

# La pyrogazéification, une nouvelle opportunité pour valoriser ses déchets et décarboner son activité ?

Point de vue d'un distributeur de gaz

Eric FEUILLET Chef de programme prospective et R&D  
eric.feuillet@grdf.fr / 06 62 33 65 48

# Sommaire

---

**01**

Contexte énergétique et enjeux du gaz

**02**

Les filières de gaz renouvelables et bas-carbone  
Focus sur la pyrogazéification

**03**

Un cadre réglementaire et économique ... en construction

**04**

Actions en région Centre-Val-de-Loire

# 01



## Contexte énergétique et enjeux du gaz

# Hausse des prix du gaz naturel depuis 2021 du fait de tensions d'approvisionnement, accentuées par la guerre en Ukraine

①

Dès 2021, tensions sur le gaz:

- ↗ Marché européen du carbone (ETS)
- ↗ Reprise économique mondiale post-Covid
- ↗ GNL en Asie car tension sur charbon

EU ETS Évolution du prix de la tonne de CO<sub>2</sub> sur le marché carbone européen

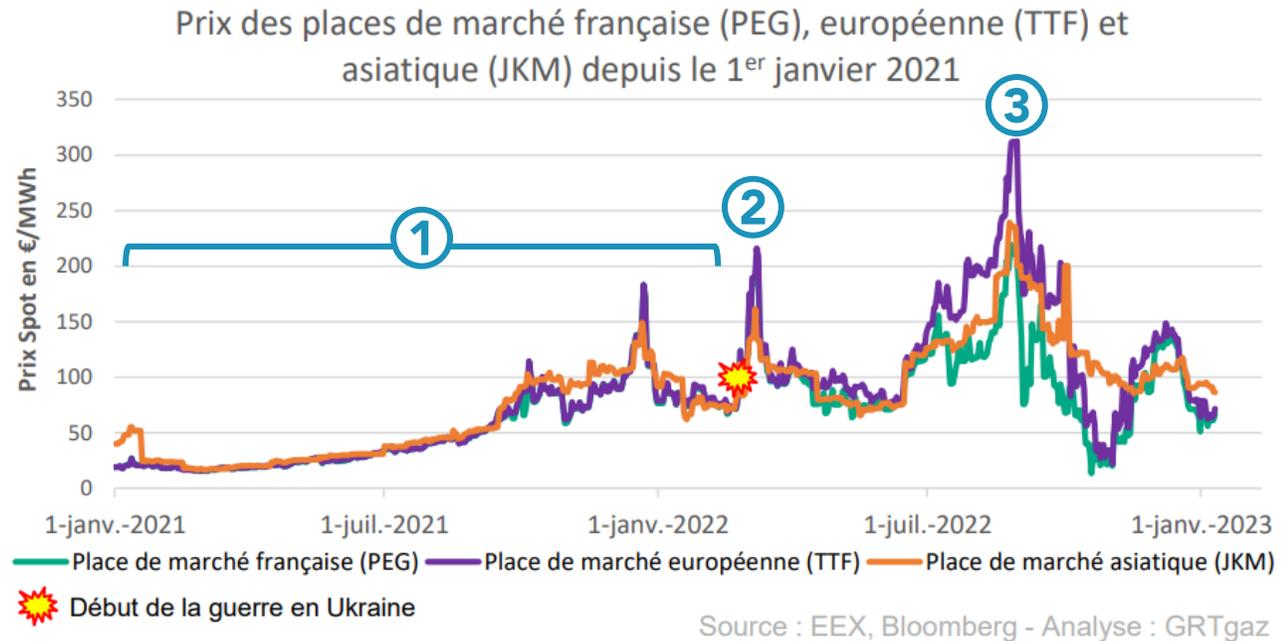
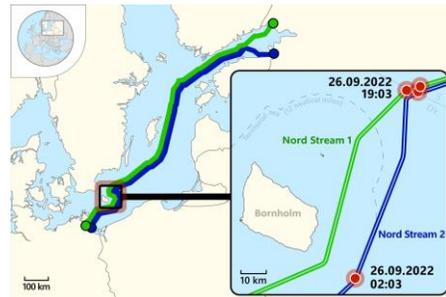


②

20 février 2022: Début de la guerre en Ukraine

③

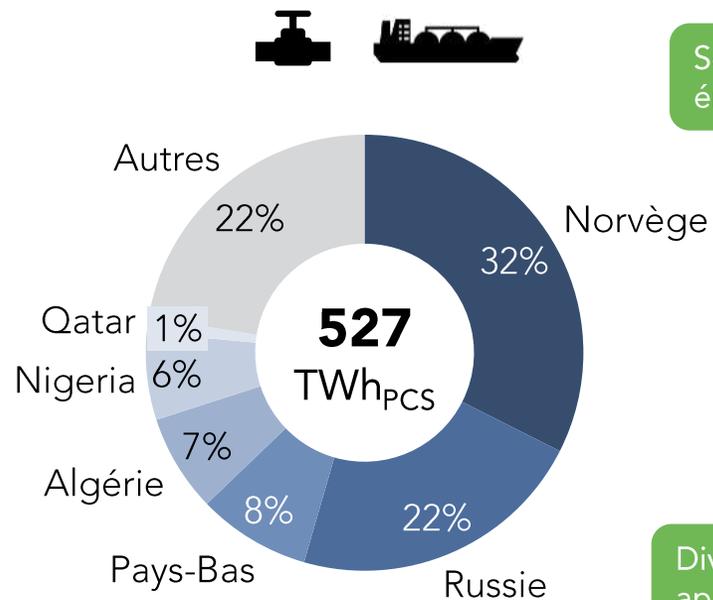
26 septembre 2022:  
Sabotage Nord Stream 1 & 2



# Un opportunité de réduire les importations d'énergies fossiles tout en verdissant le mix énergétique français

## Origine des importations françaises de gaz naturel en 2021

(= volumes consommés, stockés ou exportés)



Souveraineté énergétique

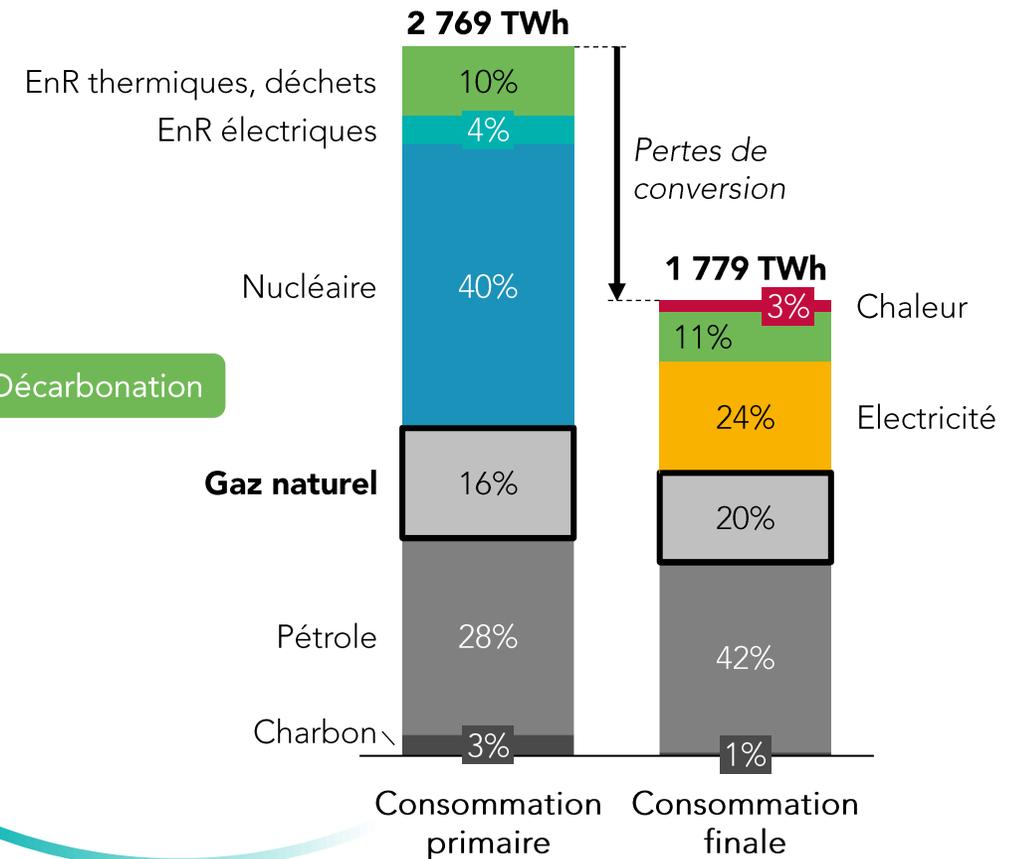
Diversification des approvisionnements

**Gaz verts**

Décarbonation

## Bilan énergétique en France en 2021

(données réelles non-corrigées des variations climatiques)



Source: INSEE, SDES, Bilan énergétique de la France en 2021

# Intérêt de la pyrogazéification et de l'injection dans les réseaux

Parti-pris : (lorsque les infrastructures sont présentes) Transformer les ressources au plus proche des gisements et acheminer des vecteurs énergétiques gazeux vers les usages

Des infrastructures gazières déjà fortement développées et disponibles

- 200 000 km de réseaux de distribution
- 30 000 km de canalisation de transport
- 130 TWh de capacité de stockage

Le rapport de la CRE sur l'avenir des infrastructures gazières confirme leur intérêt dans la transition énergétique par leur capacité à absorber la production de gaz verts, avec des investissements :

- raisonnables (10 Mds €) quand tout est à construire pour d'autres vecteurs énergétiques
- implémentables rapidement => les opérateurs d'infrastructures préparent l'intégration multi gaz verts depuis > 10 ans

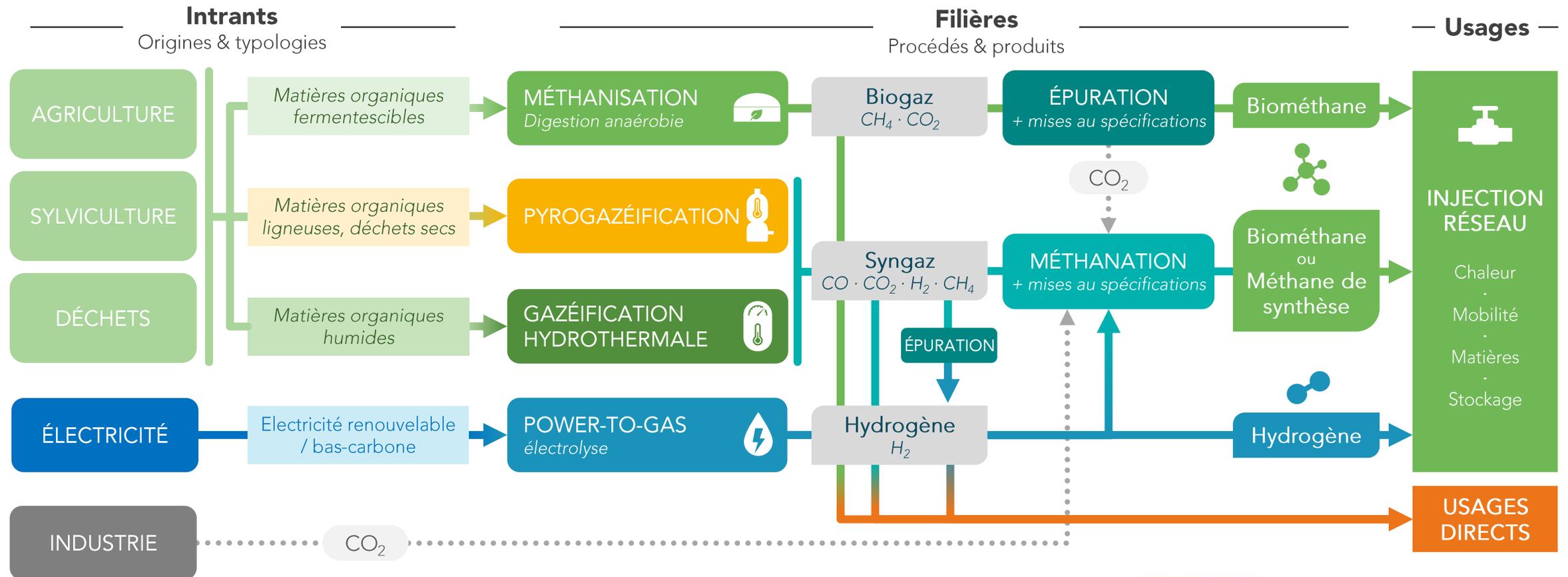
De nouveaux modèles économiques émergent qui vont tirer la demande en gaz renouvelables et bas carbone, notamment auprès de gros consommateurs qui souhaitent se décarboner à cout maîtrisé



# Les filières de gaz renouvelables et bas-carbone

Focus sur la pyrogazéification

# Plusieurs filières complémentaires à la méthanisation, pour produire des gaz renouvelables et bas-carbone



- Des intrants locaux ... aux usages locaux
- Des vecteurs énergétiques gazeux contributeurs de la neutralité carbone



# Plusieurs définitions de « gaz verts » dans le Code de l'énergie

**Energie renouvelable:** L'énergie produite à partir de sources renouvelables, ou " énergie renouvelable ", est une énergie produite à partir de sources non fossiles renouvelables, à savoir l'énergie éolienne, l'énergie solaire thermique ou photovoltaïque, l'énergie géothermique, l'énergie ambiante, l'énergie marémotrice, houlomotrice et les autres énergies marines, l'énergie hydroélectrique, la biomasse, les gaz de décharge, les gaz des stations d'épuration d'eaux usées et le biogaz (Art. L211-2)

**Biomasse:** La biomasse est la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales, de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets, notamment les déchets industriels ainsi que les déchets ménagers et assimilés lorsqu'ils sont d'origine biologique (Art. L211-2)

**Biogaz :** les combustibles ou carburants gazeux produits à partir de la biomasse (Art. L446-1)

**Biométhane:** le biogaz dont les caractéristiques permettent son injection dans un réseau de gaz naturel (Art. L446-1)

**Gaz bas-carbone:** un gaz constitué principalement de méthane qui peut être injecté et transporté de façon sûre dans le réseau de gaz naturel et dont le procédé de production engendre des émissions inférieures ou égales à un seuil fixé par arrêté du ministre chargé de l'énergie (Art. L447-1 – via la loi d'accélération des EnR de mars 2023)

# Focus intrants & potentiels énergétiques

La biomasse ligneuse (co-produits ou déchets) constitue l'essentiel du gisement potentiel de la filière au démarrage

- En traitant des déchets résiduels secs, non fermentescibles, souvent destinés à l'enfouissement ou l'incinération simple, cette filière s'inscrit dans l'objectif français d'une division par deux des quantités enfouies d'ici 2025 -> Le renforcement de la réglementation sur la gestion des déchets va favoriser une montée progressive des intrants plus « complexes » au côté des déchets de bois
- Au niveau international, la pyrogazéification pour injection a atteint un stade de maturité technologique suffisant pour envisager la construction en France des premières installations industrielles dès 2025



Le **bois énergie**: biomasse issue de la sylviculture, excluant le bois d'œuvre (scieries) et le bois d'industrie (papier/carton, panneaux), mais intégrant leurs connexes de transformation



Les **cultures lignocellulosiques**: taillis à (très) courte rotation (saule, peuplier, etc.) et cultures herbacées (miscanthus, etc.)



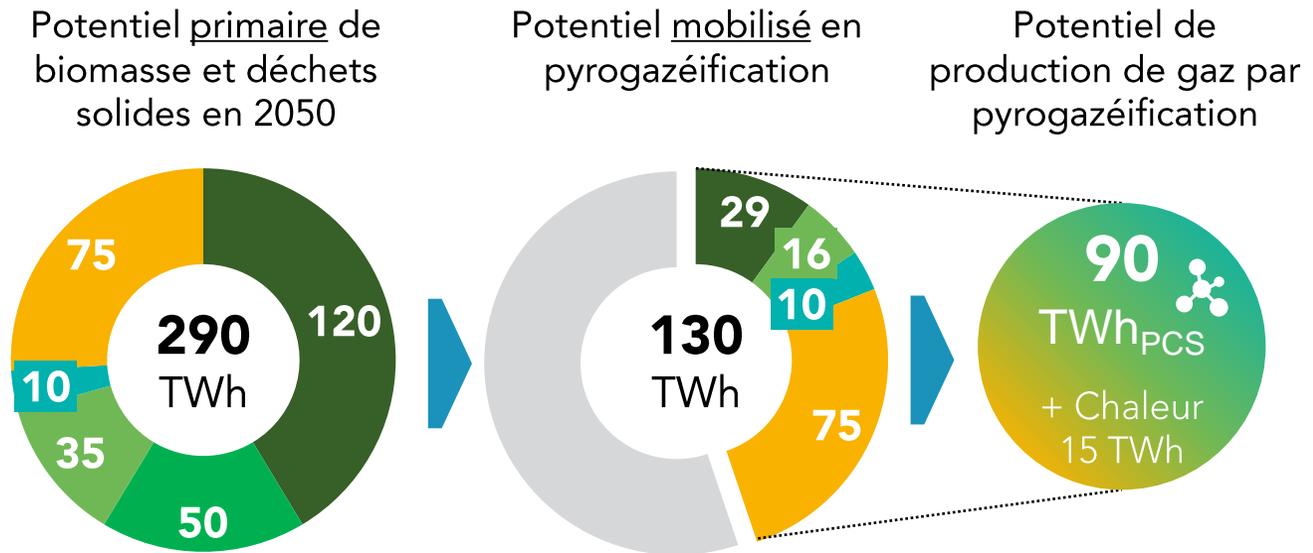
Le **bois hors forêt**: biomasse issue de l'agroforesterie (haies, vergers)



Les **déchets bois**: déchets de bois issus de la fin de vie des produits de bois d'œuvre (ameublement) ou d'industrie (palettes, panneaux, etc.)



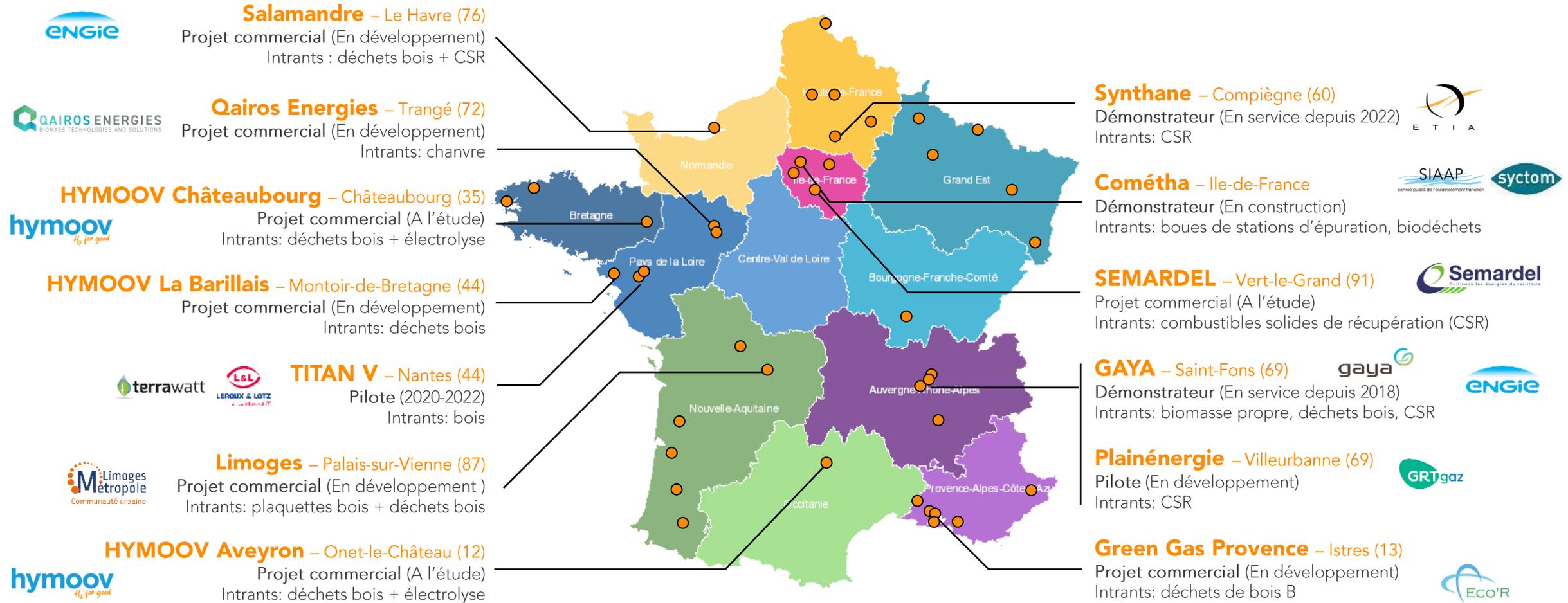
Les **combustibles solides de récupération** dits **CSR** : mélange préparé de déchets non-dangereux issus de refus de tri, d'encombrants (bois, plastiques, mousse, des textiles, etc.), hors usages prioritaires en cimenteries. Le développement des installations et du tri des déchets amène à des quantités à la hausse de refus de tri, qui doivent être valorisés énergétiquement pour ne pas être enfouis.



Source : Scénario filière gaz à partir de l'étude ADEME Transition(s) 2050

1 TWh = 85 000 logements  
ou 4 500 camions/bus

# La filière pyrogazéification est prête à se lancer en France, avec près de 50 projets recensés en 2022 pour un potentiel de 4 TWh/an



Source : cartographie Open Data Réseaux-Energies (ODRÉ) – [lien](#) ; AMI Pyrogazéification en injection du CSF NSE (2022)



## Un cadre réglementaire et économique encore incomplet

... mais cela progresse !

# La réglementation a déjà évolué pour faciliter l'accès au réseau des projets innovants de production de gaz verts

2019

## Novembre 2019 – Loi Energie climat

- Droit d'accès aux réseaux de gaz pour tous les producteurs de gaz renouvelables et de récupération, sous conditions
- Contrat d'expérimentation pour projets biogaz innovants

2021

## Mars 2021 – Bac à sable n°1

Dérogations pour 7 projets méthane de synthèse, dont 2 en pyrogazéification  
Etude détaillée (réservation capacité) et analyse de sensibilité à l'H2 résiduel (réseau, usages)

## Septembre 2021 – Evolution définition biométhane (Décret 2021-1273 )

- **biogaz** : combustible ou carburant issus de la biomasse
- **biométhane** : biogaz épuré apte à l'injection dans les réseaux (= neutralité technologique)

**Octobre 2021 – Décret contrats d'expérimentation** (Décret 2021-1280) précisant les conditions de mise en place de ce dispositif de soutien par appels à projets

2022

## Juin 2022 – Bac à sable n°2

- Dérogations pour 7 projets méthane de synthèse, dont 1 en pyrogazéification
- Généralisation officielle de l'accès au réseau à tous les projets biométhane

2023

## Mars 2023 – Loi d'accélération de la production d'énergies renouvelable

- Extension des dispositifs d'accès au réseau et de soutien au gaz bas-carbone... ne manque plus que leur mise en place



## Le bac à sable en bref

- Dispositif réglementaire dérogatoire introduit par la loi Energie Climat 2019 (Art. L111-97 du Code de l'énergie)
- Autorise des dérogations aux conditions d'utilisation et d'accès aux réseaux de gaz pour faciliter la réalisation de projets innovants
- Prend la forme de guichets + délibérations sous pilotage CRE

# Résumé du cadre réglementaire et économique pour injecter les gaz renouvelables et bas carbone

Filières de production		Méthanisation	Gazéification hydrothermale	Pyrogazéification		Méthanation		
Catégorisation des intrants		Déchets organiques fermentescibles (résidus agricoles, biodéchets, déchets IAA, boues...)	Déchets organiques humides (boues, digestats non-épanchables, effluents agricoles...)	Résidus ligneux (agricoles et sylvicoles)	Déchets carbonés mixtes: déchets de bois (A ou B), plastiques, combustibles solides de récupération (CSR) Fraction biodégradable (bois A et B)	Déchets organiques secs Fraction non-biodégradable	H <sub>2</sub> Renouvelable / bas-carbone / carboné + CO <sub>2</sub> Biogénique / fossile	
		Biomasse			Non-biogéniques			
<b>Définition gaz produit</b> 	Biométhane <sup>1</sup>	✓	✓	✓	✓	Non applicable		
	Gaz renouvelable <sup>2</sup>	✓	✓	✓	✓	Non applicable	✓ si H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> renouvelables	
	Gaz bas-carbone <sup>3</sup>	✓ si émissions GES ≤ X gCO <sub>2</sub> e/kWh (arrêté à venir pour définir le seuil)						
	Gaz de récupération <sup>4</sup>	Non applicable			✓	Non applicable	Non applicable	
<b>Accès réseau</b> 	Registre des capacités (étude détaillée, contrats)	✓	✓	✓	✓	✓	✓ si gaz renouvelable ou bas-carbone	
	Réfaction et droit injection	✓	✓	✓	✓	✓ si gaz bas-carbone	✓ si gaz renouvelable ou bas-carbone	
<b>Dispositifs de soutien</b> 	Tarif d'achat biométhane	✓			X Non éligible			
	AO biométhane >25GWh <sup>5</sup>	✓			X Non éligible			
	Certif. prod. biogaz (CPB) <sup>6</sup>	✓	Envisagé à moyen terme après REX de la 1 <sup>ère</sup> vague de contrats d'expérimentation			X Non éligible		
	Contrat de gré-à-gré (GPA)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Contrat d'expérimentation <sup>7</sup>	X Non éligible (non innovant)	✓	✓	✓	✓	✓ si gaz bas-carbone <sup>8</sup>	✓ si gaz renouvelable ou bas-carbone <sup>8</sup>

<sup>1</sup> Définition biogaz et biométhane (Art. R446-1 du Code de l'énergie)

<sup>2</sup> Définition énergie renouvelable (Art. L211-2 du Code de l'énergie)

<sup>3</sup> Définition gaz bas-carbone (Art. L447-1 de la loi d'accélération de la production d'EnR)

<sup>4</sup> Définition gaz de récupération (Art. R712-1 du Code de l'énergie)

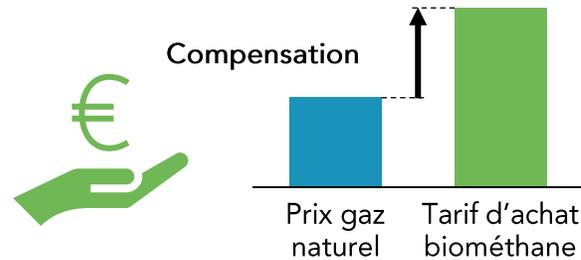
<sup>5</sup> Eligibilité contrat d'achats suite à appel d'offres (Art. R446-12-2 du Code de l'énergie)

<sup>6</sup> Eligibilité Certificat de production de biogaz (Art. R446-105 du Décret n° 2022-640 du 25 avril 2022)

<sup>7</sup> Contrat d'expérimentation biogaz (Art. L446-24 à L446-26-1 du Code de l'énergie)

<sup>8</sup> Contrat d'expé. gaz renouvelable et bas-carbone (Art. L447-4 de la loi accélération de la production d'EnR)

# La filière pyrogazéification en vue d'injecter attend le lancement d'un mécanisme de rémunération pour sécuriser les 1<sup>ers</sup> projets



## Tarif d'achat

- Prix fixe garanti sur 15 via un contrat d'achat
- Niveau de prix varie selon la typologie du projet (intrants, taille de site)
- Pour filières innovantes, sélection par appel à projets

Option de court-terme adaptée à lancer une filière renouvelable

## Appel d'offres

- Prix garanti via un contrat d'achat
- Sélection de projet sur une logique du "moins-disant", donc plutôt adapté pour les gros projets

Moyen terme après retours d'expérience des 1<sup>ers</sup> projets

## Contrat de vente directe (gré-à-gré)

- Contrat bilatéral entre producteur/acheteur (ex: industriel souhaitant sécuriser approvisionnement et/ou répondre à contrainte ETS)
- Coût facteur de risque ++ pour filière émergente

Achat direct mais peu adapté pour une filière émergente

## Certificat de production de biogaz (CPB)

- Obligation d'incorporation de gaz renouvelable pour les fournisseurs d'énergie
- Certificat via financement de projets ou marché de certificats
- Pénalité applicable

Soutien privé induit par une obligation réglementaire, adapté pour filière mature

← Soutien public →

← Soutien non-budgétaire →

# 04



Quelles opportunités en région  
Centre Val-de-Loire ?

# Une organisation GRDF mise en place pour la méthanisation ... prête à accompagner le développement des autres filières gaz verts

## 1 Direction gaz verts nationale en animation des régions et en pilotage de sujets innovation et R&D, en lien avec la Direction Stratégie

- Briques technologiques,
- Intérêts environnementaux des filières, ACV
- Performance des unités de production, efficacité énergétique
- Valorisation des co-produits (vecteurs énergétiques, CO2 , ...)

## 1 Délégation Développement Gaz Verts sur la région Centre-Ouest GRDF

- 3 personnes dédiées animation filière / partenaires externes
- 1 Agence Conseil Biométhane (émergences) et 2 chargés de projet biométhane sur CVL (ADGV)
- 6 personnes dédiées à la relation producteurs maille Centre-Ouest
  - Agence Relation Producteurs en 2021
  - Cellule Technique Gaz Verts en 2022

## 1 Direction Réseau Centre-Ouest

- Etudes de raccordement des producteurs et d'adaptation du réseau
- Planification des investissements et travaux en lien avec les autres opérateurs de réseaux (maillages, rebours)
- Exploitation des postes biométhane et détentes réseau
- Gestion des pressions en été pour prioriser l'injection & maximiser le stockage sur le réseau

# Rappel du chemin parcouru sur la première génération de biométhane

31

sites de méthanisation en injection effective

Capacité de production installée

482 GWh/an

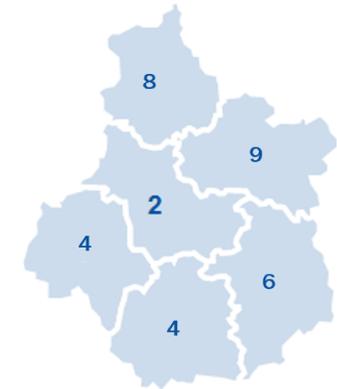
Vers 30% de la consommation régionale en 2030

Une intégration des gaz issus des autres filières de gaz verts

46 projets en EMERGENCE



33 projets en ETUDE DETAILLEE



14 unités en CONSTRUCTION



Chiffres communs aux opérateurs de réseaux GRDF et GRTgaz

# Une planification des investissements d'adaptation des réseaux

## Zonages de raccordement multi-acteurs

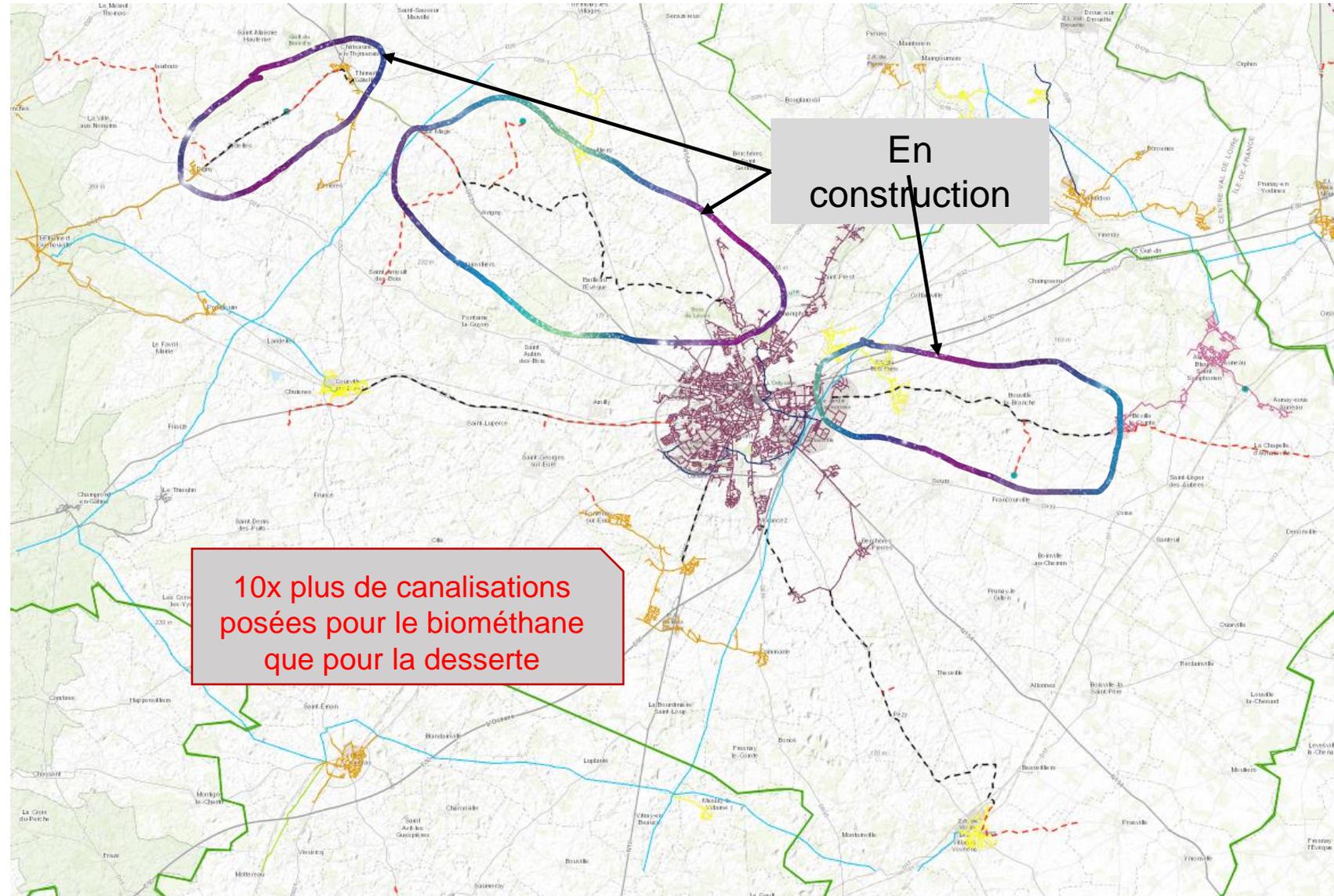
- Opérateurs de réseau
- Collectivités locales
- CRE (validation)

## Multi-projets

- dynamique de développement
- potentiels de chaque territoire
- Mutualisation d'infrastructures publiques

## Une activité soutenue de GRTgaz sur les « rebours »

- 6 en service d'ici à 2025
- 6 autres en émergence ou en cours d'analyse



# Projets de pyrogazéification en émergence

3 à 4 démarches qui se structurent autour de collectivités et/ou d'initiatives privées

- Études de gisement
- Analyses préliminaires ou études plus approfondies sur l'exutoire réseau (injection)
- Modèle économique basé sur la valorisation de tous les co-produits -> cohérence écosystèmes territoriaux
- Visites d'installations, prise de connaissance des différentes briques technologiques

Typologie de projets recherchés / problématiques traitées



## Des projets de nature territoriale

A partir de 15-20kt/an de déchets traités soit 6 MW<sub>th</sub> (~600 Nm<sup>3</sup>/h)



## Rendement énergétique global 70-80 %

(50-60% gaz + 15% sur la chaleur)

Valorisation possible de la chaleur coproduite



## 5x fois moins de gaz à effet de serre

par rapport au gaz naturel  
(Étude ACV GAYA 2021, intrants bois)



## Qualité de l'air préservée

Peu ou pas d'émission de polluants atmosphériques ni de particules fines



Respect des critères de durabilité REDII sur les bioénergies

- Pas encore de démarche structurée au niveau régional -> attente REX des 1<sup>ers</sup> projets issu du bac à sable CRE et d'un modèle de rémunération

# MERCI

... et retrouvez toute l'actualité innovation R&D GRDF sur

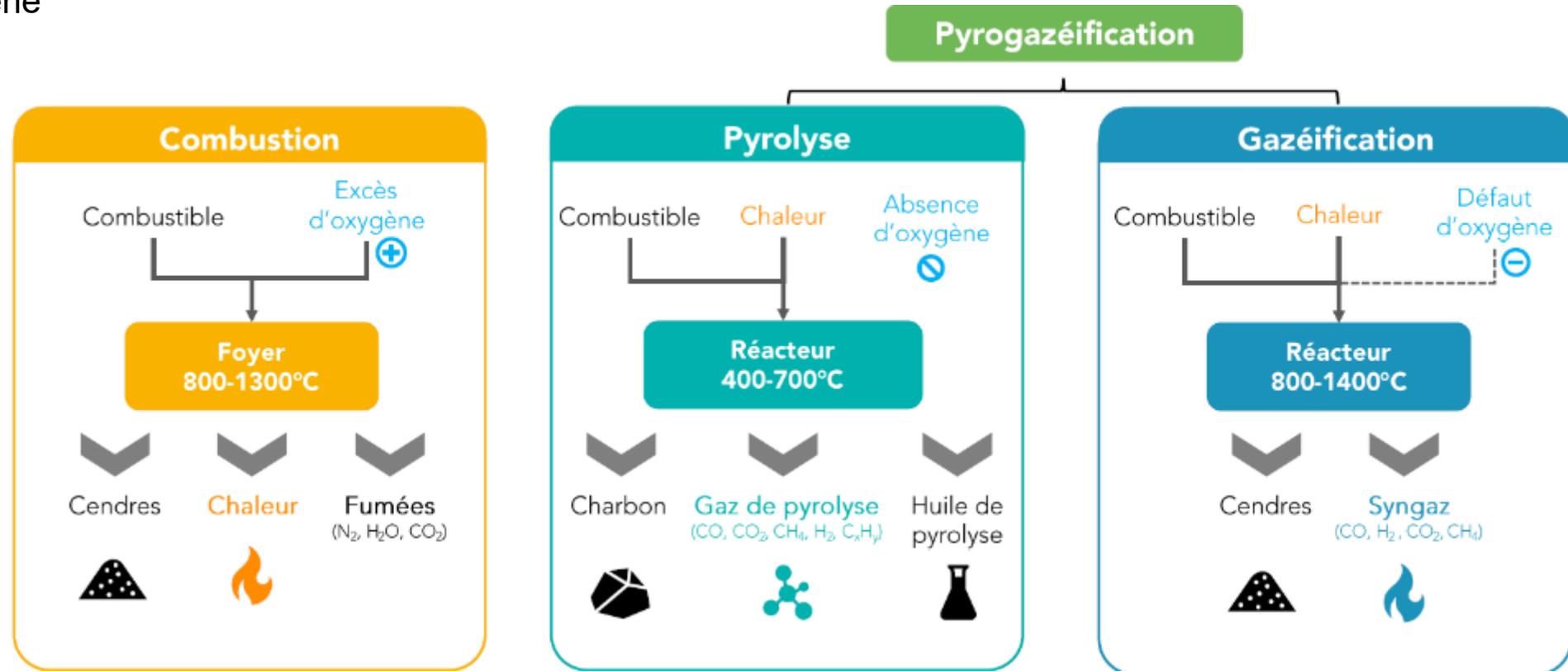
<https://innovation.grdf.fr>



## Annexes

# Pyrogazéification vs. Combustion des déchets solides ?

Une voie de traitement par procédé thermochimique, différenciée selon la température de process et la présence ou non d'oxygène



Le choix du procédé dépend du modèle économique de valorisation des co-produits

# Au-delà du climat (CO<sub>2</sub>), d'autres impacts doivent être pris en compte via des analyses en cycle de vie multicritères (ACV)

