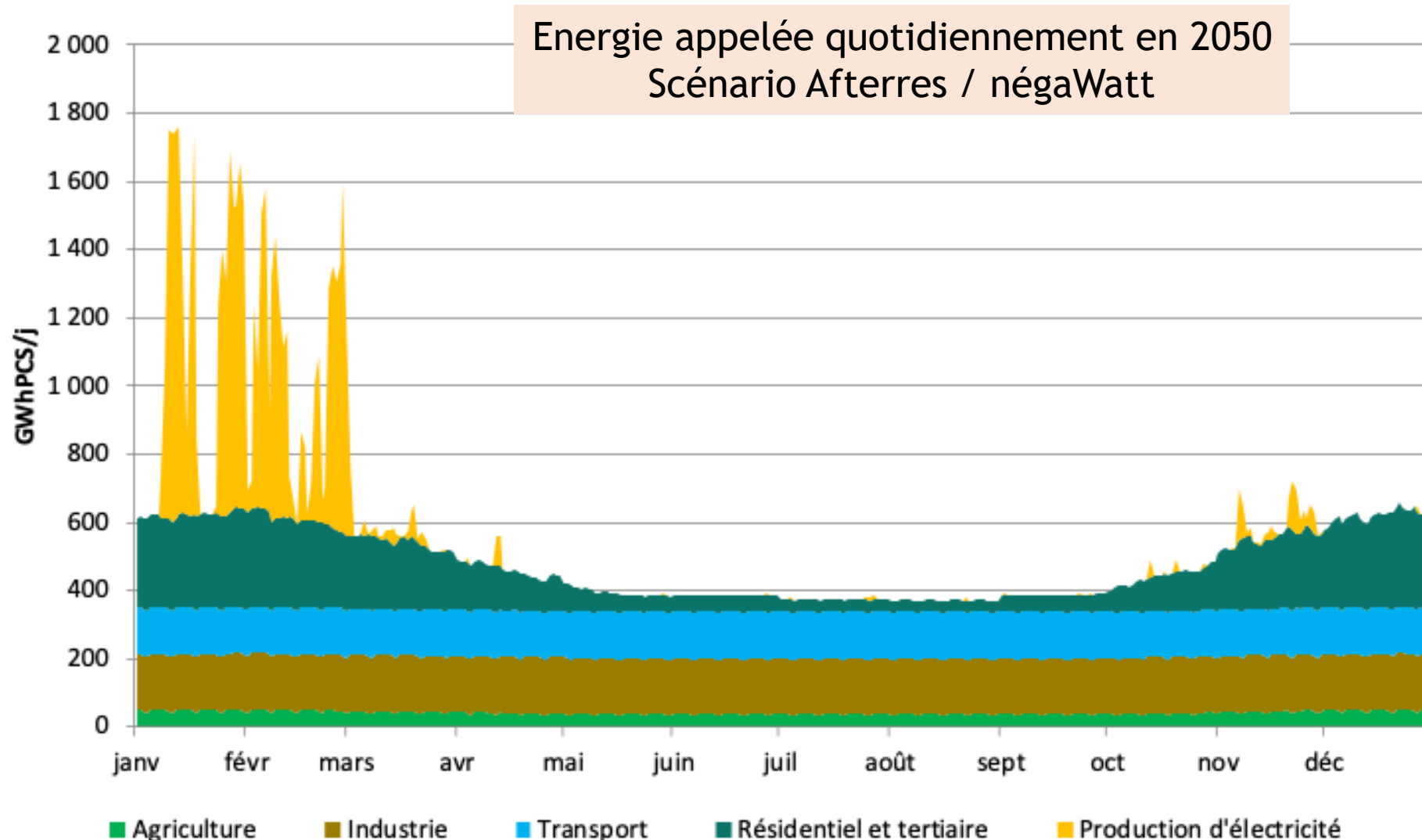


# Mailler le territoire



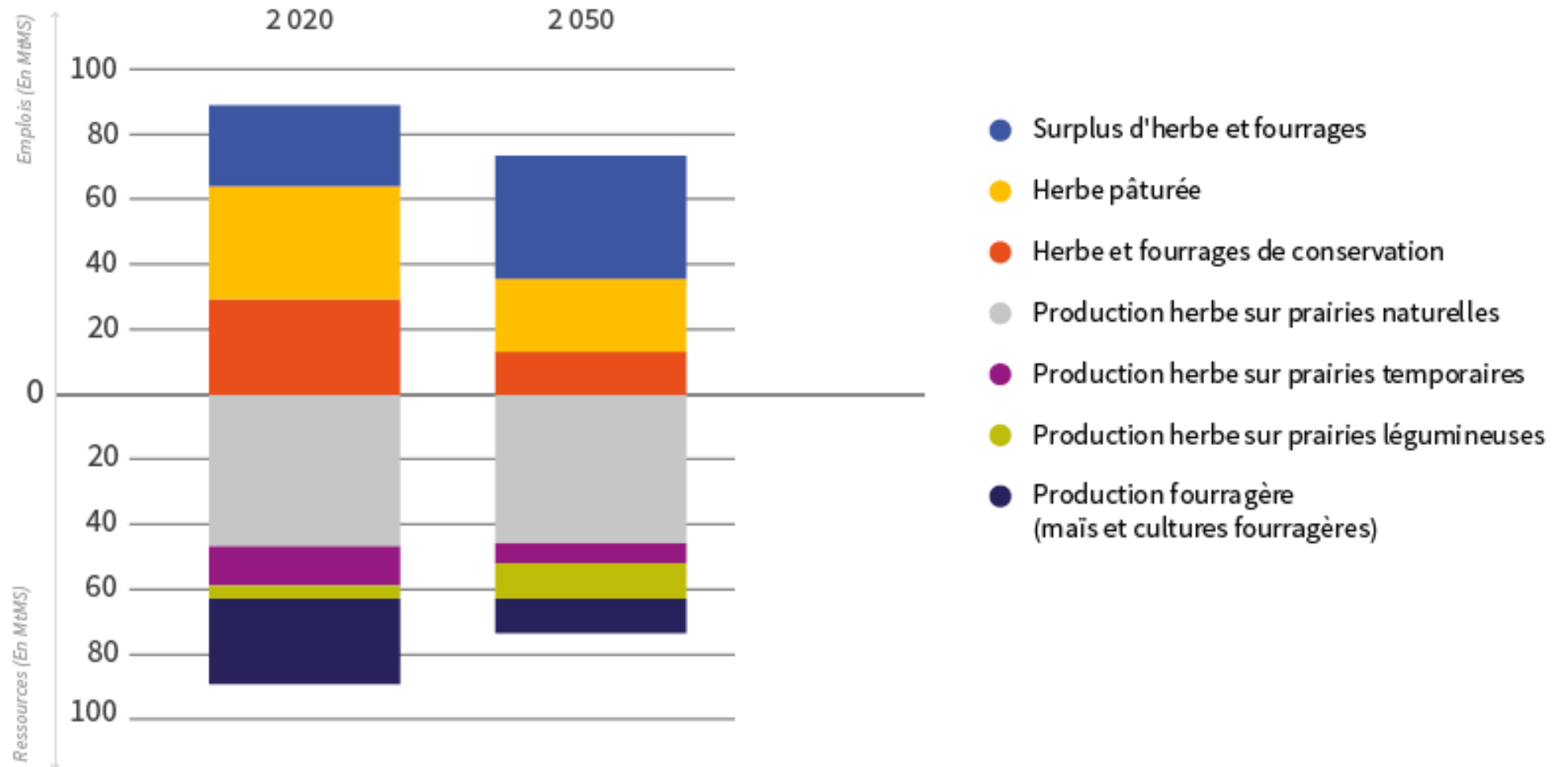
# Prioriser les usages du gaz

GWh/j



# Equilibre fourrager - 2050

MtMS



# Production de biogaz - 2050

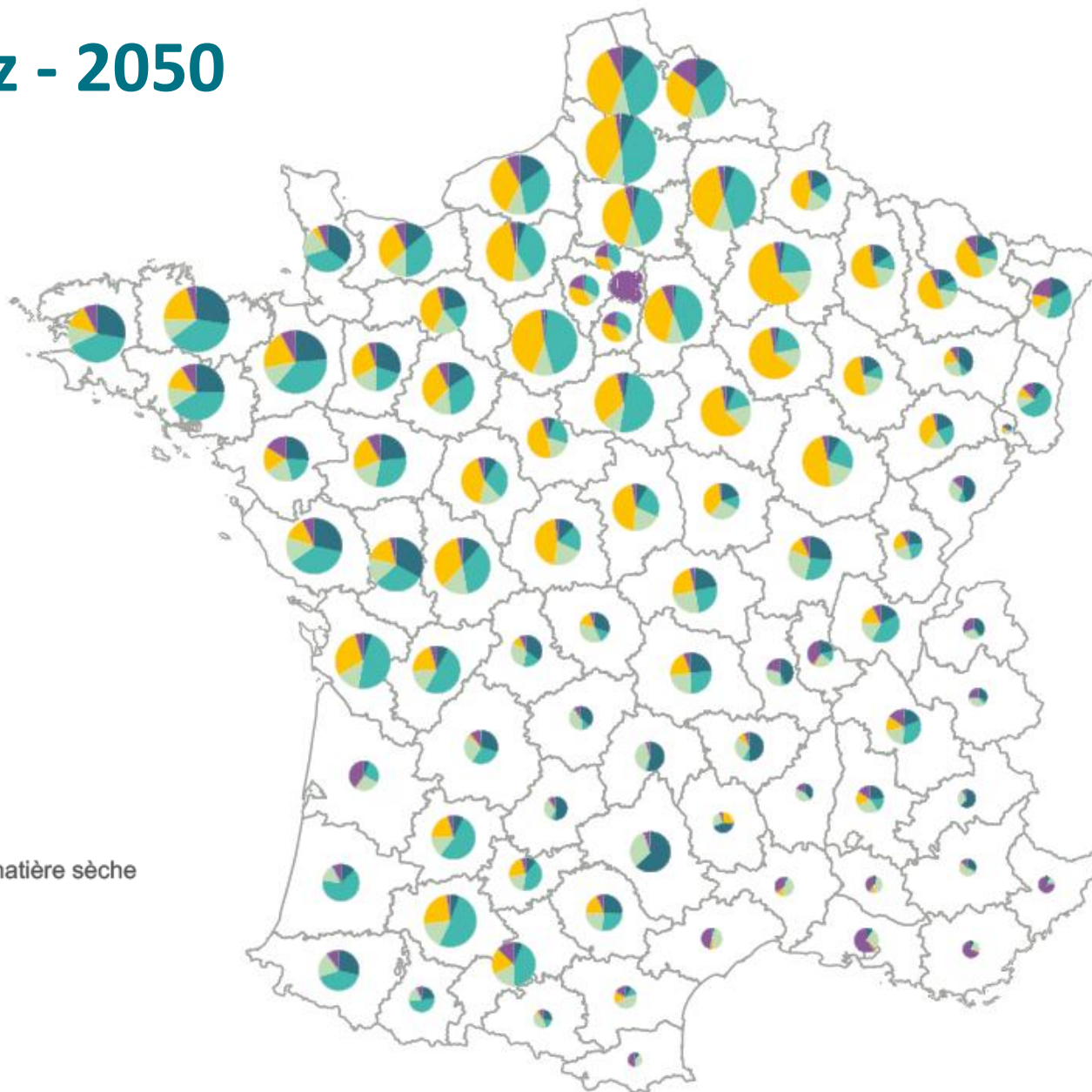
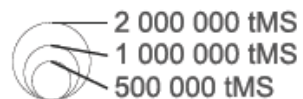
TWh

- Effluents d'élevage
- Cultures intermédiaires (CIVE)
- Surplus de prairies
- Résidus de culture
- Biodechets

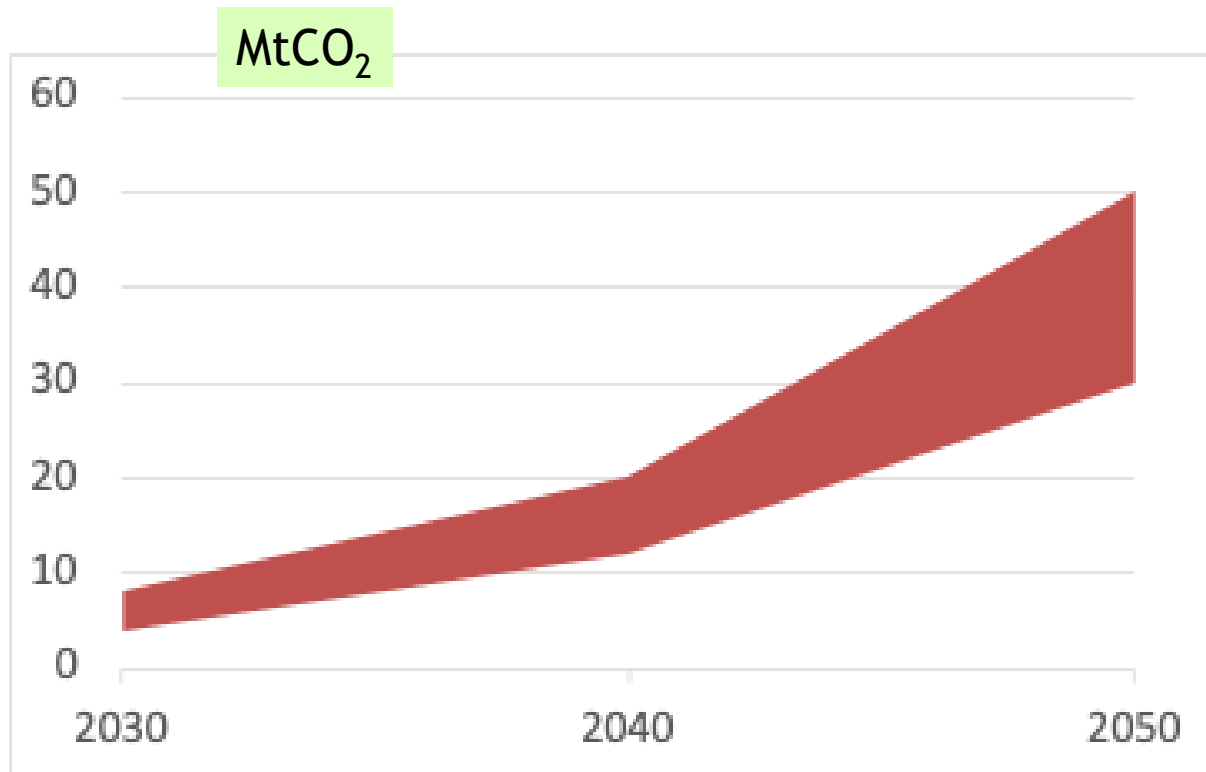


DEPARTEMENT

Ressources méthanisables en tonnes de matière sèche



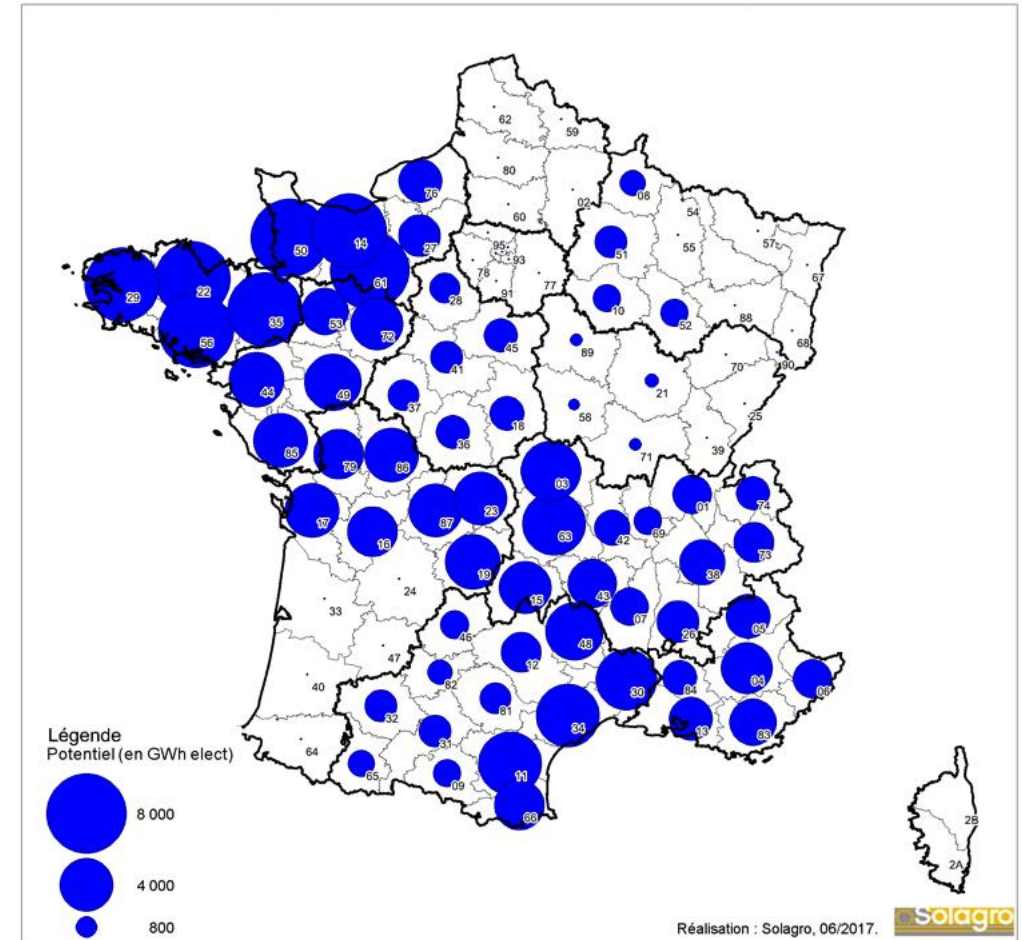
# Récupérer le bioCO<sub>2</sub>



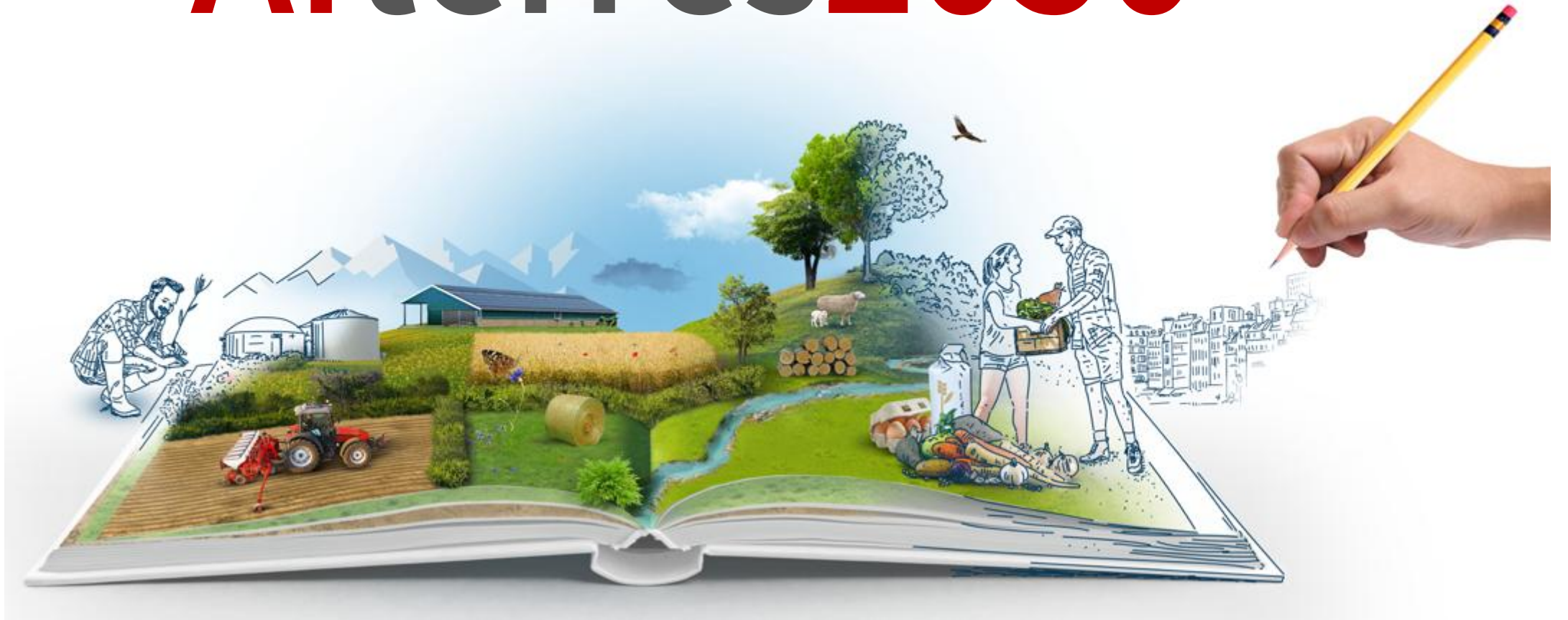
État des lieux et perspectives de déploiement du CCUS en France, Ministère de l'économie. Juillet 2024.

[https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/état\\_des\\_lieux\\_et\\_perspectives\\_CCUS\\_0.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/état_des_lieux_et_perspectives_CCUS_0.pdf)

Potentiel électrique pour Power-to-Gas (base 1 000 euros/t) par département



# Afterres2050



 Solagro

 Solagro

*Merci.*

# Les digestats : Fondements scientifiques, retour d'expériences et politiques publiques



**Lucile Sever**

Senior Policy Advisor

*European Biogas Association*



**Nicolas Thévenin**

Chargé d'études matières fertilisantes et support de culture

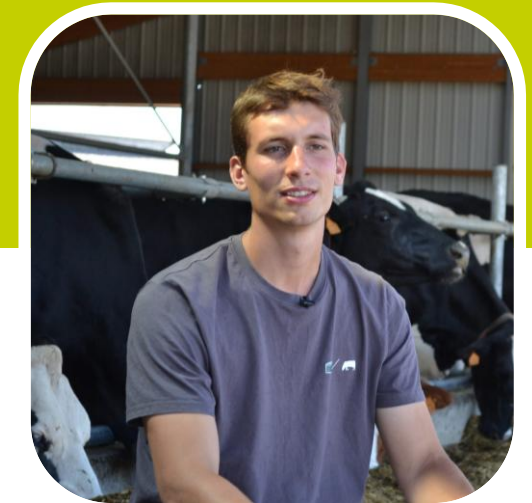
*Ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté alimentaire*



**Fiona Ehrhardt**

Ingénieure R&D Impact climatique de la fertilisation

*RITMO Agroenvironnement®*



**Florian Christ**

Dirigeant

*Ferme du Haut-Village Méthachrist*

# Le digestat au service de la bioéconomie européenne : dynamiques de marché et leviers politiques

JRI Biogaz et Méthanisation, 17/03/2026

Lucile Sever, EBA Senior Policy Advisor

# 25 Mt de digestat produits en 2024 en Europe



## Usage le plus courant:

Application directe comme **engrais organique**



## Source de matières premières:

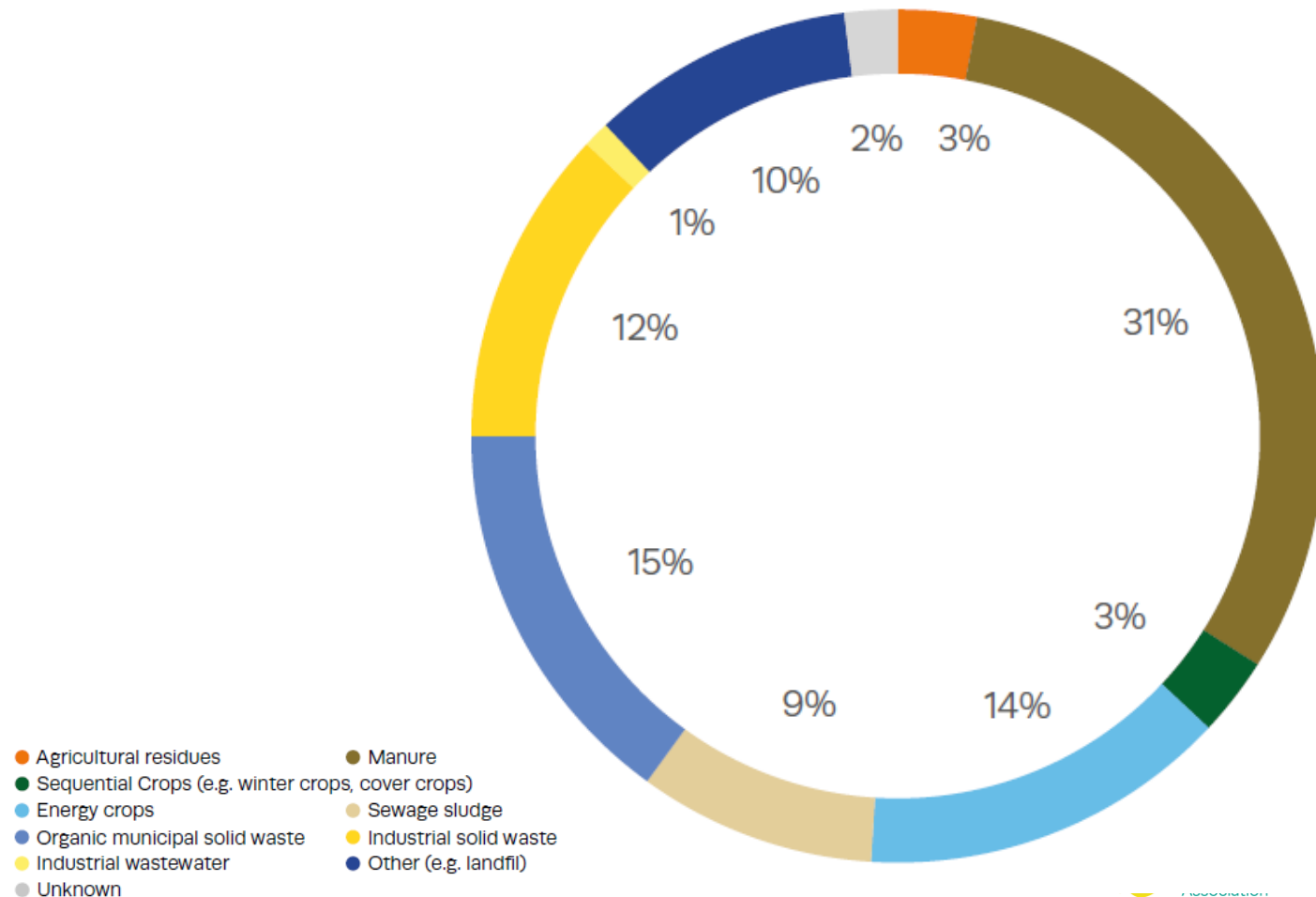
Provenance globalement équilibrée entre matières agricoles et déchets ménagers/industriels



## Principaux producteurs:

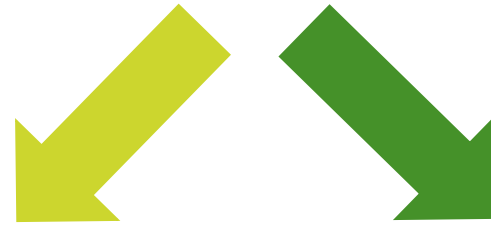
- Allemagne
- Italie
- France
- Royaume Uni

Répartition des types de digestat par source de matière première en Europe, calculée à partir de la production combinée de biogaz et de biométhane par catégorie de matière première, sur une base de matière sèche, pour 2024



# Digestat : deux voies complémentaires

## Digestat brut



## Digestat post-traité



73% digestat produit en 2022 appliqué directement



Solution locale, circulaire et 'low-tech'; bénéfices combinés



Faible acceptation et valorisation par les agriculteurs



Nécessité de limiter les pertes d'azote et d'ammoniac via des pratiques agronomiques optimales



Déploiement actuellement très limité



Solution utilisée principalement dans des contextes où l'application est contrainte; choix entre les bénéfiques



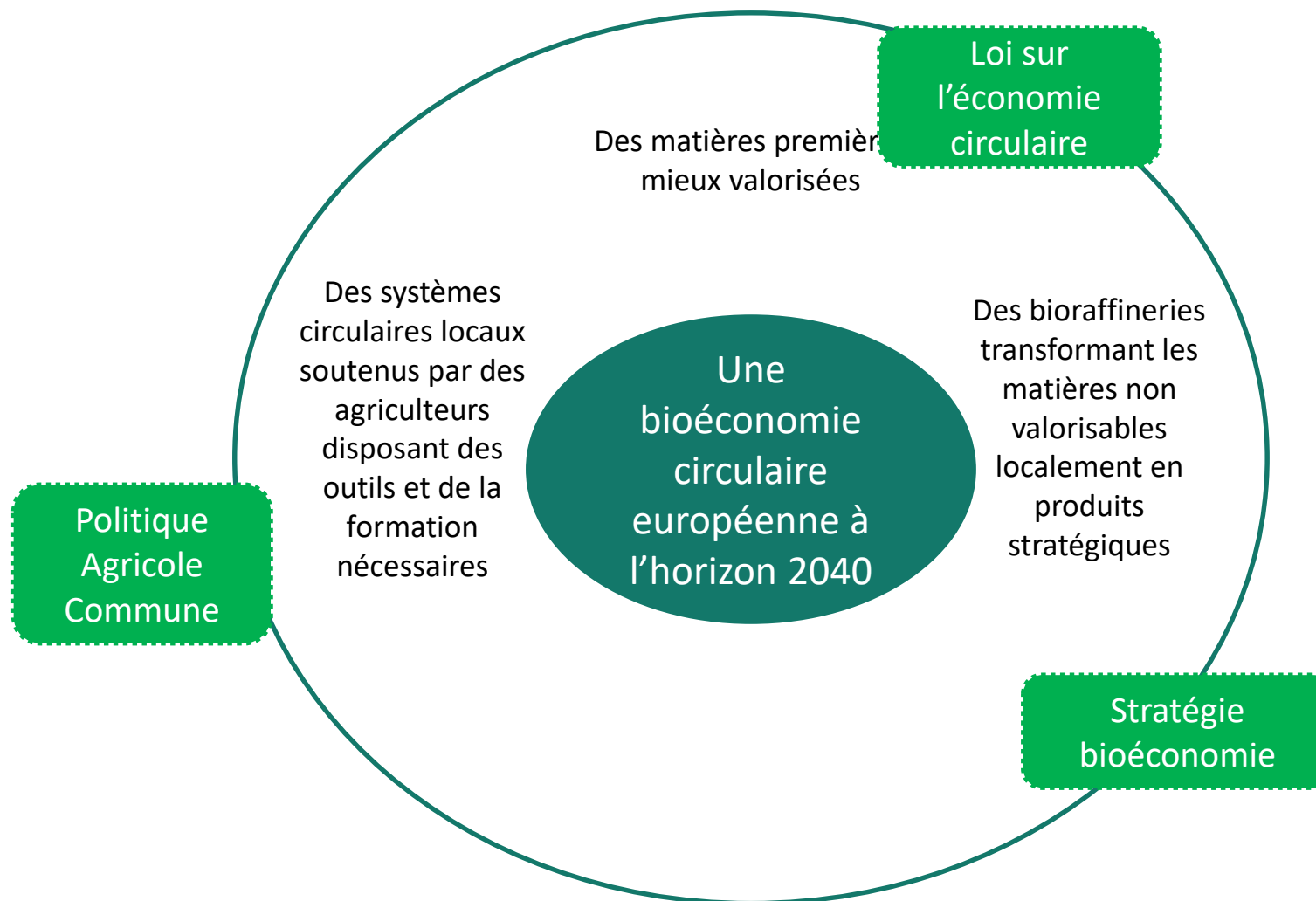
Traitement coûteux; modèles économiques viables encore en émergence



Incitations réglementaires limitées pour l'utilisation des engrais et amendements organiques

# À quoi pourrait ressembler un avenir fondé sur une faible utilisation d'engrais minéraux ?

Autonomie renforcée, émissions réduites, sols régénérés



# Deux leviers politiques

1. Des critères réalistes et proportionnés pour les produits dérivés du digestat dans le **Règlement UE sur les fertilisants**
2. Une exigence de teneur en matières biosourcées pour les engrais dans le cadre du **Plan d'action pour les engrais**



# 1. Règlement UE sur les fertilisants

**Objectif:** créer un cadre (optionnel) harmonisé au niveau de l'Union européenne pour la mise sur le marché des fertilisants.

Pour recevoir le marquage CE, le produit doit:

1. Se conformer aux exigences de la **catégorie fonctionnelle de produit (PFC)** appropriée en fonction de son usage prévu.
2. Se conformer aux exigences d'une ou plusieurs **catégories de matières constitutives (CMC)**.
3. Remplir les exigences **d'étiquetage**.
4. Réussir l'**évaluation de conformité** pertinente (pouvant inclure la mise en place d'un système d'assurance qualité audité par un organisme notifié).



Conçu pour le commerce transfrontalier...  
mais capable de structurer aussi les marchés locaux



Un seul produit  
à base de  
digestat certifié



# 1. Règlement UE sur les fertilisants

## Catégories fonctionnelles de produits (PFCs)

- Teneurs en nutriments inatteignables
- Teneurs en carbone organique difficiles à atteindre
- Analyses coûteuses pour certains contaminants

PFC 1. A. I./II. Engrais organique solide/liquide

PFC 3. A. Amendement organique du sol

- Analyses coûteuses pour certains contaminants

## Catégorie de matières constitutives (CMCs)

- Uniquement digestats issus de plantes ou de parties de plantes cultivées pour la production de biogaz → exclusion de certains résidus de cultures et matières végétales issues de l'industrie alimentaire
- Liste restreinte de matières constitutives de méthanisation ne correspondant pas aux procédés les plus courants
- Deux méthodes d'analyse peu utilisées en pratique et

CMC 4 - Digestat issu de cultures végétales

CMC 5 - Digestat issu de cultures végétales

**NOT WORKING**

seulement pour le CMC 4 +

- Uniquement digestats provenant de certains biodéchets ou de sous-produits animaux → exclusion des boues d'épuration et des boues provenant de l'industrie alimentaire (humaine et animale)
- Pasteurisation obligatoire des sous-produits animaux, sans possibilité de recourir à des procédés alternatifs
- Analyses supplémentaires coûteuses pour les polluants organiques (16 HAP)

Digestat



## 2. Plan d'action pour les engrais

### Constat

Les principaux producteurs d'engrais au niveau UE développent peu les engrais organiques, y compris l'intégration du digestat dans leurs produits.



### Incitation réglementaire

Imposer qu'un certain pourcentage des engrais vendus ou utilisés au niveau de l'UE contienne des nutriments biosourcés.

*Ex: d'ici à 2030, 10% des engrais vendus/achetés au niveau UE doivent intégrer des nutriments biosourcés.*



**Etude d'impact  
préliminaire  
indispensable**

- Quels nutriments concernés ?
- Quels types de produits considérés comme biosourcés ?
  - Engrais organiques : digestats, composts...
  - Fertilisants inorganiques biosourcés : sulfate d'ammonium, concentrés minéraux, struvites, etc.
  - Engrais organo-minéraux : mélanges (blends)
- Sur qui repose l'obligation ?
- Quel pourcentage est réaliste ?
- Quel impact pour la chaîne de valeur ? Quels impacts pour les agriculteurs et la pratique agricole ?

# FertiCovery

- Projet Horizon Europe de janvier 2025 à décembre 2027
- Coordonné par BTG Biomass Technology Group BV (Pays-Bas) avec **8 partenaires répartis dans 7 pays**

## Objectif :

➔ Promouvoir le **recyclage des nutriments** ainsi que les **engrais biosourcés** issus de matières premières secondaires telles que les déchets organiques, les effluents d'élevage et les eaux usées.

## Rejoignez notre 'Open Forum of Stakeholders'

L'Open Forum, centré sur la production et l'utilisation d'engrais biosourcés, permet de **discuter et de valider les résultats et les enseignements du projet FertiCovery**



[Forum of Stakeholders](#)



**Lucile Sever**

[sever@europeanbiogas.eu](mailto:sever@europeanbiogas.eu)

Follow us on



[LinkedIn](#)



[Instagram](#)



[Youtube](#)



[Website](#)

[www.europeanbiogas.eu](http://www.europeanbiogas.eu)



# Impacts liés à l'usage des digestats

La **qualité agronomique** dépend de :

- type d'intrants
- paramètres du procédé
- post-traitement(s) du digestat



*Il n'y a pas un digestat, mais des digestats et donc une certaine **variabilité** en termes de **qualité agronomique***

*On évalue la **qualité agronomique** à l'aide d'**indicateurs** pour caractériser :*

- **Valeur agronomique** (potentiel fertilisant et amendant)  
%MS, %MO, Ntot, NH4, Norg, C/N, P2O5, K2O, pH
- **Innocuité** (critères encadrés par la réglementation)  
Agents pathogènes, contaminants organiques, ETM, Inertes et impuretés
- **Impacts environnementaux globaux**  
Effets cumulés sur les agroécosystèmes

**Retour au sol des digestats :**  
*Les indicateurs actuels permettent d'évaluer la **conformité et la valeur fertilisante**, ... mais capturent encore mal les **impacts systémiques et dynamiques dans le temps***



# Enjeux liés à l'usage des digestats

## Principales incertitudes :

- Dynamique de l'azote
- Carbone du digestat et devenir dans le sol
- Emissions atmosphériques & pertes N
- Contaminants émergents
- Effets sur la fertilité biologique des sols

*Besoin de connaissances sur les impacts  
à moyen et long terme*

## Perspectives de recherche :

- Expérimentations long terme
- Réduction de émissions liées aux pratiques
- Amélioration de la modélisation de la fertilisation organique
- Typologies et effets associés

*Vers une approche plus fine, intégrée  
aux contextes agricoles et territoriaux*

*De nombreux travaux en cours et des connaissances qui progressent rapidement  
pour réduire les incertitudes, améliorer les pratiques et optimiser la valorisation*



# Un outil numérique de référencement des fertilisants innovants et/ou issus de l'économie circulaire

<https://www.ferti.click/>

SCANNEZ-MOI ET TESTEZ !



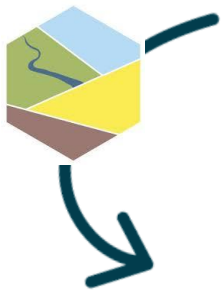
Conçu pour les agriculteurs

Près de 1 000 fiches produit  
+ 12 000 Utilisateurs

- ✓ Plateforme neutre
- ✓ Interface simple
- ✓ Information agronomique
- ✓ Recommandations d'usage
- ✓ Composition détaillée
- ✓ Comparateur

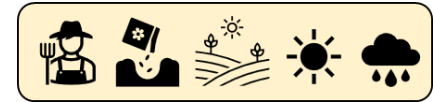


MAELIA



## FERTICLICK+

→ Création d'une **nouvelle fonctionnalité** pour **optimiser l'utilisation de fertilisants** à partir de la **modélisation des dynamiques C&N**



Pouvoir fertilisant



Pouvoir amendant



Emissions de GES, pertes en N, & stock C<sub>sol</sub>

avec le soutien de



Nos partenaires



# FERME DU HAUT-VILLAGE

Depuis 1865 à Woellenheim



## Retour d'expérience : pour bien valoriser le digestat

Florian Christ – Méthachrist



# Présentation de la ferme

- 150 VL pour Alsace Lait et 50 jersiaise pour la fromagerie  
60 bœufs à l'herbe jersiais pour vente directe
- 130 ha de SAU :
  - 60 de prairies naturelles
  - 35 de prairies temporaires et luzernes
  - 35 de céréales dont 25 de maïs et 10 de blé autoconsommé)
- Agriculture de conservation des sols depuis 2013 (sol couvert toute l'année)
- 70 ha d'herbe sur pied achetés et fertilisés
- 35-40 ha d'herbe sur pied acheté mais non fertilisé



## Méthachrist en quelques chiffres

- Injection depuis 2016
- 35 000 tonnes d'intrants pour 200 Nm<sup>3</sup>/h+ cogé autoconsommation (300Nm<sup>3</sup>/h en 2027):
  - 1/4 effluents,
  - 1/4 résidus agricoles (issues céréales, cannes de maïs...)
  - 1/4 déchets agro-alimentaires et coproduits
  - 1/4 biodéchets
- 30 000 tonnes de digestat liquide et 4000 de solide = 238 000 unités d'azote et de potasse  
= 68 000 unités de Phosphore
- 60 exploitations prêteuses de terres régulières sur 2000 ha dont environ 1000 sans engrais de synthèse
- Expérience de 10 campagnes d'épandage





## Évolution des pratiques d'épandage

2016 :

Toute l'année à l'automoteur  
type vredo avec enfouisseur à  
disque

2017 à 2020 :

Sans tonne printemps  
Tonne à lisier en automne

pas d'épandage estival

2020 à 2023 :

Maximum de sans tonne et d'épandage automne-  
sortie d'hiver

Marginalement en inter-rang de maïs

Fertilisation de notre ferme majoritairement au  
digestat

Complémentation minérale



30% d'herbe en plus, 10% de grain en plus

⚠ poids de l'ensemble

Soucis de valorisation plantes  
chétives  
Compaction si sol humide

Problème de réglementation ?

# FERME DU HAUT-VILLAGE

Depuis 1865 à Woellenheim



Quelques conneries



Dans le même genre j'aurais pu montrer du digestat séché au soleil mais je n'ai pas de photos...



## Objectif 0 engrais et 0 pertes



Automne : 20m<sup>3</sup>

Semis du couvert ou du blé après épandage



Sorti d'hivers au plus tôt : 20m<sup>3</sup>



4TMS

Engrais

2,5TMS



juillet 22



## Une bonne valorisation du digestat épandu en période humide





## Observations interprétées par un outil de pilotage

Après les 20m3 d'automne, 15 au printemps auraient suffi

Le blé a absorbé plus de 50 unités pendant l'hivers malgré la décomposition des cannes de maïs

FARMSTAR
DOSE TOTALE D'AZOTE

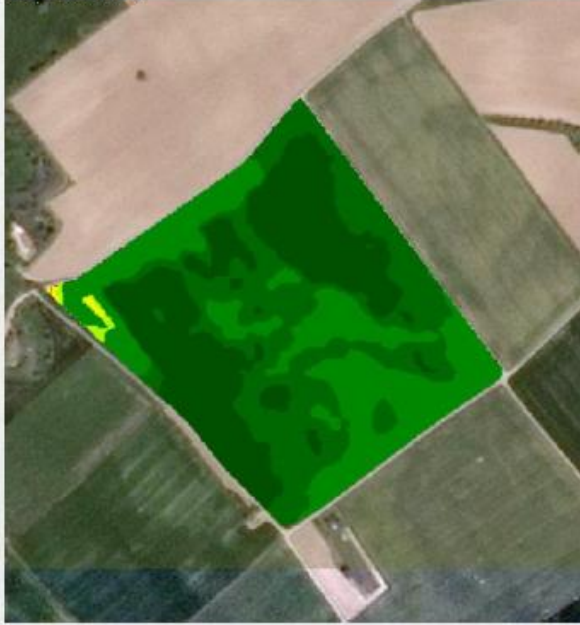
15/10/2022

13.53

FILON

02/2023

36.6°E/48°40'16.9"N



ction du conseil : 03/03/2023  
on : France Lambert 93  
s climatologiques : Météo France

Q-266487-X

Argilo-calc sup/calc dur non fissuré

MAISGRAIN

BT Protéine

Méthode FERTIWeb® technic, écriture France

Date d'ouverture du bilan au 15/02/2023 en unités :	
Besoin de la culture	270
Reliquat après récolte	15
Minéralisation	-50
effet humus	-13
effet précédent	10
arrière effet prairie	0
effet CIPAN	0
Apport de l'eau d'irrigation	0
Reliquat sortie hiver (Calculé)	26
Apport matière organique de l'année	58
	204

SOUFRE (Méthode ARVALIS) : Pas besoin d'apporter

Nature de l'apport	Teneur en azote (1)	Date d'apport	Surface épanchée (2)	Dose (3)	N Total (4)
Digestat L 29	5,2	17/02	tout	30	174


(1) en kg N / Tou m3, (2) en ha, (3) en Tou m3 / ha, (4) en U ou kgN/ha

PROCHAINS STADES:


*\* Epandage automne 40 x 20 = 800 → multi-minéralisé : 140U*

star vous est proposé par Arvalis, Terres Inovia et Airbus

Méthode de calcul de la Dose Totale labellisée par



Distribué par





## Conclusion : épandre tôt sans excès sur sol couvert

J'alerte sur un risque de pollution futur avec la nouvelle directive nitrate :

Épandage tardif ( avril-mai-été ) = sol sec :

Pertes vers l'air et lessivage avec l'arrivée des pluies à l'automne

Plante chétive : perte de rendement et/ou épandage d'engrais



Épandage automne hiver sur sol couvert :

Solution du sol présente, racine carbone et microorganisme présent pour piéger et recycler l'azote

Plante vigoureuse au départ prête à affronter la sécheresse et à pomper l'azote du sol pour produire



# Nouvelles voies : couplages technologiques et hybridation des filières



**Lydia Fryda**

Enseignante-Chercheure, Génie des procédés et  
valorisation de la biomasse en biochar

*UniLaSalle Rennes - EME*



**Vincent Aumaitre**

Directeur général

*Tilia*



**Etienne Philippe**

Ingénieure Prospective Gaz

*ADEME, Cellule Bois Biosourcés  
Biocarburants*

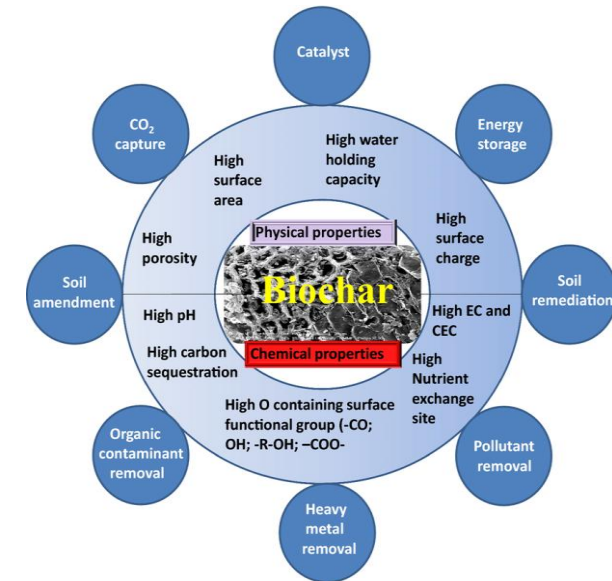
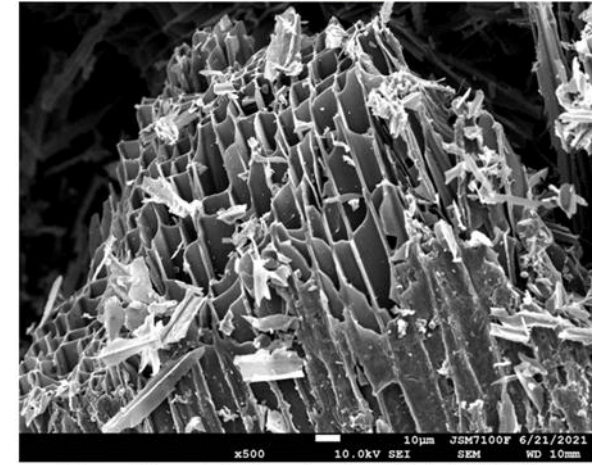
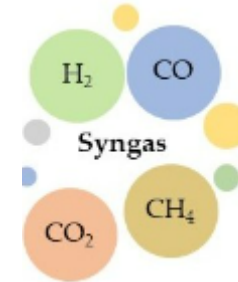
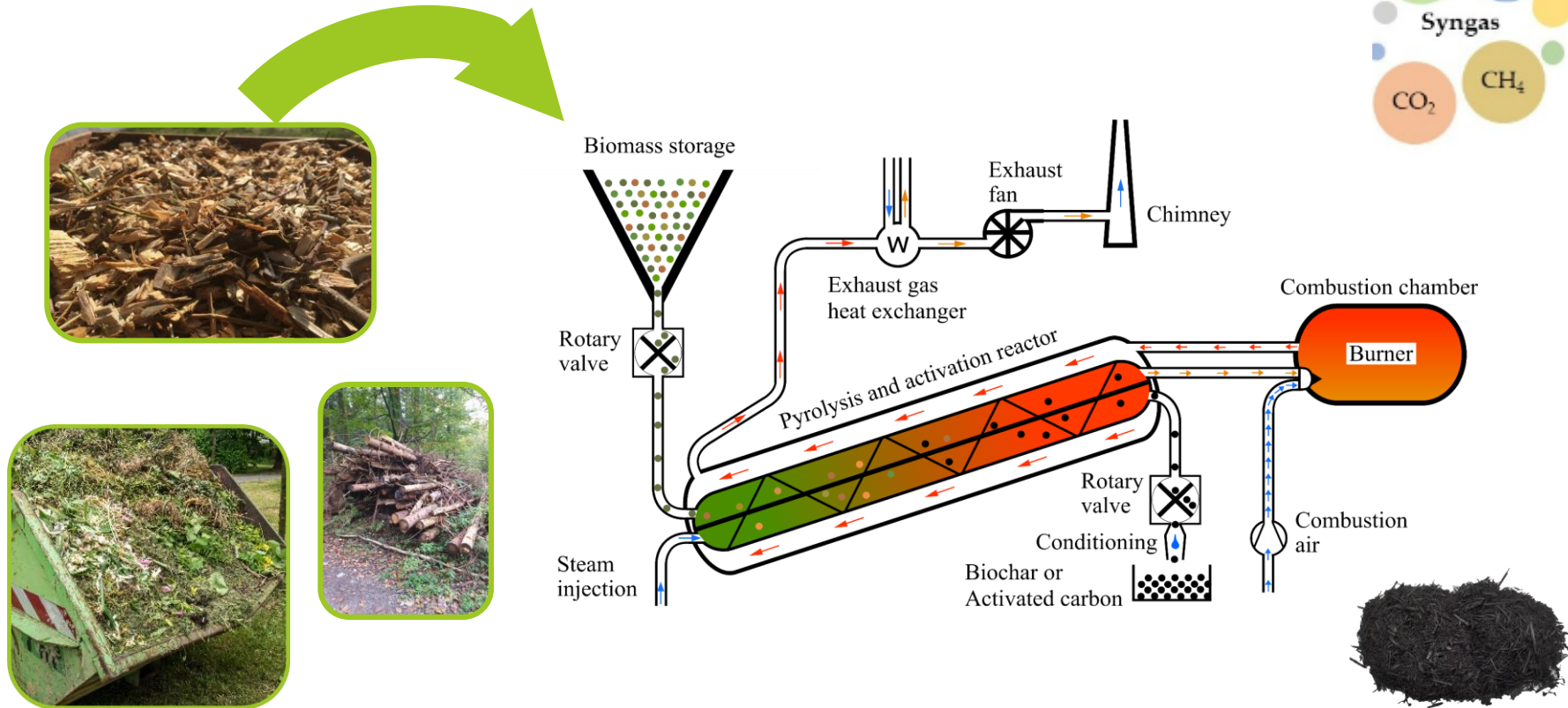
# Nouvelles voies : couplages technologiques et hybridation des filières Biochar et méthanisation

Couplage pyrolyse / gazéification – méthanisation : biochar

L. FRYDA, H. DJELAL, A. SALMA

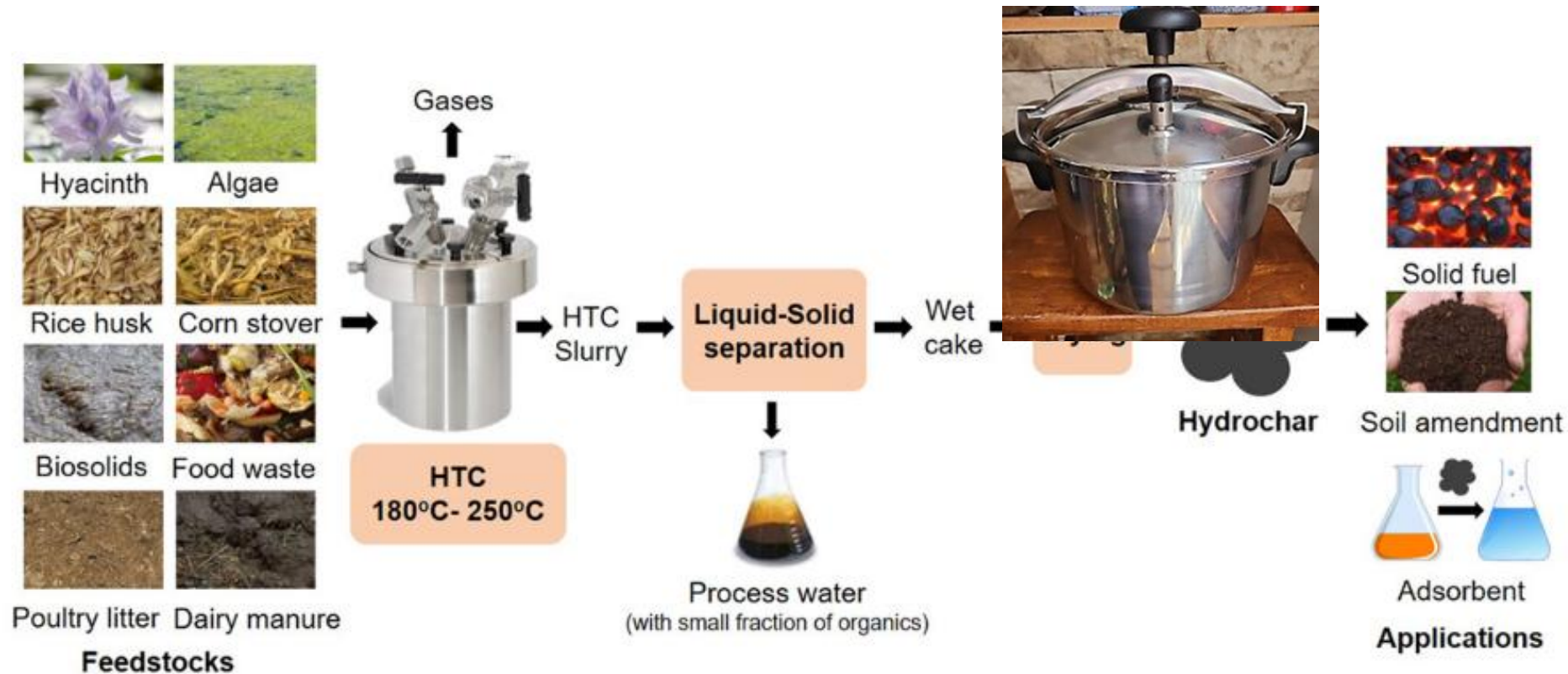
# Pyrolyse et biochar

## Schéma de principe de la pyrolyse



(Wang et al, 2020)

# La Carbonisation hydrothermale



[https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-6622?utm\\_](https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-6622?utm_)

Traitement thermique en milieu aqueux sous pression. Température : 180 à 250 °C Pression : 10 à 40 bars Durée : 1 à 12 heures Pas besoin de séchage préalable ⚙️ Produits obtenus Hydrochar (charbon hydrothermal) Phase liquide riche en composés organiques Petite fraction gazeuse (CO<sub>2</sub> principalement)

Les intrants (co substrats)	Le Biochar	Les synergies
<p>riche en azote ammoniacal (<math>\text{NH}_4^+</math>) sujet aux pertes d'azote (<math>\text{NH}_3</math>), odeurs et lessivage riche en phosphore et potassium, production du <math>\text{H}_2\text{S}</math></p>	<p>Poreux, riche en carbone stable, doté d'une capacité d'adsorption <b>Conducteur électrons</b> pH 8 - 10 <b>Le biochar adsorbe</b> des composés soufrés, acides organiques volatils</p>	<p>réduit la volatilisation de <math>\text{NH}_3</math>, limite le lessivage des nitrates, <math>\text{NH}_4^+</math></p> <p><b>DIET</b> Effet tampon Rétention des nutriments Réduction des odeurs</p>



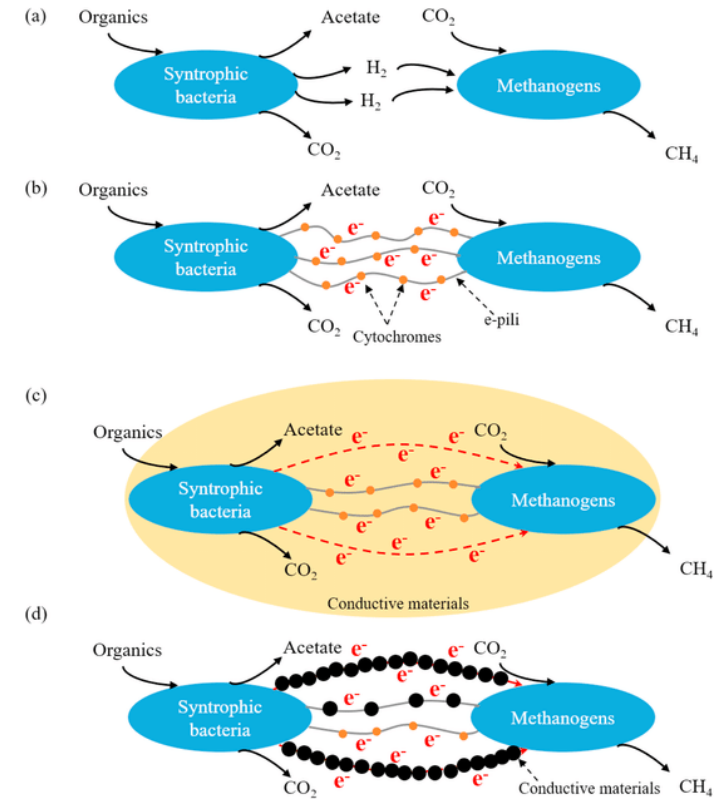
DISPOSITIF SAD « Stratégie  
d'Attractivité Durable »  
Règlement 2022

Rattaché à l'axe transversal : transition énergétique et écologique

Projet sur 2 ans

**Hypothèse: L'ajout du biochar**

- ✓ Support pour les micro-organismes
- ✓ Contrebalancer les fortes production d'AGV
- ✓ Réduire l'effet inhibiteur du  $\text{NH}_3$
- ✓ Elimination de  $\text{H}_2\text{S}$
- ✓ Transfert des électrons via DIET



Lei Li et al., 2021, DOI: 10.1016/j.rser.2021.111367

**Objectif: Vérifier la pertinence de l'addition de biochar en  
méthanisation**

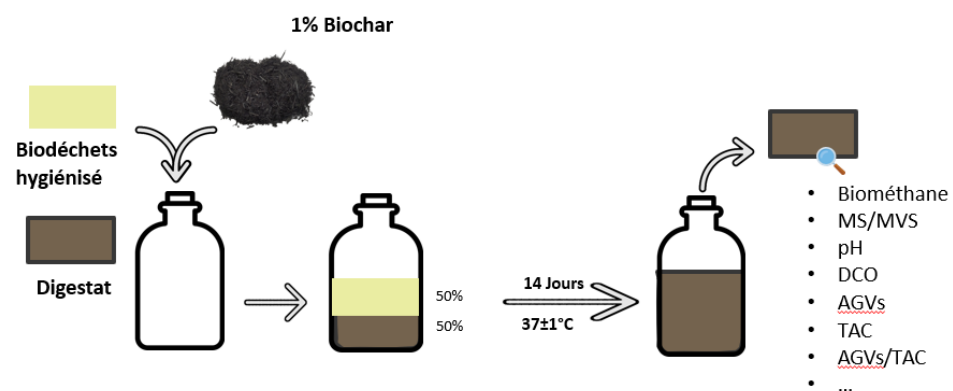
Volume utile : 250 mL

Procédé : batch (discontinue)

Biodéchets hygiénisés et digestat (50% / 50% m/m)

Biochar séché (105°C, 1h) 1% (m/m)

Biochar magnétisé préparé au laboratoire 1% (m/m)



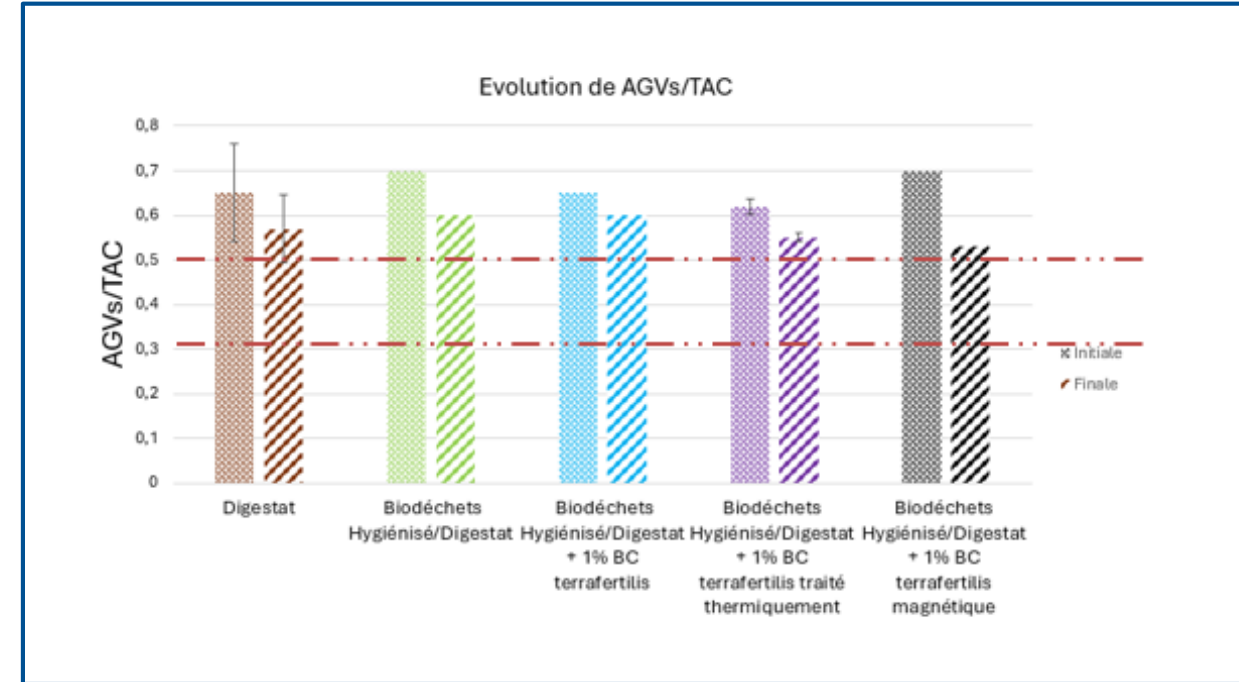
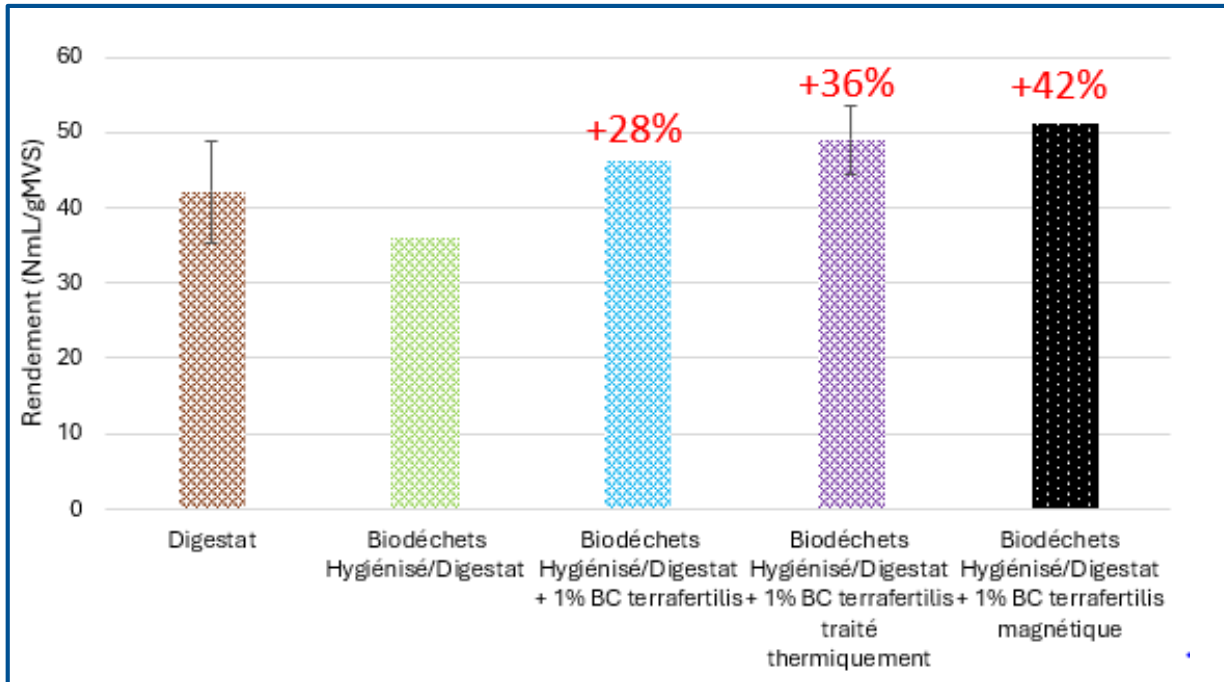
AMPTSII Automatic Methane Potential Test System

Au minimum en triplicata

# Résultats

## Addition du biochar 1 magnétisé\_Rendement production CH<sub>4</sub> (après 14 jours)

AGV : acides gras volatils  
TAC : Titre Alcalimétrique Complet



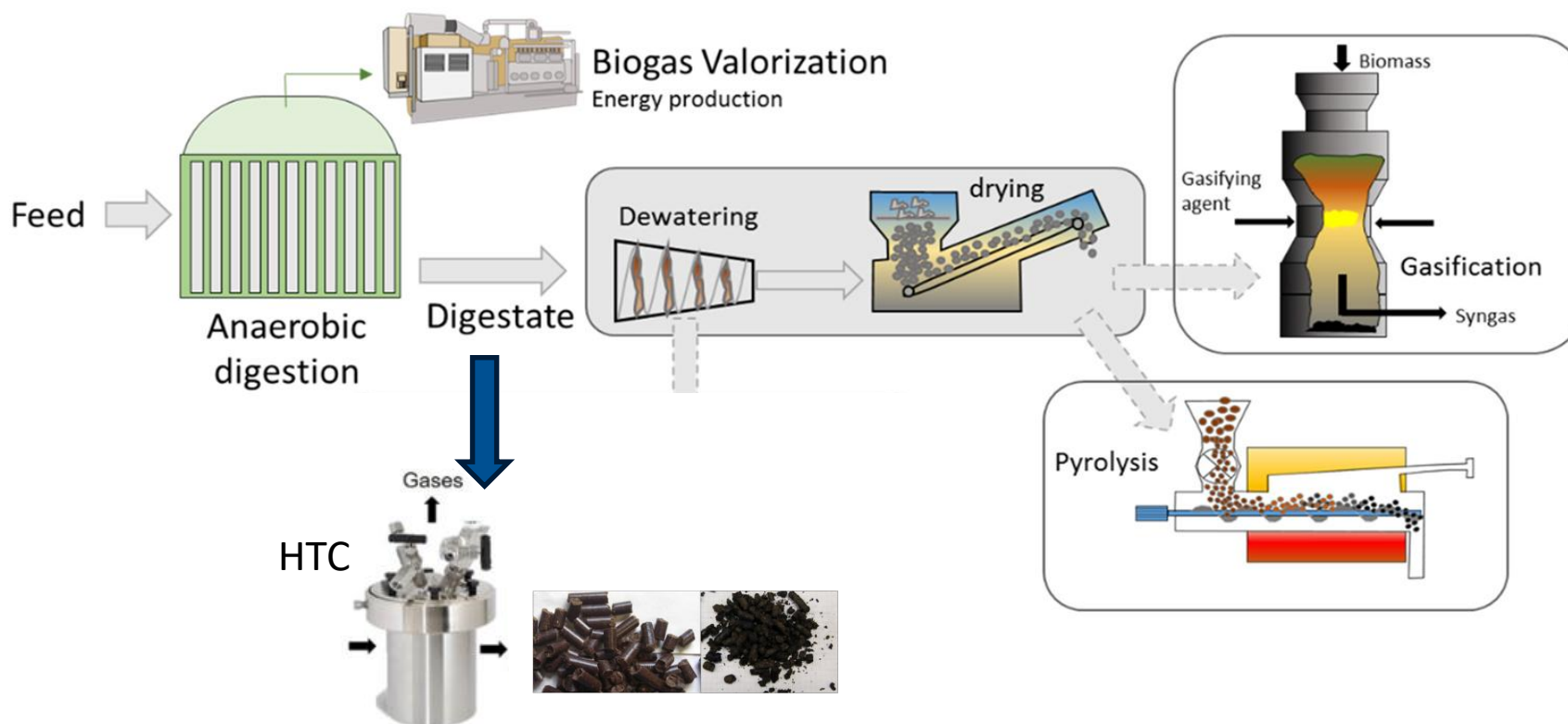
Augmentation de 42% des rendements de production de CH<sub>4</sub> avec le biochar 1 magnétisé  
Amélioration du rapport AGV/TAC avec le biochar 1 magnétisé

# La pyrolyse et la HTC du digestat

## Valorisation du digestat

Le digestat issu de la méthanisation peut être :

- séché puis envoyé en pyrolyse, transformé en **biochar**
- Envoyé en carbonisation hydrothermale, transformé en **hydrochar**



# La méthanation



L'installation Denobio de méthanation biologique par Enosis. 40 TWh en 2035 ©DENOBIO – ENOSIS Lesquiennes-Saint-Germain dans le département de l'Aisne (Région des Hauts-de-France).

La méthanation permet de recycler du CO<sub>2</sub>, - stocker de l'électricité renouvelable (via H<sub>2</sub>) - utiliser les réseaux de gaz existants - un maillon clé du Power-to-Gas.

$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  réaction de Sabatier

**Nécessite du H<sub>2</sub>**

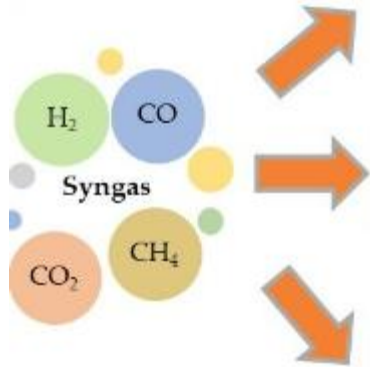
Nécessite des catalyseurs actifs et stables (nickel, ruthénium, nouveaux matériaux), 250 – 400°C, P, gaz très pur

Méthanation biologique (micro-organismes au lieu des catalyseurs), 35 – 70°C, sans oxygène

La méthanation est coûteuse, **dépend largement du prix de l'hydrogène renouvelable.**

# La fermentation du syngas

CO (20–40 %),  
H<sub>2</sub> (15–40 %),  
CO<sub>2</sub> (10–25 %),  
CH<sub>4</sub> (1–5 %).



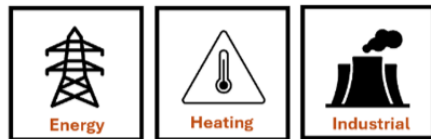
**Transformation chimique** avec de catalyseurs (Ni, Fe-Ca oxides, Co, Mo), énergivore, déactivation des catalyseurs, **ethanol**, butanol, acetic acid

**Transformation biologique (Fermentation)** (*C. carboxidivorans* vers **butanol**, *Clostridium ljungdahlii* vers **éthanol**), réacteur anaérobie (e.g., bubble column or stirred-tank reactors)

& ethylene, ethane,  
H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, ash, tar, Cl,  
COS, métaux

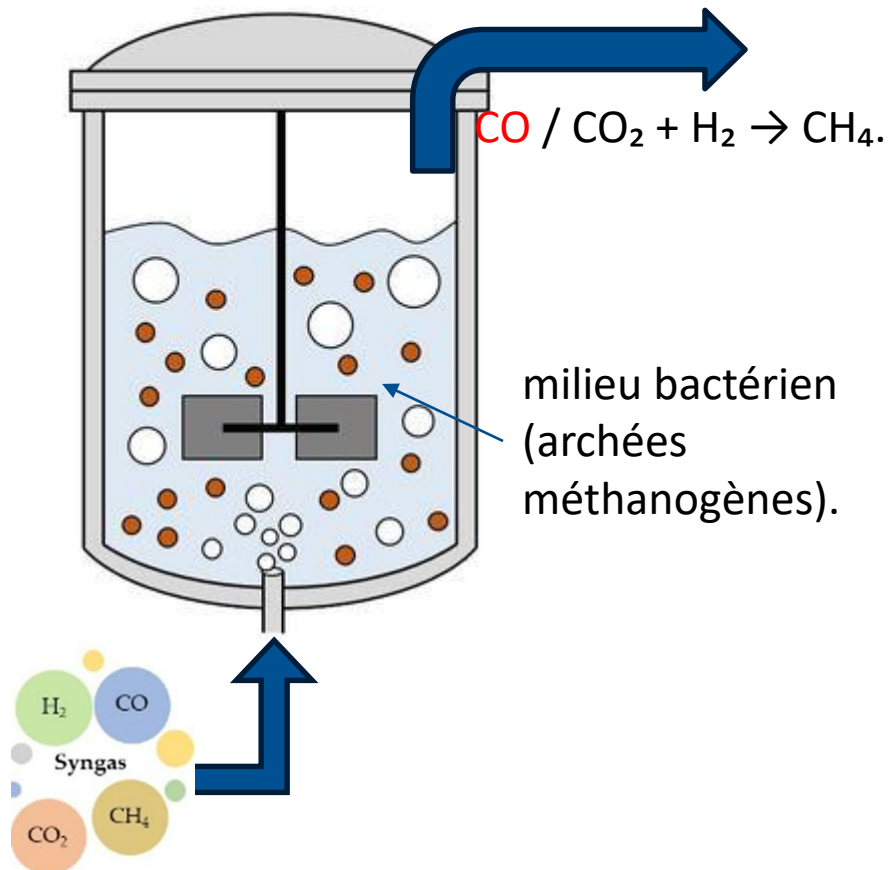
Valorisation directe (machine Stirling, chaudière à gaz)

Le syngaz = Gazeification/pyrolyse des biomasses, Gaz résiduelles de l'industrie cimentière, acier



# Couplage syngaz et méthanisation

Le principe: injecter le **syngaz** dans un réacteur contenant du digestat riche en microorganismes.



le digestat ou des boues digérées sont utilisés comme inoculum  
Réacteur doit favoriser le contact liquide – gaz (bubble column, CSTR, trickle-bed bioreactor)

conception brevetée  
 Dr Yann Mercier, Co-Fondateur et Co-dirigeant chez CarbonFields et TerraWatt



## THÈSE

En vue de l'obtention du

**DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE**

délivré par

IMT – École Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux

présentée et soutenue par

**Tchini Séverin TANO**

le 26 mars 2021

Titre :

**Production d'un syngaz par pyrogazéification de biomasse en vue d'une biométhanation**

École doctorale et discipline ou spécialité :

MEGEP : Énergétique et transferts

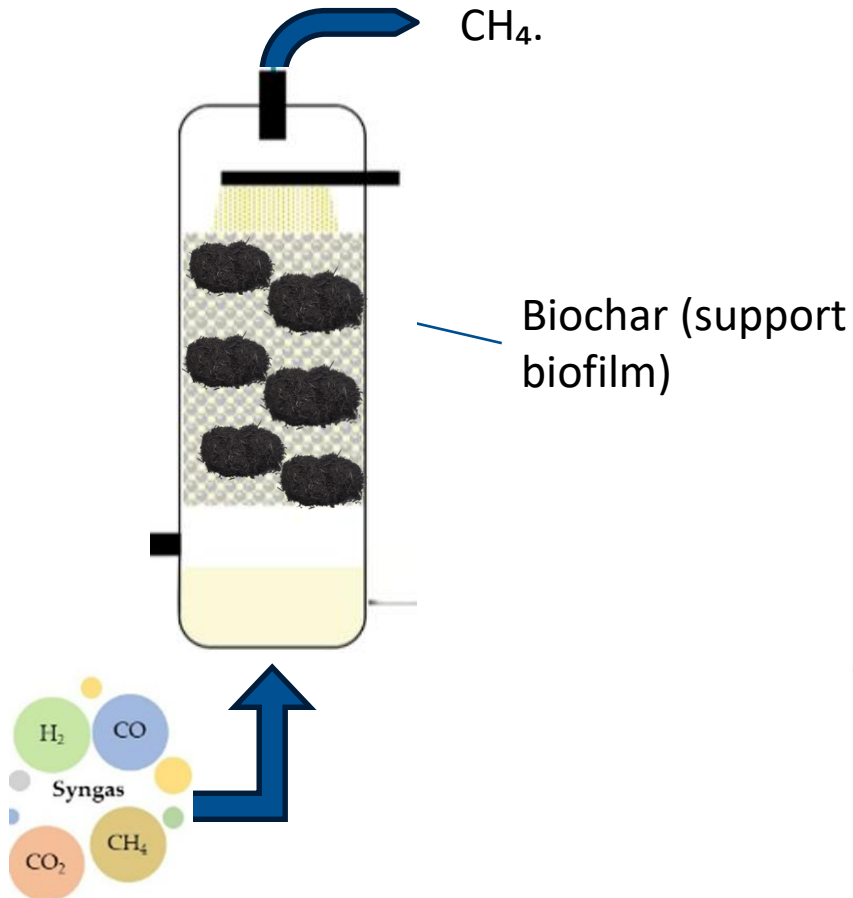
Unité de recherche :

Centre RAPSODEE, UMR CNRS 5302, IMT Mines Albi

# Couplage syngaz et méthanisation

Trickle-bed reactor (TBR) avec biochar

<https://doi.org/10.1007/s40726-024-00337-3> (Neto et al., 2024)



**Table 5** Companies converting waste gases into products

Company	Plant location	Gas feedstock	Microbe	Product	TRL level in 2024
LanzaTech	China and Belgium	CO, CO <sub>2</sub>	<i>Clostridium autoethanogenum</i>	Ethanol	9
Visolis	USA	Biomass	Engineered microbes	Bio-based ingredients and materials	7
Aerbio	UK and Netherlands	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>	Non-GMO microbes optimized for protein production	Single-cell protein for the animal feed industry	7
Phase Biolabs	UK	CO <sub>2</sub>	Patented microorganisms	Ethanol	4
Mango Materials	USA	CH <sub>4</sub>	Natural selected microorganism	Biopolymers	5
Newlight Technologies	USA	CO <sub>2</sub> or CH <sub>4</sub>	Natural selected microorganism	Biopolymers	9
Circe	USA	CO <sub>2</sub>	Engineered microbes	Fatty acids (for biopolymers and food)	7
Industrial Microbes	USA	CH <sub>4</sub>	Patented microorganisms	Biochemicals and biomaterials	7
Arkeon	Austria	CO <sub>2</sub>	Natural selected microorganism	Protein ingredients	8
Solar Foods	Finland	CO <sub>2</sub>	Natural selected microorganism	Protein ingredients	8
Again	Denmark	CO <sub>2</sub>	GMO bacteria	Acetate and acetic acid	6
Gas 2 Feed	Norway	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> and O <sub>2</sub>	Specialized microorganism	Protein ingredients	6

**Méthanisation classique TRL 9**

Bio méthanation H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> TRL 6-8

Fermentation syngaz → carburants TRL 5-7

**Fermentation syngaz avec digestat → CH<sub>4</sub> TRL 4-6**

# cométha

Partenariat d'innovation

Cotraitement des boues des eaux usées du SIAAP et de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles du Sycrom

## Partenariat d'innovation Sycrom - SIAAP



# Syctom et SIAAP : 2 partenaires



Le Syctom, l'agence métropolitaine  
des déchets ménagers



Le SIAAP, service public  
de l'assainissement des eaux usées

Deux services publics avec des ambitions communes :

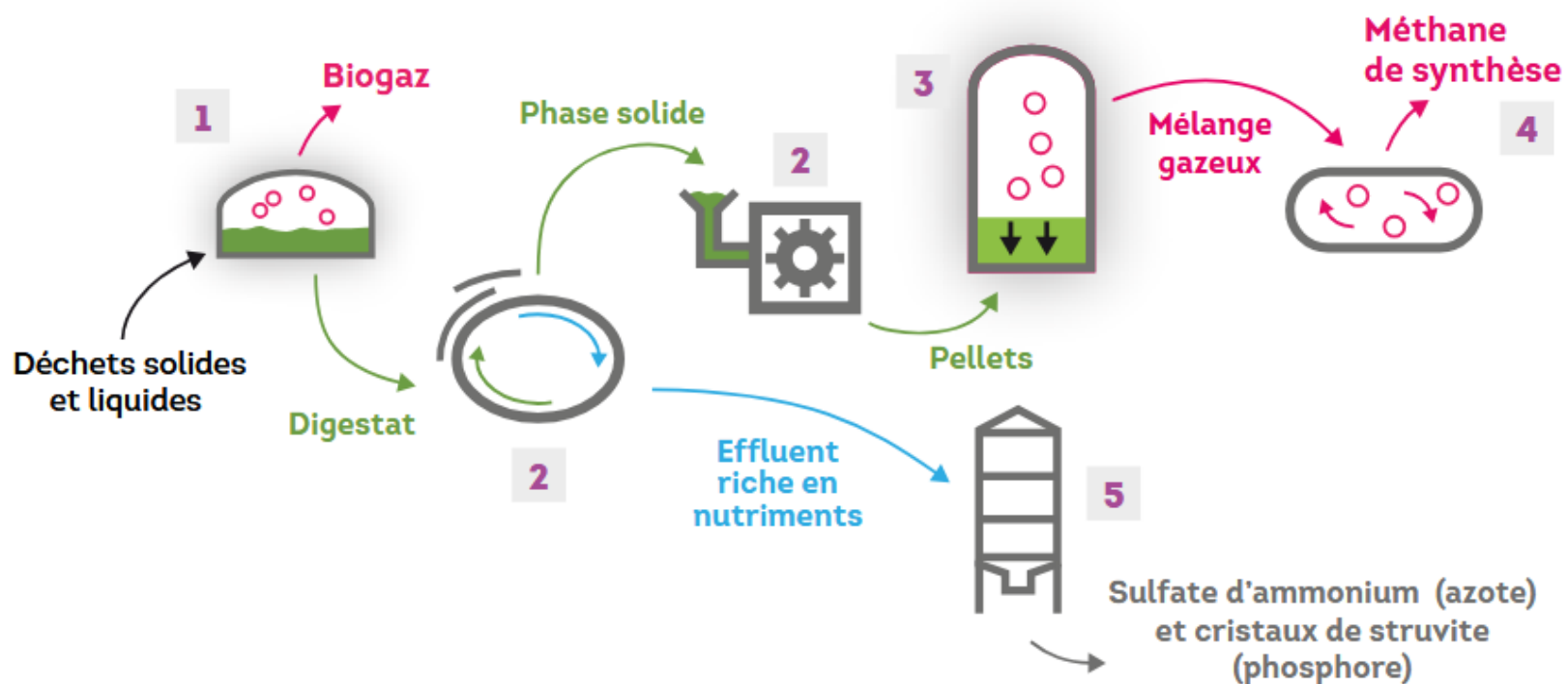
- garantir la continuité des services publics
- construire des outils industriels toujours plus performants
- contribuer à la transition énergétique
- développer des solutions innovantes

# Phase 2 - Les objectifs du pilote SEG



- Développement d'une solution innovante et durable pour le traitement des déchets organiques avec les débits suivants :
  - 152 t/a de fraction organique de déchets municipaux (FOR)
  - 200 t/a de boues du SIAAP
  - 40 t/a de fumier équin de Maisons Lafitte
  - 1 t/a de graisse du SIAAP
- Démontrer la **fonctionnalité technique** de la solution développée en phase 1 (laboratoire) à l'échelle pilote
- **Convertir l'énergie contenue dans les déchets en énergie stockable et utilisable** (qualité réseau) **avec une efficacité supérieure** à celle des procédés conventionnels
- Récupérer les **nutriments** (N, P)
- Réduire des matières résiduelles, de préférence des fractions inertes
- Déterminer tous les paramètres pour la conception d'une installation industrielle : -> échelle X 400 par rapport à l'unité pilote

# L'unité pilote de Seine Grésillons

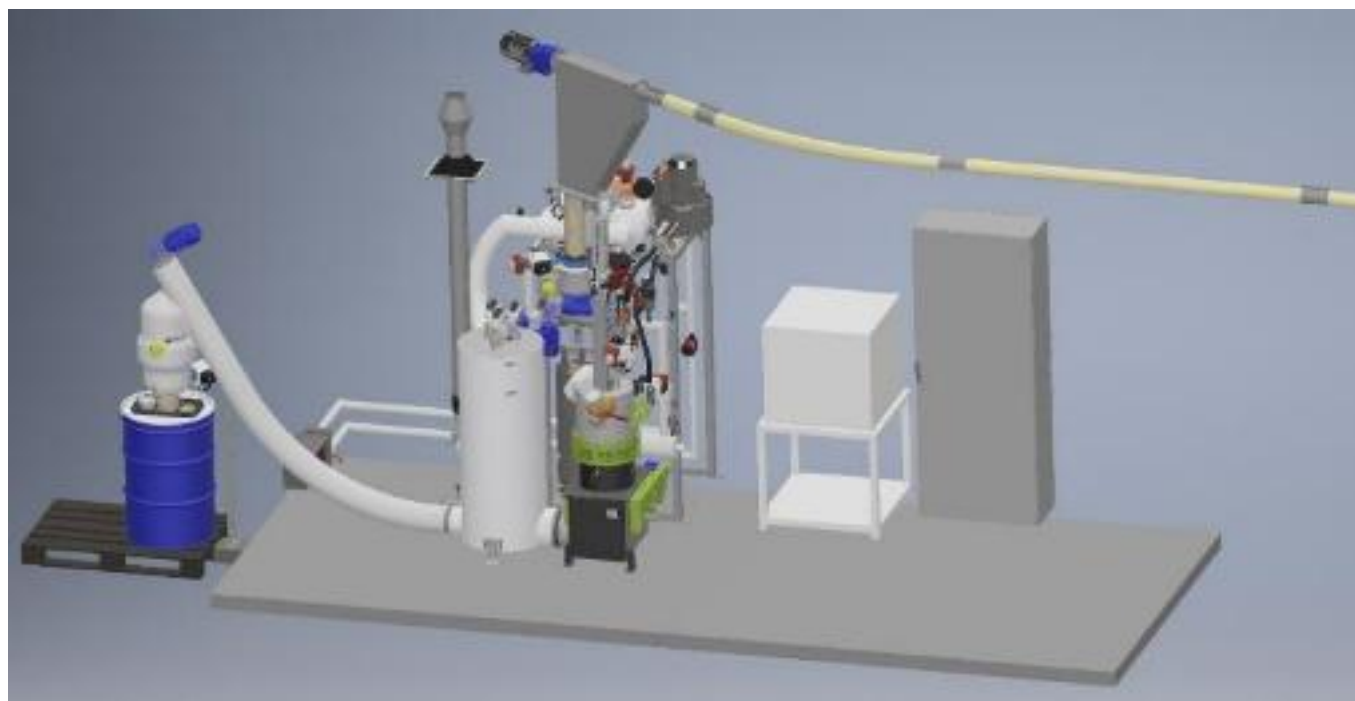


# Gazéification



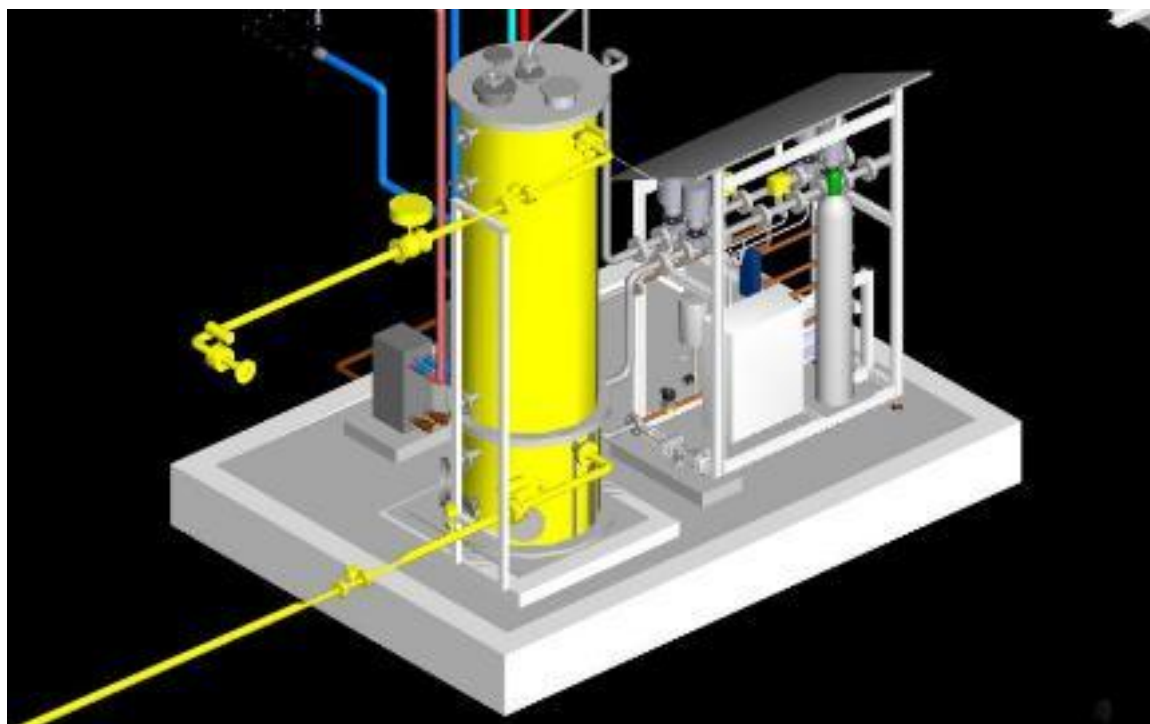
Digestat en pellets →  $\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4 + \text{H}_2 + \text{goudrons} + \text{cendres}$

↓  
syngaz



- agents de gazéification : **oxygène et vapeur d'eau**
- température : environ 1000 à 1200°C.

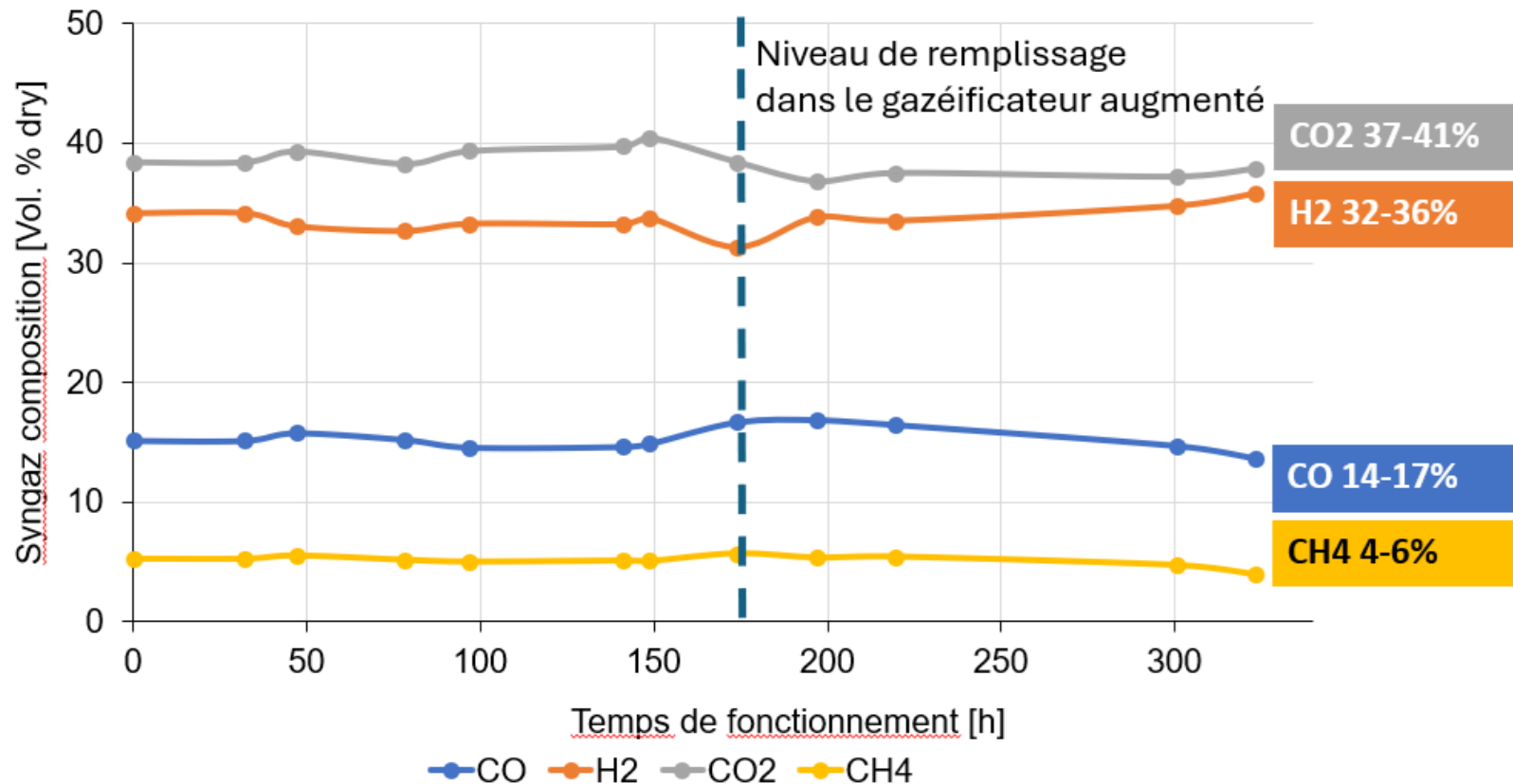
# Water-Shift et Méthanation biologique



- Procédé biologique mésophile, température de 35 à 40°C
- H<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> transformés en CH<sub>4</sub> par une faune bactérienne

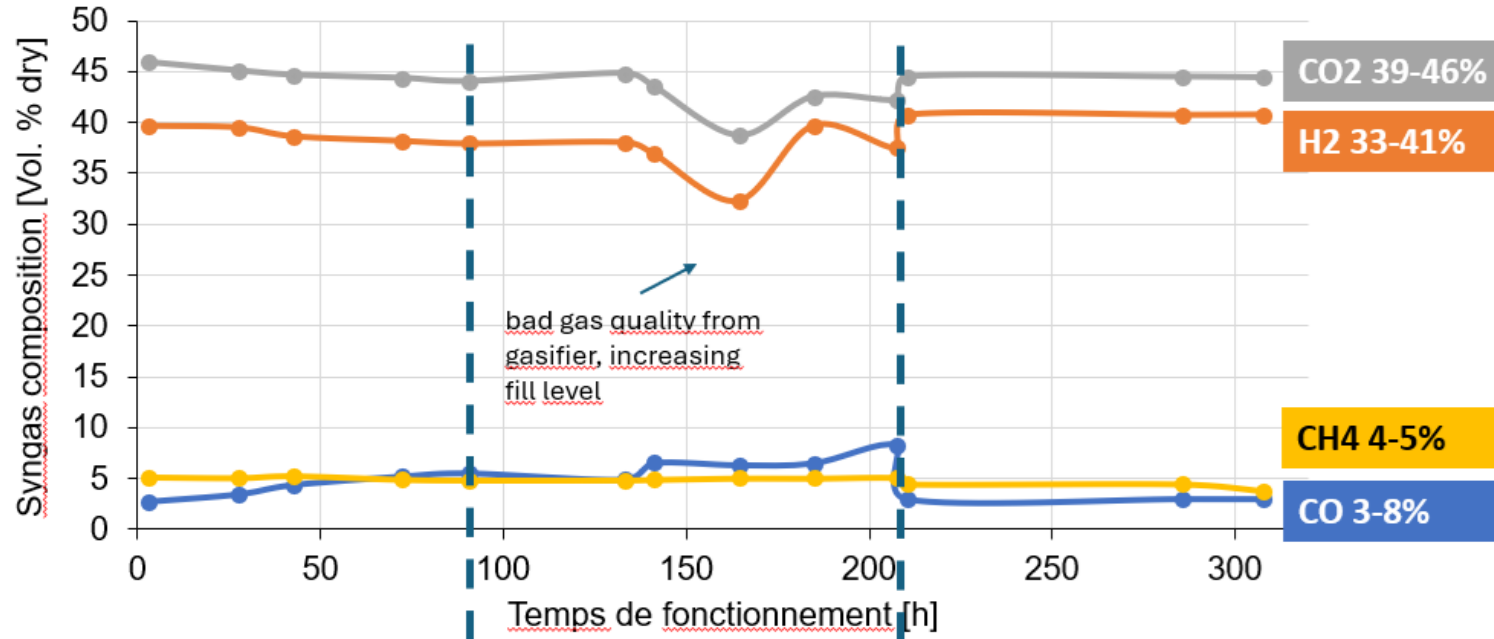
# Tests finaux Gazéification - H2Shift - Méthanisation

## Gazéificateur - Composition du gaz de synthèse



# Tests finaux Gazéification - H2Shift - Méthanisation

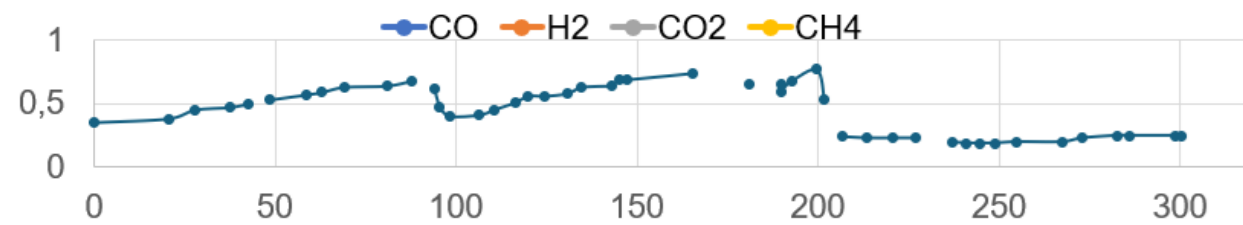
## H2-Shift-Reactor - Composition du gaz de synthèse



débit de gaz de synthèse

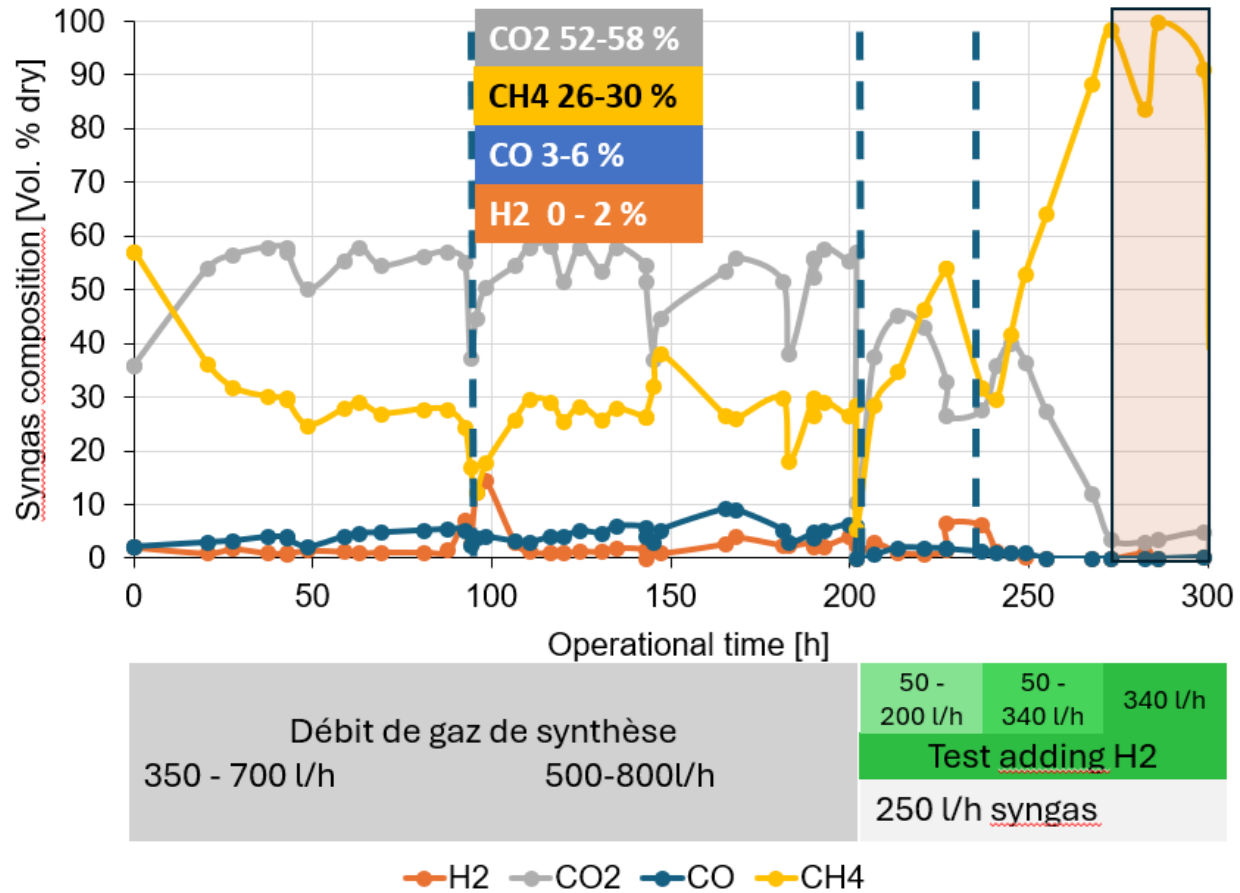
~ 0,7 – 1,4 Nm<sup>3</sup>/h      ~ 1 – 1,6 Nm<sup>3</sup>/h      ~ 0,5 Nm<sup>3</sup>/h

débit de gaz de synthèse EF14 [Nm<sup>3</sup>/h]

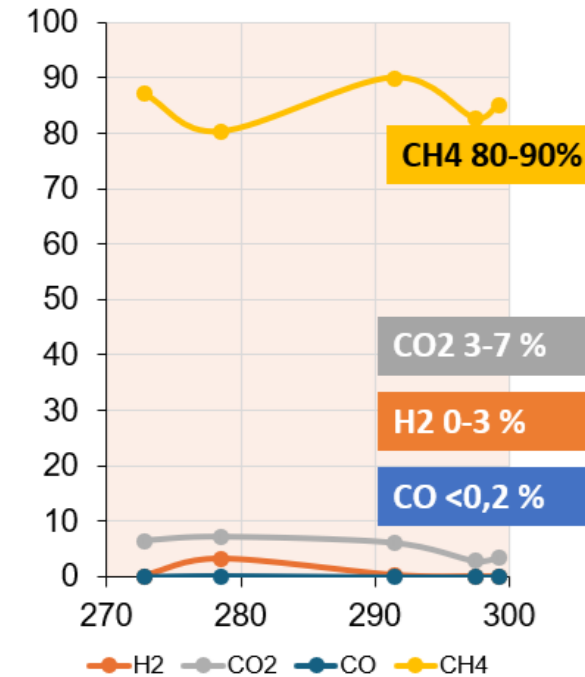


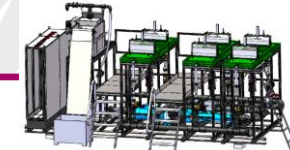
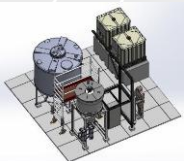
# Tests finaux Gazéification - H2Shift - Méthanisation

## Méthanation - Composition du gaz de synthèse



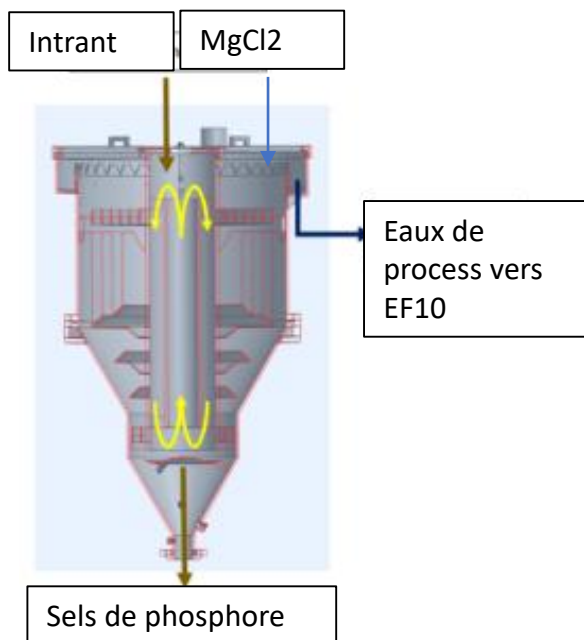
## Analyseur de gaz MRU





# Récupération des nutriments

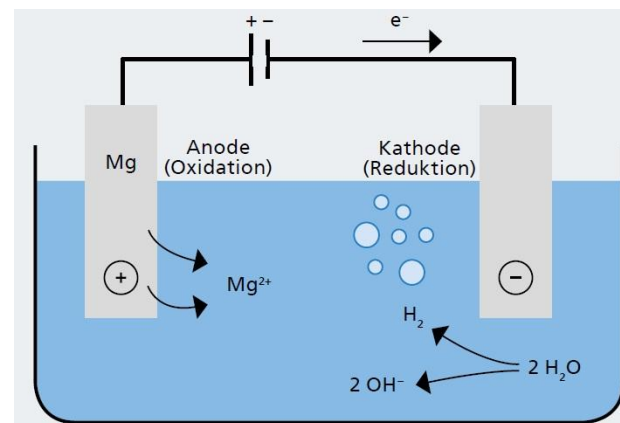
## Récupération du phosphore par précipitation chimique



- Débit nominal: 3000 kg / semaine
- Paramètres de process:
  - pH: 10
  - Dosage MgCl<sub>2</sub>: 30 – 100 mL/ L intrant

- Taux de récupération P >92% (Valeur attendue >95%)
- Consommation énergie: 5-20 kWh / kg sels P récupérés

## Précipitation électrochimique: ePhos

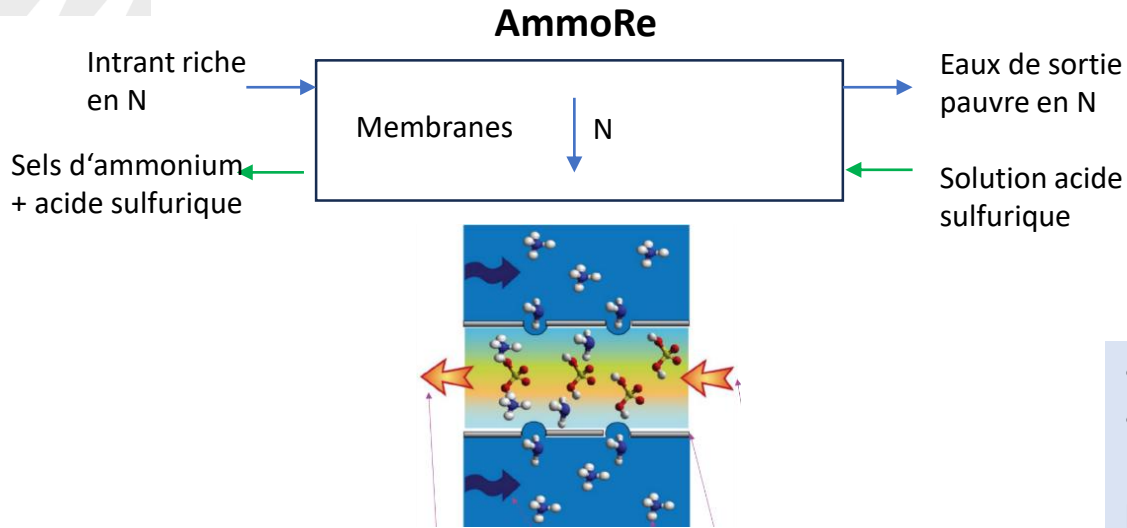
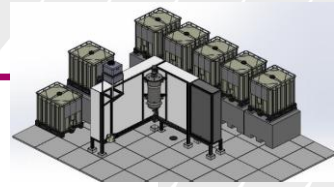


- Débit nominal: 3000 kg / semaine
- Paramètres de process:
  - pH: 8,5.9
  - Intensité électrique: 70 – 250 A/m<sup>2</sup>
  - Temps de retention: 20-40h

- Taux de récupération P >93% (Valeur attendue >95%)
- Consommation énergie: 20-80 kWh / kg Struvite récupérée

# Récupération des nutriments

Chimie sorption transmembranaire (AmmonoRe)



- Taux de récupération d'ammonium 75% (Valeur attendue: 80-85%)
- Consommation énergie: 150-180 kWh / kg NH<sub>4</sub> récupéré

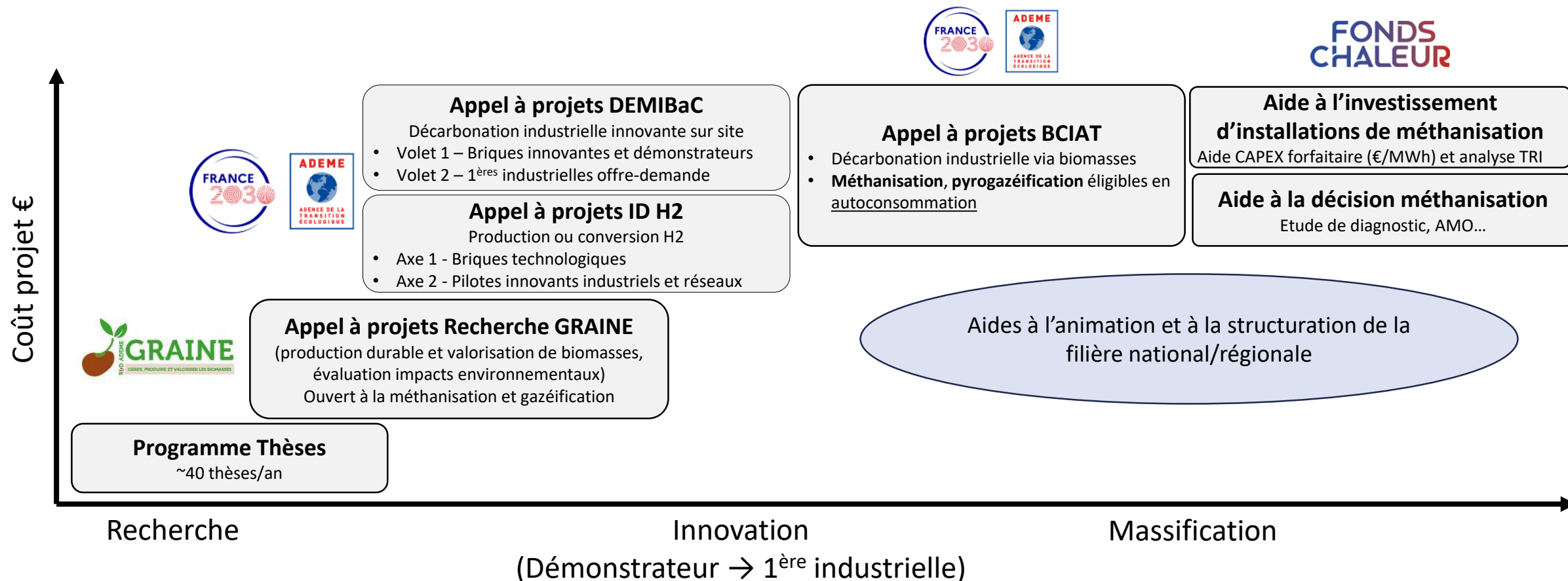
Perspectives à échelle industrielle : cible à 10 kWh / kg NH<sub>4</sub>

- Débit nominal: 3000 kg / semaine
- Paramètres de process:
  - pH: 10-10,5
  - Température: 25-40°C
  - Temps de rétention par batch: 10-20 min

# Soutien de l'ADEME pour les filières gaz

---

# Soutiens ADEME pour les filières de production de gaz



Déclinaison régionale détaillée sur le site ADEME : [lien](#)

# Exemples de projets R&D soutenus par l'ADEME

## Projet DENOBIO d'ENOSIS (02)

- Lauréat 2023 de l'AAP ADEME « Briques technologiques et démonstrateurs hydrogène » (France 2030)
- **Démonstrateur de méthanation biologique** ex-situ de CO<sub>2</sub> et biogaz brut provenant du méthaniseur agricole Energia Thiérache
- Capacité **~20 Nm<sup>3</sup>/h** de e-methane
- **En service** depuis mi-2025



Crédit : Enosis

## Projet VERRALLIA (16)

- Lauréat 2023 de l'AAP ADEME « DECARB IND» (France 2030)
- Production de **syngas** par **pyrogazéification de biomasse** (Charwood Energy) pour décarboner un four verrier
- Capacité **30 GWh/an**
- Mise en service prévue en **2027**



Crédit : Charwood Energy

# Travaux de prospective ADEME

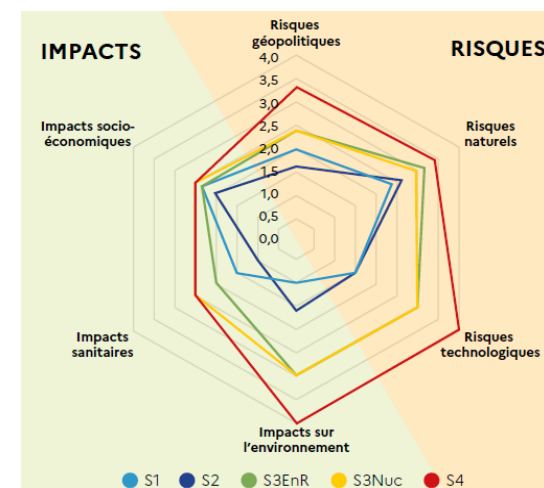
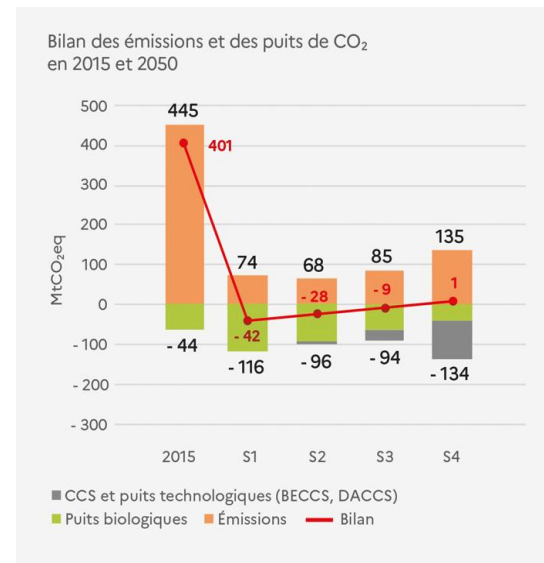
---

# Rappel sur Transition(s) 2050

**Contexte** : publié en novembre 2021 dans la lignée des travaux de prospective de l'ADEME

## Objectifs :

- Contribuer aux réflexions de la SNBC
- Illustrer le **champ des possibles à long terme** pour atteindre la « neutralité carbone » (émissions territoriales et métropolitaines) et en explorer les diverses implications
- Eclairer les **décisions incontournables à court et moyen terme** par un exercice pédagogique
- **Parler aux spécialistes et au grand public**



# Bilan de Transition(s) 2050

*Une audience large et un formidable outil de dialogue*

- **Alimentation de la SNBC 3**
- Des scénarios forcément simplifiés (malgré leur complexité) mais qui permettent de **dessiner des sociétés dans lesquelles il est facile de se projeter** pour des non spécialistes
- Des narratifs qui permettent de **montrer concrètement les enjeux de certains sujets** : la sobriété, l'équilibre des puits naturels, la consommation de sols, les évolutions des métiers, les paris et les risques de certains choix...
- De très **nombreuses utilisations** à tous niveaux

*Quelques chiffres :*

- **2000** pages écrites
- Plus de **15 000** téléchargements
- Plus de **300** interventions du siège et autant en Directions régionales
- Nombreuses utilisations dans l'enseignement supérieur
- Déclinaisons régionales

[les-futurs-en-transition](#)

# Pourquoi refaire un exercice ?

- Un **travail solide et structuré** avec des bases techniques documentées mais avec des **manques à combler** :
  - Sujets à compléter
  - Appropriation par les cibles
  - Approche territoriale
- **Evolution du contexte dans lequel s'inscrivent nos scénarios** qui impliquent d'intégrer **3 inflexions majeures** :

## Place du numérique

### *Déterminants externes :*

Arrivée de l'IA

Evolution exponentielle des usages

## Souveraineté / réindustrialisation

### *Déterminants externes :*

Evolution du contexte géopolitique  
(*COVID, Guerre en Ukraine, évolution  
du commerce international,...*)

## Adaptation au changement climatique

### *Déterminants externes :*

Trajectoire d'évolution du climat –  
TRACC et impacts sur les secteurs (ex :  
biomasse forestière)

# Nouvel exercice : objectifs et cadrage

## Objectifs de nos travaux :

- **Illustrer le champ des possibles à long terme avec un exercice enrichi et actualisé**  
→ *Mise en place de partenariats / dialogues externes*
- **Eclairer les décisions incontournables à court et moyen terme – certaines voies ne seront plus possibles, d'autres auront évolué**
- **Parler aux spécialistes comme au grand public de manière plus adaptée**  
→ *Mise en place d'un comité des partenaires*

## Cadrage :



- **Objectif Neutralité Carbone à horizon 2050**
  - **Périmètre géographique : France Métropolitaine**
-

# Typologie d'évolutions par rapport à Transition(s) 2050

## Thématiques ou secteurs mieux intégrés en entrée des données

- Adaptation
- Economie Circulaire
- Numérique
- Gouvernance
- ...

## Mise à jour des données

- Forêt (évolution croissance / mortalité),
- Technologies de captage et stockage de carbone
- ...

## Approfondissement du niveau de détails

- Bâtiment (évolution urbanisme échelle départementale),
- Socio-éco (sortir du français moyen),
- Eau
- ...

## Nouvelles thématiques ou sous- secteurs

- Biodiversité
- Raffineries
- Pêche / aquaculture
- ...

# Cadrage – Les évolutions : un exercice partenarial

## Biodiversité



- Evaluation de l'état de l'écosystème par scénario
- Identification de 16 indicateurs

## Eau

- Utilisation du modèle Strateau pour évaluer les besoins en eau

## IA/Numérique

- Impacts environnementaux du numérique ;
- Place du numérique

## Neutralité carbone

- Bouclage multi-énergie
- Bouclage biomasse
- Émissions GES, puits et bilan GES
- Bouclage sol...



## Gaz

- Modélisation de l'équilibre offre-demande au pas horaire des systèmes gaz
- Mise à disposition de l'expertise NaTran sur les scénarios de demande, profilage et régionalisation

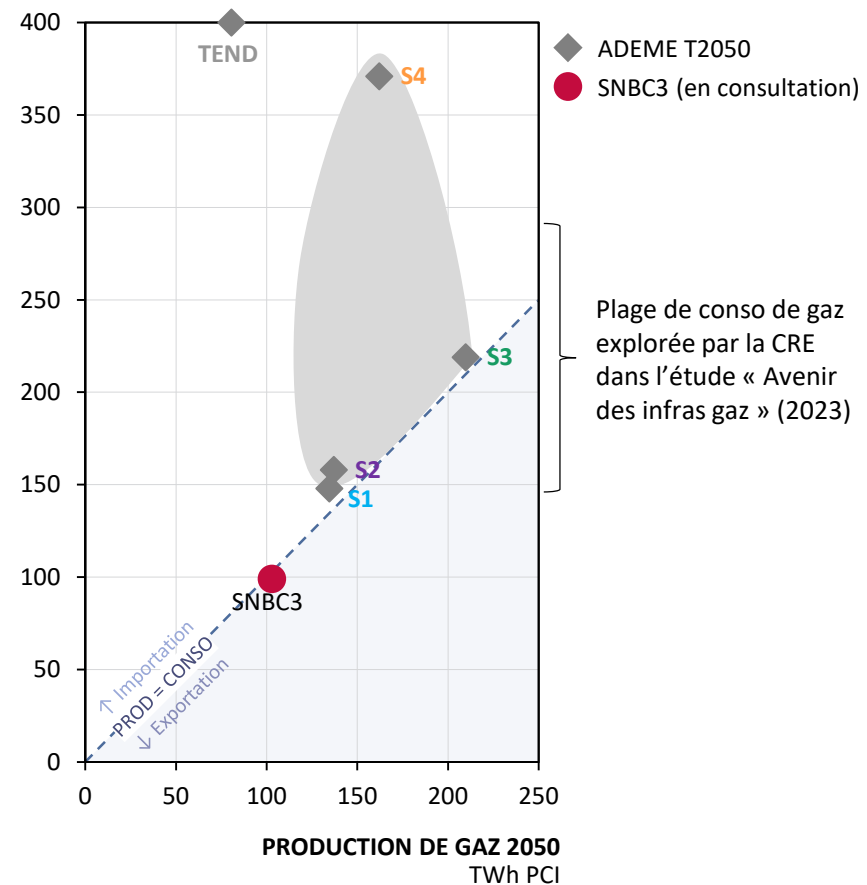
## Electricité

- Bouclage électrique et modélisation au pas horaire
- Coordination sur les hypothèses des scénarios de demande d'électricité

# Quelques éléments sur les filières gaz

## CONSOMMATION DE GAZ EN 2050

TWh PCI



**Pas de résultats partageables à date** : 2 itérations restantes d'ici juin 2026

## Nouveautés de la « saison 2 » de Transition(s) 2050

- Actualisation des ressources biomasses (agricoles, forêts...)
- Ajout de la gazéification hydrothermale
- Biochars et dérivés pour usages agronomiques et industriels

## Des questionnements :

- Rôle du gaz pour le système électrique et contribution du power-to-methane
- Place du gaz en transit (export de gaz renouvelable?)
- Soutenabilité économique des infrastructures gazières sur des niveaux de consommations <150 TWh

JRI, 17-19 mars 2026

Conférence introductive et Tables Rondes



[f.doumit@atee.fr](mailto:f.doumit@atee.fr)



ATEE - Tour Eve - 1 place du Sud

CS20067 - 92800 PUTEAUX

Tél. : 01 46 56 91 43 - [www.atee.fr](http://www.atee.fr)



Retrouvez les infos scientifiques  
sur [InfoMetha.org](http://InfoMetha.org)

