

FEVRIER 2024

# SYNTHÈSE DES AUTRES FILIÈRES DE PRODUCTION DE BIOGAZ



Étude de définition d'un  
**Schéma opérationnel de  
développement du bio-gaz  
en Ile-et-vilaine**  
par valorisation des gisements  
méthanisables

**PHASE 1 : Caractérisation du contexte local**

## Contact

Paul LAURENT

06.61.37.32.27

paul.laurent@carden-biogaz.com



# SOMMAIRE

<b>1. LES GAZ VERT : DE QUOI PARLE T-ON ?</b>	<b>3</b>
<b>2. L'ÉCOSYSTÈME DES FILIÈRES</b>	<b>4</b>
2.1 Pyrogazéification	4
2.2 Gazéification Hydrothermale	5
2.3 Power-to-gaz	6
2.4 Opportunités et Freins de ces nouvelles filières	7
<b>3. POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT NATIONAL ET LOCAL</b>	<b>7</b>
3.1 A l'échelle nationale	7
3.2 A l'échelle locale	8
<b>4. CADRE RÉGLEMENTAIRE ET DE SOUTIEN</b>	<b>9</b>
4.1 Accès au réseau	9
4.2 Dispositifs de soutien	9
4.3 Réglementation ICPE	9
4.4 Durabilité	9

# 1. LES GAZ VERT : DE QUOI PARLE T-ON ?

Suivant leurs origines, les gaz verts ont des définitions différentes détaillées notamment par le code de l'énergie :

**Gaz renouvelable** : un gaz produit à partir de biomasse définie comme la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers ([Article L211-2](#) du code de l'énergie). Ainsi, les gaz issus de déchets non biodégradables (ex : pyrogazéification de déchets plastiques) ne sont pas renouvelables.

**Gaz bas carbone** : un gaz produit à partir d'intrants non biogéniques (y compris le méthane de synthèse produit par méthanation ou e-méthane), avec un contenu carbone en ACV inférieur à un seuil en  $\text{kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}$  PCI pas encore publié l'arrêté définissant ce seuil ([Article L447-1](#) du Code de l'énergie).

Sachant que la directive RED III prévoit une réduction de 80% comparé à un combustible de référence en 2026, nous pourrions partir sur  $20\% \times 227 \text{ kg}_{\text{éqCO}_2}/\text{MWh}$  (gaz naturel) soit  $45,4 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}$

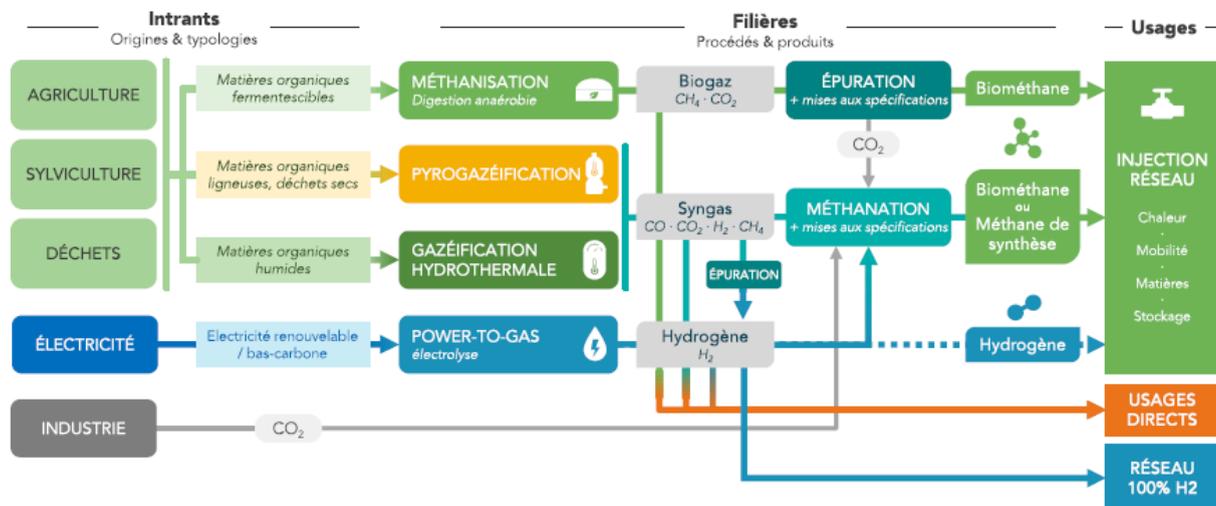
**Hydrogène bas carbone** : Pour ce vecteur énergétique, le parlement européen a entériné un seuil d'émission pour qualifier de "bas-carbone" la production d'hydrogène :  $3,38 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{kgH}_2$  soit  $102,4 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}$ .

L'électricité d'origine nucléaire pour produire de l'hydrogène est compatible avec cette qualification.

**Gaz de récupération** : Gaz fatal issu d'activité industrielle (mines, cokerie, haut-fourneau, aciérie, raffinage...) et pouvant être récupéré pour contribuer au verdissement des usages ([Article R712-1](#) du code de l'énergie)

## 2. L'ÉCOSYSTÈME DES FILIÈRES

La production de gaz vert se fait par des filières complémentaires, sans concurrence d'usage entre elles ou avec des filières existantes (retour au sol des matières organiques, bois énergie, usage électrique existant...).



Les filières de production de gaz vert (Source GrDF)

### 2.1 Pyrogazéification

#### Principe

Procédé thermo-chimique à haute température qui permet de valoriser des déchets carbonés variés pour produire un gaz vert et qui est conduite en deux étapes :

1. **La pyrolyse** : Chauffage à haute température (350~650°C) en absence ou défaut d'oxygène transformant les matières carbonées en
  - (1) Un gaz combustible,
  - (2) un liquide (huile de pyrolyse=mélange d'hydrocarbure)
  - (3) un résidu solide (nommé "coke" ou "char")
2. **La gazéification** : Les produits de Pyrolyse sont chauffés à plus haute température (900~1200°C) et sont transformés en :
  - (1) Un gaz combustible (le gaz de synthèse ou Syngaz)
  - (2) en cendre (matière minérale non carbonée)

#### Intrants

Toute matière carbonée non fermentescible peut alimenter la pyrogazéification :

- Le bois énergie (co-produit de l'industrie du bois),
- la culture lignocellulosique (taillis de courte rotation : saule, peuplier...) ou culture herbacée (miscanthus, chanvre...),
- Déchets de bois (palettes...),
- Les Combustibles Solides de Récupération (CSR) : mélange préparé de déchets issus de refus de tri (bois, plastique, mousse, textile...).

#### Energie produite

En fonction des conditions de fonctionnement (température, injection de vapeur...), la composition du Syngaz diffère en proportion (Méthane, Hydrogène...). La valorisation peut se faire directement en cogénération (chaleur+électricité) ou en injection sur le réseau après épuration.

### Autres produits

Génération de chaleur qui peut être valorisée localement (usage industriel, réseau de chaleur...).

### Maturité

La pyrogazéification est une technologie opérationnelle dans des environnements réels divers (TRL=9). L'épuration du Syngaz en gaz injectable est encore en phase d'optimisation (TRL=8) pour une solution de traitement des polluants (goudrons, gazs acides) et une régulation de la composition (méthane/hydrogène).

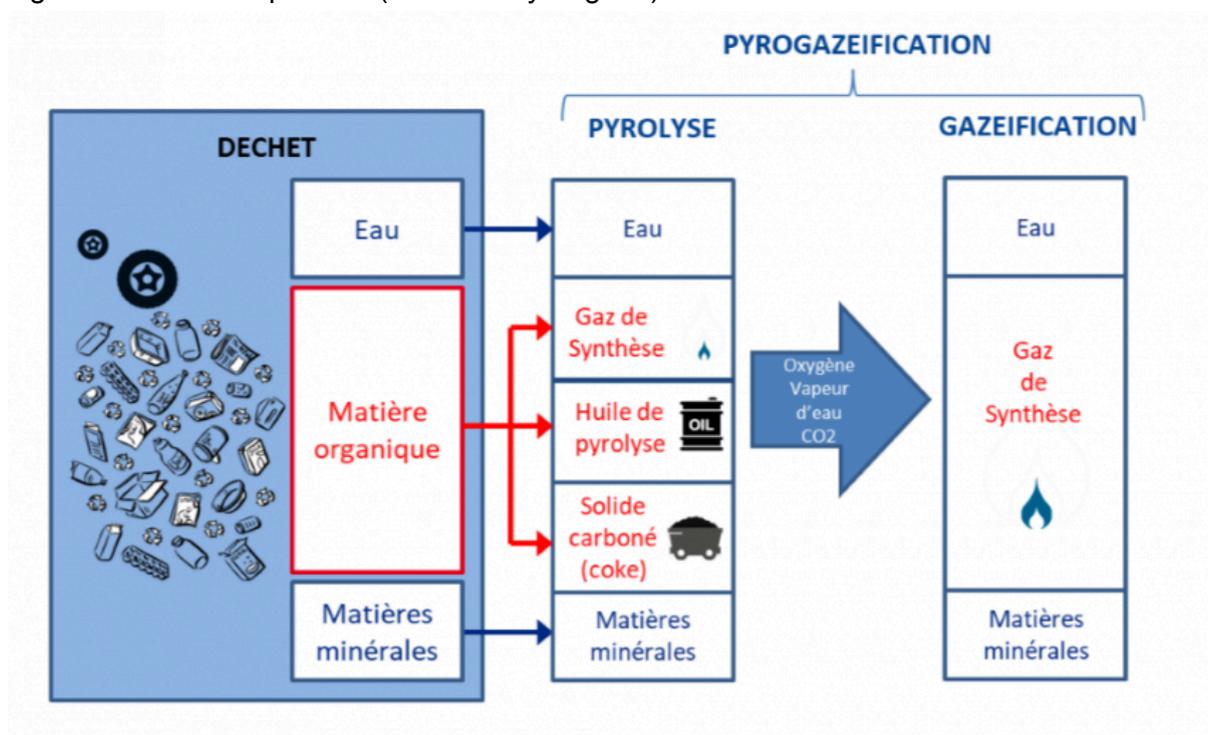


Schéma de principe des procédés de pyrogazéification (source : Club Pyrogazéification)

## 2.2 Gazéification Hydrothermale

### Principe

Procédé thermo-chimique qui exploite les propriétés de l'eau en condition supercritique (>221 bars, >375°C) pour décomposer la matière organique en gaz riche en méthane et injectable après épuration.

### Intrants

Tout déchet organique liquide ou mélangeable à de l'eau : boue de STEP, digestat non épandable, effluents industriels (papeterie...), déchet solide broyé finement...

### Energie produite

Méthanes - CH<sub>4</sub> (40 à 70%), Hydrogène - H<sub>2</sub> (5 à 30%) et dioxyde de carbone - CO<sub>2</sub> ( 20 à 30%)

### Autres produits

Récupération de l'eau contenu dans les matières entrantes et de la totalité des sels minéraux (phosphore, potassium...) et de l'azote (fertilisant possible).

### Maturité

Procédé émergent au stade R&D et des 1ers démonstrateurs (TRL=5)

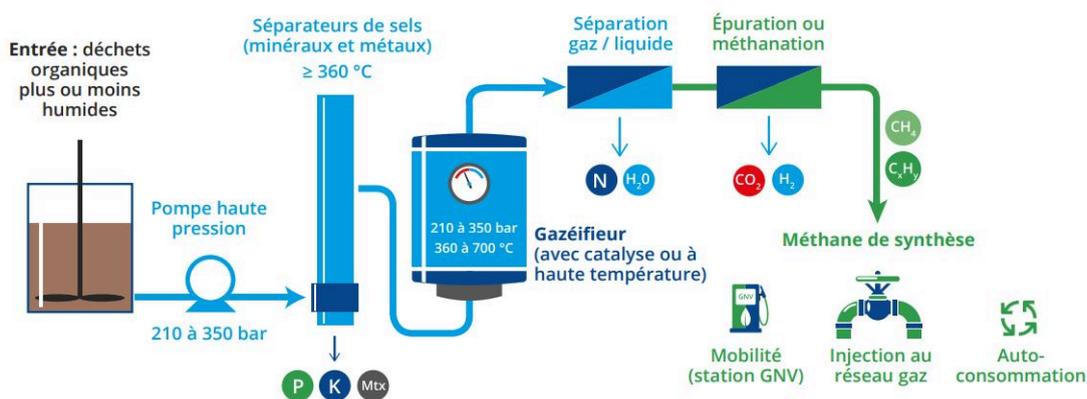


Schéma de procédé de la gazéification hydrothermale (source : GRTgaz/Cerema)

## 2.3 Power-to-gaz

### Principe

Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau à partir d'une source d'électricité. Le courant électrique dissocie la molécule d'eau H<sub>2</sub>O en hydrogène (H<sub>2</sub>) et en oxygène (O<sub>2</sub>).

L'hydrogène (H<sub>2</sub>) est ensuite :

- soit être injecté directement dans un réseau 100% H<sub>2</sub> (les réseaux actuels limitent à 2% la teneur en H<sub>2</sub>),
- Soit convertie en méthane (CH<sub>4</sub>) en combinant l'hydrogène (H<sub>2</sub>) à du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par méthanation. Ce procédé existe sous forme catalytique (T°=300~450°C) soit biologique (culture microbienne d'archée à T°~65°C).

### Intrants

- Electrolyse : Eau pure (qualité contrôlée),
- Méthanation : CO<sub>2</sub> provenant de l'épuration du biogaz, de fumées de combustion ou de procédés industriels (cimenterie...).

### Energie produite

L'hydrogène produit, selon la source d'électricité, pourra obtenir la classification de "bas carbone".

- En injection dans un réseau 100% H<sub>2</sub> il est un vecteur énergétique stockable,
- Convertie par méthanation, il devient un complément pour augmenter les rendements de conversion des autres filières (méthanisation, pyrogazéification).

**Autres produits** : Oxygène

**Maturité**

- Le principe de l'électrolyse est bien mature bien que peu répandu dans la production mondiale d'hydrogène (~5%).
- Le procédé de Méthanation catalytique existe comme procédé utilisé dans l'industrie pétrolière. La méthanation biologique est davantage en phase exploratoire.

*2.4 Opportunités et Freins de ces nouvelles filières*

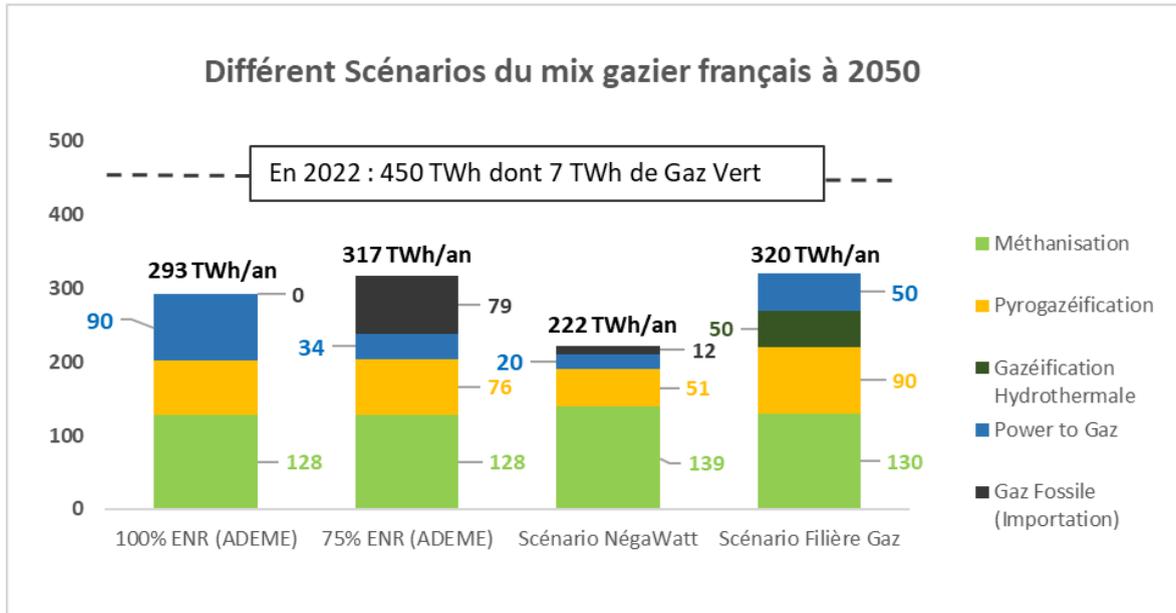
	<b>Opportunité</b>	<b>Frein</b>
 <p><b>Pyrogazéification</b></p>	Installation compacte et modulaire Valorisation de la chaleur coproduite. Complémentarité au recyclage avec la valorisation des CSR Qualité de l'air (pas ou peu d'émission)	Conditions économiques incomplètes Technologies d'épuration du gaz de synthèse en expérimentation Cadre réglementaire à compléter (ICPE)
 <p><b>Gazéification Hydrothermale</b></p>	Haut rendement de conversion du Carbone (>90%, y compris les microplastiques) Haut rendement énergétique (>70%) Qualité de l'air (pas ou peu d'émission) Préservation de la valeur fertilisante (valo engrais) et hygiénisation des matières Unité compacte et modulaire	Procédé émergent au stade R&D Sensibilité aux polluants (Chlore, Soufre) Absence de cadre ICPE pour ce procédé à hautes pression et température.
 <p><b>Power-to-gaz</b></p>	Rôle de flexibilité : valorisation et stockage des ENR électriques intermittentes Complémentarité forte à la méthanisation en terme d'infrastructure et d'augmentation des rendement énergétique (+ 70%)	Coût important à petite échelle. Besoin d'installation importante ou de mutualisation entre méthaniseurs. Coût de production de l'H <sub>2</sub> encore élevé.

**3. POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT NATIONAL ET LOCAL**

*3.1 A l'échelle nationale*

Différentes prospectives ont été établies sur le mix gazier français : tous ces scénarios envisagent une baisse de la consommation de gaz de -30% à -50%.

Seul le scénario des acteurs de la filière gaz envisage un déploiement de la gazéification hydrothermale.



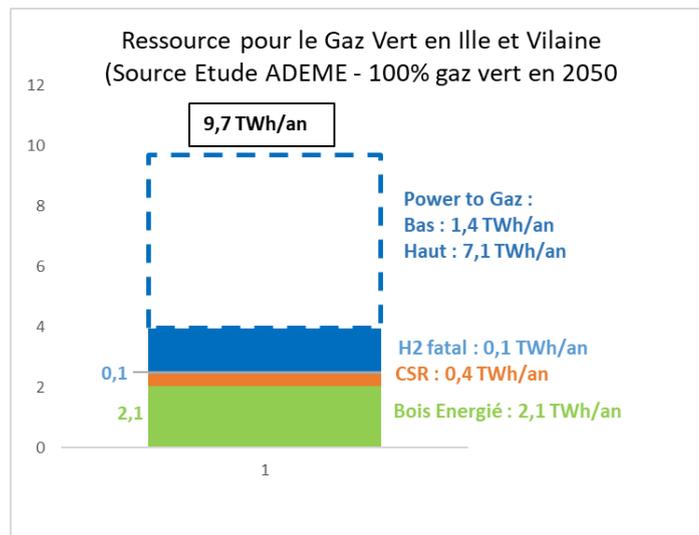
*Schéma de comparaison des scénarios 2050 du mix gazier*

### 3.2 A l'échelle locale

#### Les ressources en Ille et Vilaine :

[Selon l'étude ADEME 100% gaz vert 2050](#), un potentiel des ressources utilisables pour les différentes filières a été évalué:

NB : Le potentiel de **ressource en CSR** ne semble pas faire consensus. Là où l'ADEME considère une ressource limitée, la filière gaz considère au contraire un potentiel important.



#### Les projets d'expérimentations identifiés dans le Grand Ouest :

- Qairos Energies à Taulé (29)  
Chanvre (1 500 ha) - 40 GWh/an + valo du CO2 (serristes)
- Hymoov à Montoir de Bretagne (44)  
15 000 T/an - 33 GWh/an (IDEA)

- Salamandre Le Havre (76)  
70 000 T/an - 150 GWh/an : bois+CSR (ENGIE - CMA CGM)
- Titan V à Nantes (44) :  
Démonstrateur Pyro (Leroux & Lotz) + méthanation biologique (Terrawat)
- Qairos Energy Trangé (72)  
Chanvre (1000 ha) ~30 GWh/an
- Hymoov Châteaubourg (35)  
Etudes préliminaires

Pour en savoir plus, l'AMI GRTgaz publié en 2022 [est disponible ici](#).

## 4. CADRE RÉGLEMENTAIRE ET DE SOUTIEN

### 4.1 Accès au réseau

	 <b>Pyrogazéification</b>		 <b>Gazéification Hydrothermal</b>	 <b>Power to gaz</b>
<b>Type de gaz</b>	Gaz renouvelable	Gaz bas carbone	Gaz renouvelable ou Gaz bas-carbone	Gaz renouvelable ou Gaz bas-carbone
<b>Accès aux réseaux</b>	Oui	Texte en attente	Oui	Texte en attente

### 4.2 Dispositifs de soutien

Aujourd'hui, il n'existe **pas de tarif d'achat biométhane** pour ces nouvelles filières et **seul le contrat de gré-à-gré (GPA)** entre un producteur et un acheteur de gaz vert permet de financer la production.

Différents décrets ont annoncé la mise en place de dispositifs de soutien par **Appel d'Offre (AO) pour des Contrats d'Expérimentation** (lancement prévu pour automne 2023). Ces appels d'offres seront limités en puissance et avec un tarif maximum éligible.

Le résultat de ces expérimentations permettront de définir le dispositif de soutien adapté pour chaque filière.

### 4.3 Réglementation ICPE

**La pyrogazéification** n'a pas de rubrique spécifique et est aujourd'hui assimilée à une installation de combustion. Sa classification sera différente en fonction des intrants :

- Si biomasse : rubrique ICPE 2910 / Chaudière.  
⇒ Régime Déclaration à Autorisation en fonction de la puissance
- Si déchets non-dangereux (CSR) : ICPE 2771 / Incinération  
⇒ Régime Autorisation

**La gazéification hydrothermale, et probablement la méthanation**, relèveraient également de la réglementation ICPE. Néanmoins, la réglementation méconnaît ces techniques et n'a pas de rubrique adaptée.

#### 4.4 Durabilité

Toute installation produisant **plus de 200 Nm<sup>3</sup>/h de gaz vert** est soumise, au même titre que la méthanisation, à un critère de durabilité définie par la Directive européenne sur les Énergies Renouvelables (REDII et REDIII depuis le 20/11/2023) :

##### Sur l'origine de l'énergie produite

- ❖ La biomasse doit provenir de sources durables : protection de la biodiversité, des puits de carbone naturels, etc.
- ❖ L'électricité (pour le power-to-gas) doit être renouvelable et additionnelle, sauf dérogation (dont la France)

##### Sur la réduction GES qu'apporte l'énergie produite

- ❖ Le calcul est réalisé en ACV de la parcelle jusqu'à l'utilisateur final
- ❖ Pour les gaz verts injectés dans les réseaux : -70% par rapport à un combustible fossile de référence (soit 78,5gCO<sub>2</sub>/kWhPCS, puis -80% en 2026)
- ❖ Pour les RFNBO et les RCF : -70% par rapport au combustible de référence