



Moyens Technologiques



Pierre-Yves HUREAU
Responsable des
nouveaux Gaz verts
Nord-Ouest
GRDF

Vincent ROUSSEAU
Délégué Territorial
Grand Est
GRTgaz



PRÉVENIR
LES RISQUES
INDUSTRIELS



PRÉVENIR
LES POLLUTIONS
ET LES NUISANCES



ACCOMPAGNER
LES TERRITOIRES



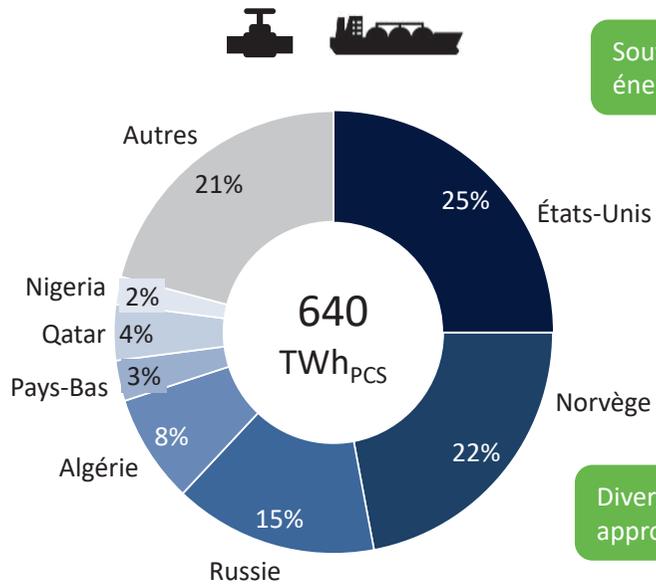
FAVORISER
LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Rôle stratégique de développement des gaz verts

L'essor des gaz verts permet à la fois à la France de répondre aux enjeux de réduction des importations de gaz naturel et de verdissement de son mix énergétique

Origine des importations françaises de gaz naturel en 2022

(= volumes consommés, stockés ou exportés)



Souveraineté énergétique

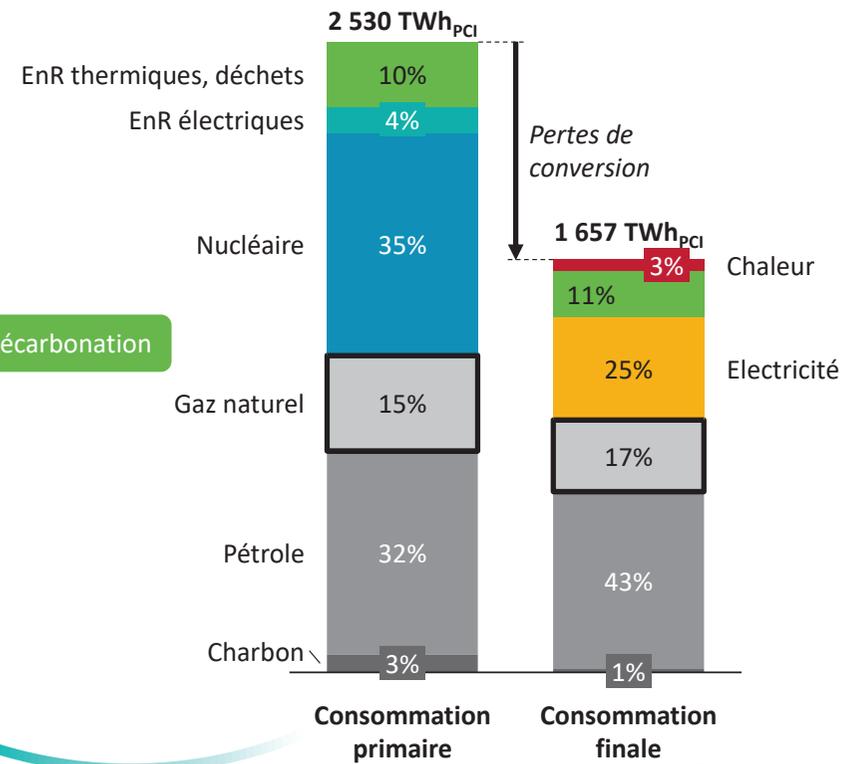
Diversification des approvisionnements

Gaz verts

Décarbonation

Bilan énergétique en France en 2022

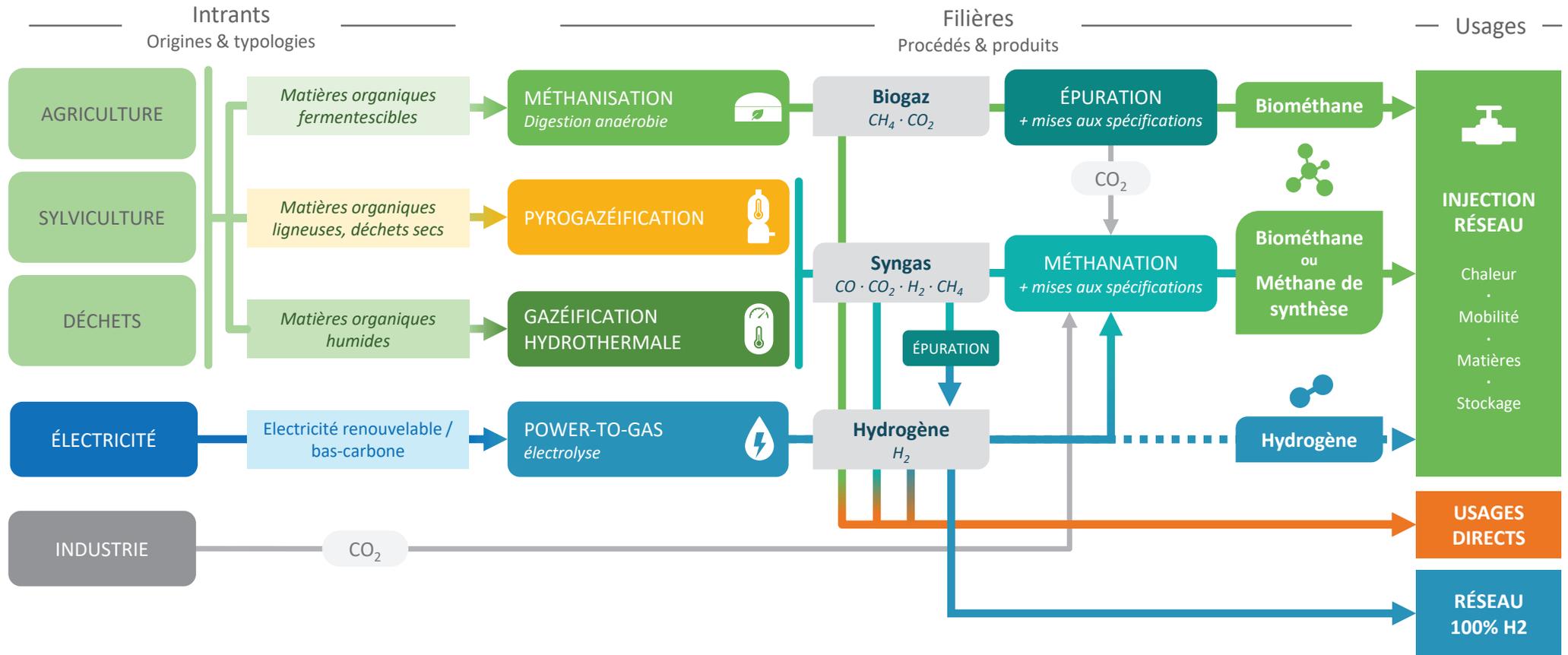
(données réelles non-corrigées des variations climatiques)



Source: INSEE, SDES, Bilan énergétique de la France

Rôle stratégique de développement des gaz verts

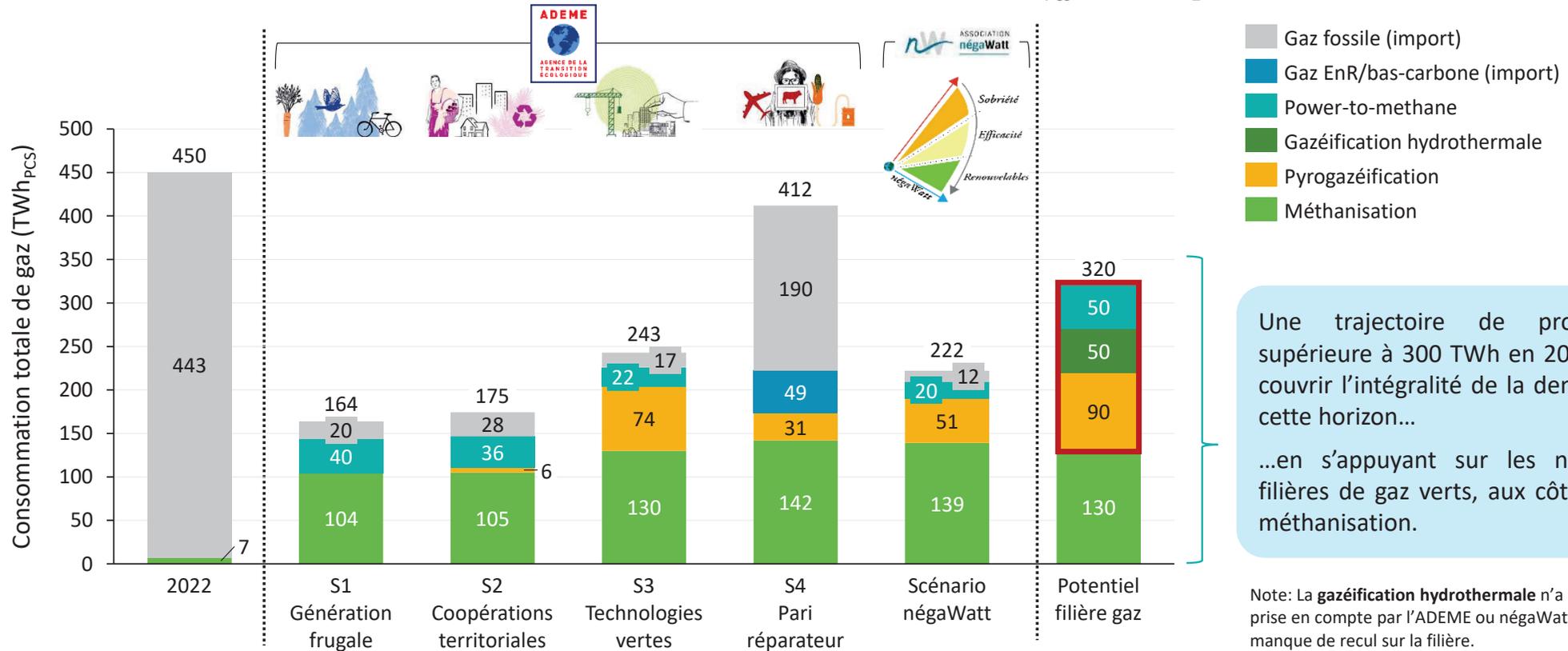
Des filières complémentaires pour la production de gaz verts, sans concurrence sur l'usage des intrants



Potentiels de développement des nouvelles filières de gaz verts

GRDF pousse un scénario de décarbonation du gaz qui s'appuie largement sur le méthane de synthèse, en complément de la méthanisation, en cohérence avec les visions prospectives de l'ADEME et de négaWatt

SCÉNARIOS DU MIX GAZIER EN FRANCE À HORIZON 2050 [TWh_{PCS}] – HORS H₂



Une trajectoire de production supérieure à 300 TWh en 2050 pour couvrir l'intégralité de la demande à cette horizon...
 ...en s'appuyant sur les nouvelles filières de gaz verts, aux côtés de la méthanisation.

Note: La gazéification hydrothermale n'a pas été prise en compte par l'ADEME ou négaWatt, par manque de recul sur la filière.

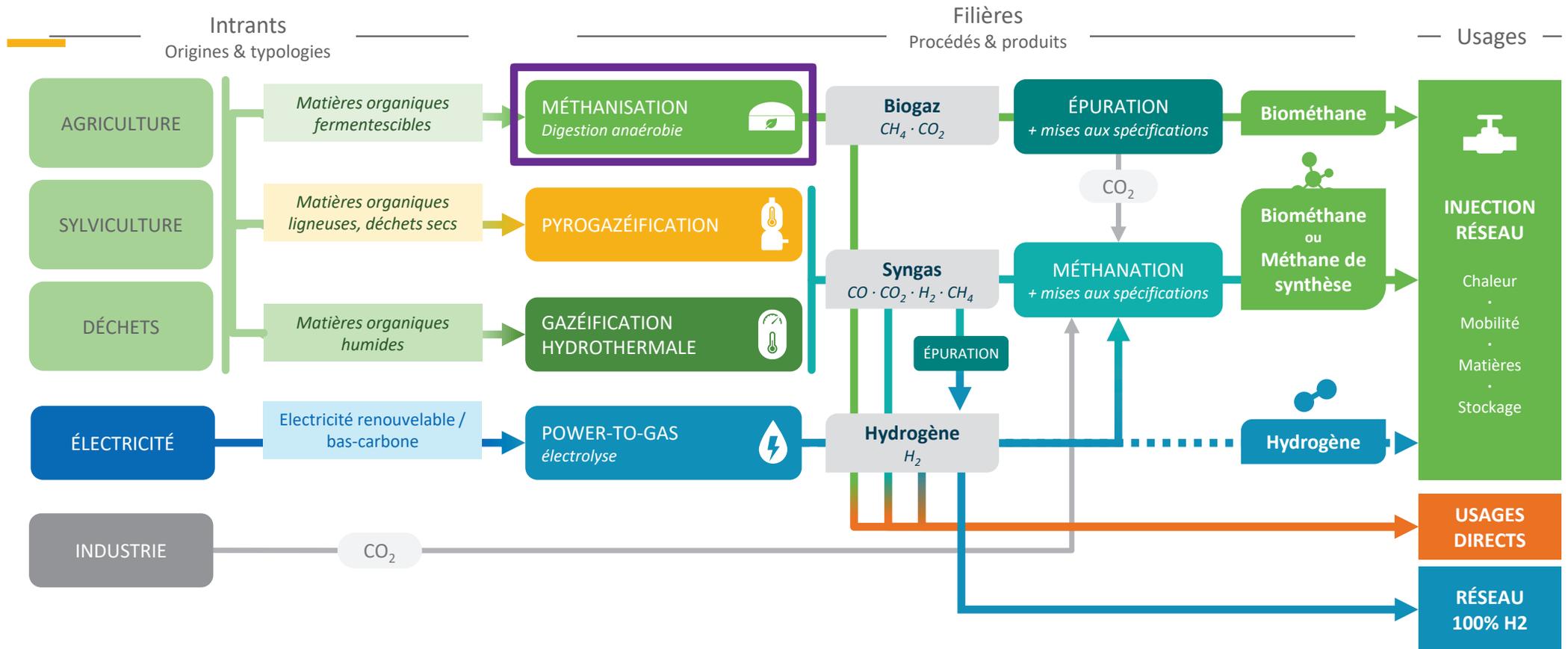
Source: SDES, ADEME, négaWatt



Vert...
l'Avenir

Gaz Renouvelables : Moyens technologiques & économiques

La Méthanisation pour injection dans les réseaux de gaz



Gaz Renouvelables : Moyens technologiques & économiques

La Méthanisation pour injection dans les réseaux de gaz

La méthanisation : késako

La méthanisation est la transformation de la matière organique en biogaz (méthane et gaz carbonique) et digestat par une communauté microbienne fonctionnant dans un milieu anaérobie

Processus naturel mis en évidence par Volta en 1776, avec les gaz de marais

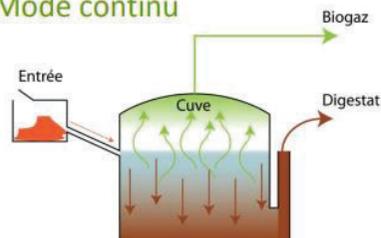
2 types de méthanisation:

« voie humide » : 8 à 15% MS (Milieu liquide, mélangé)

« Voie solide/sèche » : 15 à 50% MS (Milieu solide)

2 modes : continu ou discontinu

Mode continu



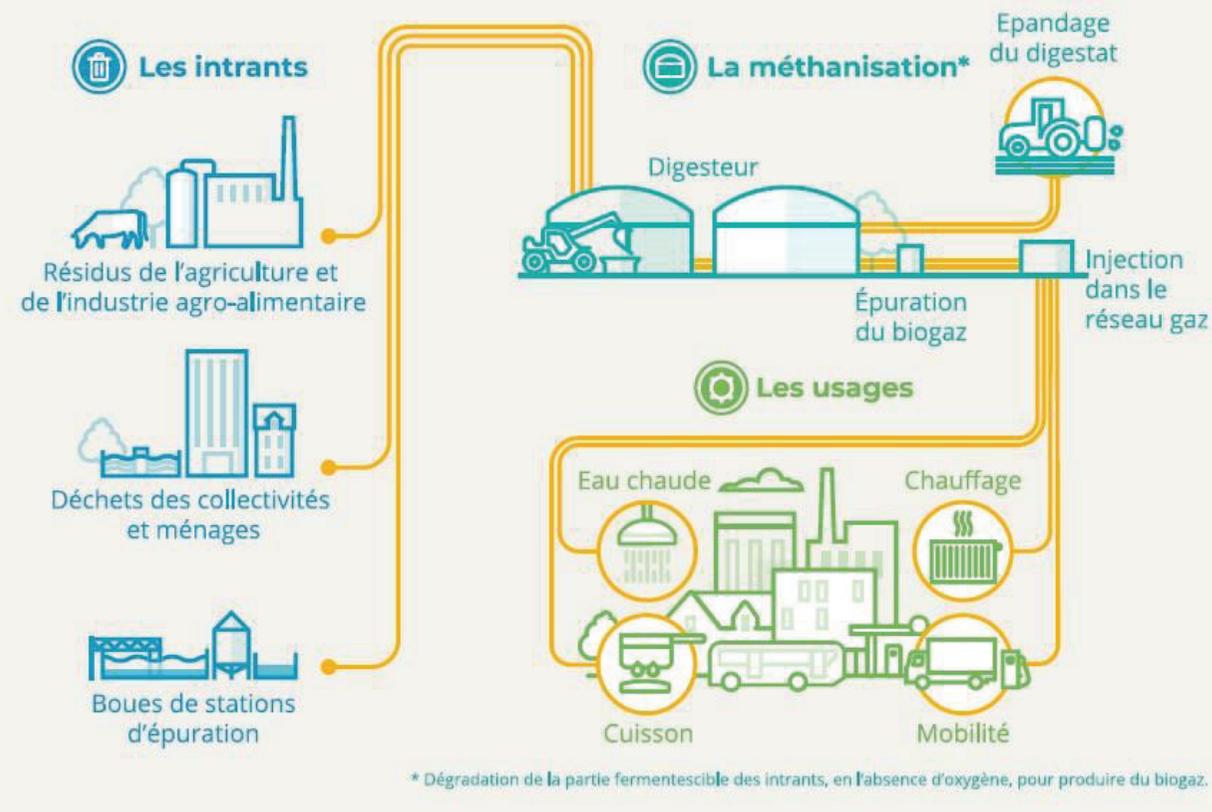
29



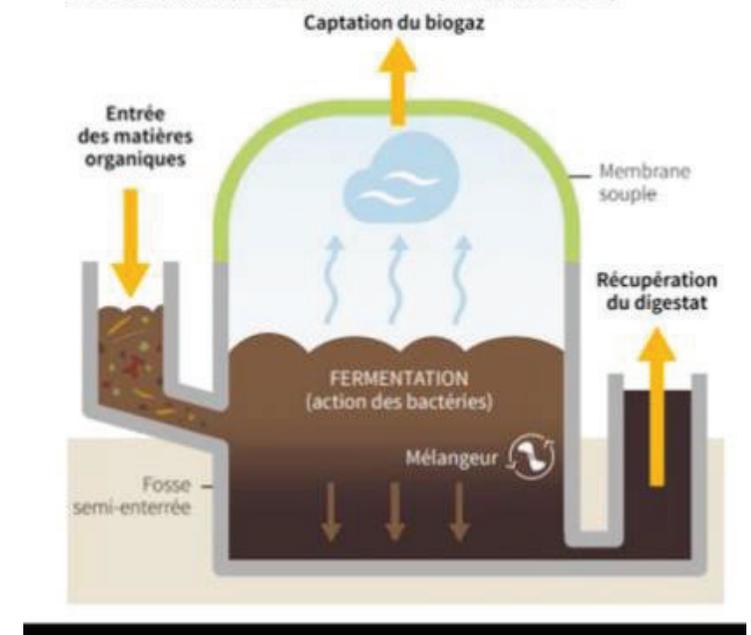
Le fonctionnement de la méthanisation

De la méthanisation à l'injection : les étapes clés

Source : GRDF



LE FONCTIONNEMENT D'UN MÉTHANISEUR (en anaérobie à 38 °C)



Le dynamisme de la méthanisation

Registre complet

26 601
GWh/an

Capacité totale réservée inscrite
au registre au
T4 2023

776,6
GWh/an

Capacité totale réservée (autre
que méthanisation) au
T4 2023

1 232

Projets de méthanisation au
T4 2023

11

Projets hors méthanisation au
T4 2023

En service

12 258
GWh/an

Capacité totale en service et
injectant au
T4 2023

File attente

14 343
GWh/an

Capacité totale en attente de
raccordement au
T4 2023

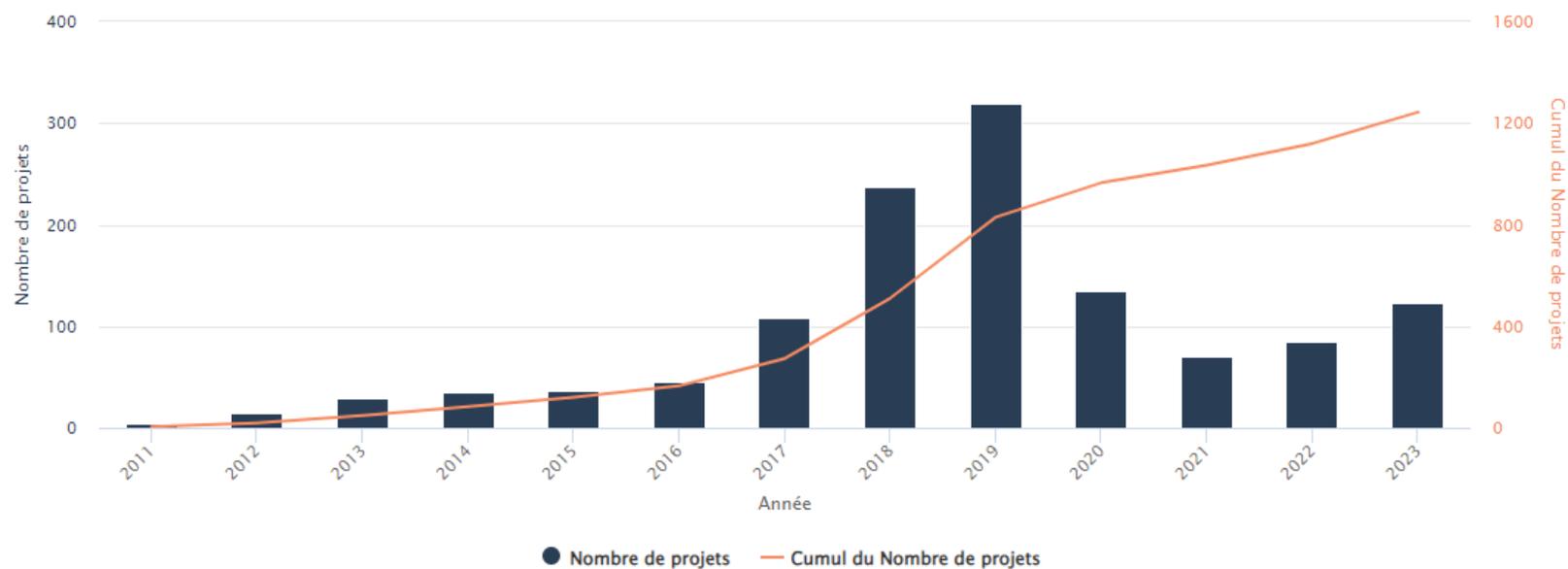
678

Sites raccordés du biométhane au
T4 2023

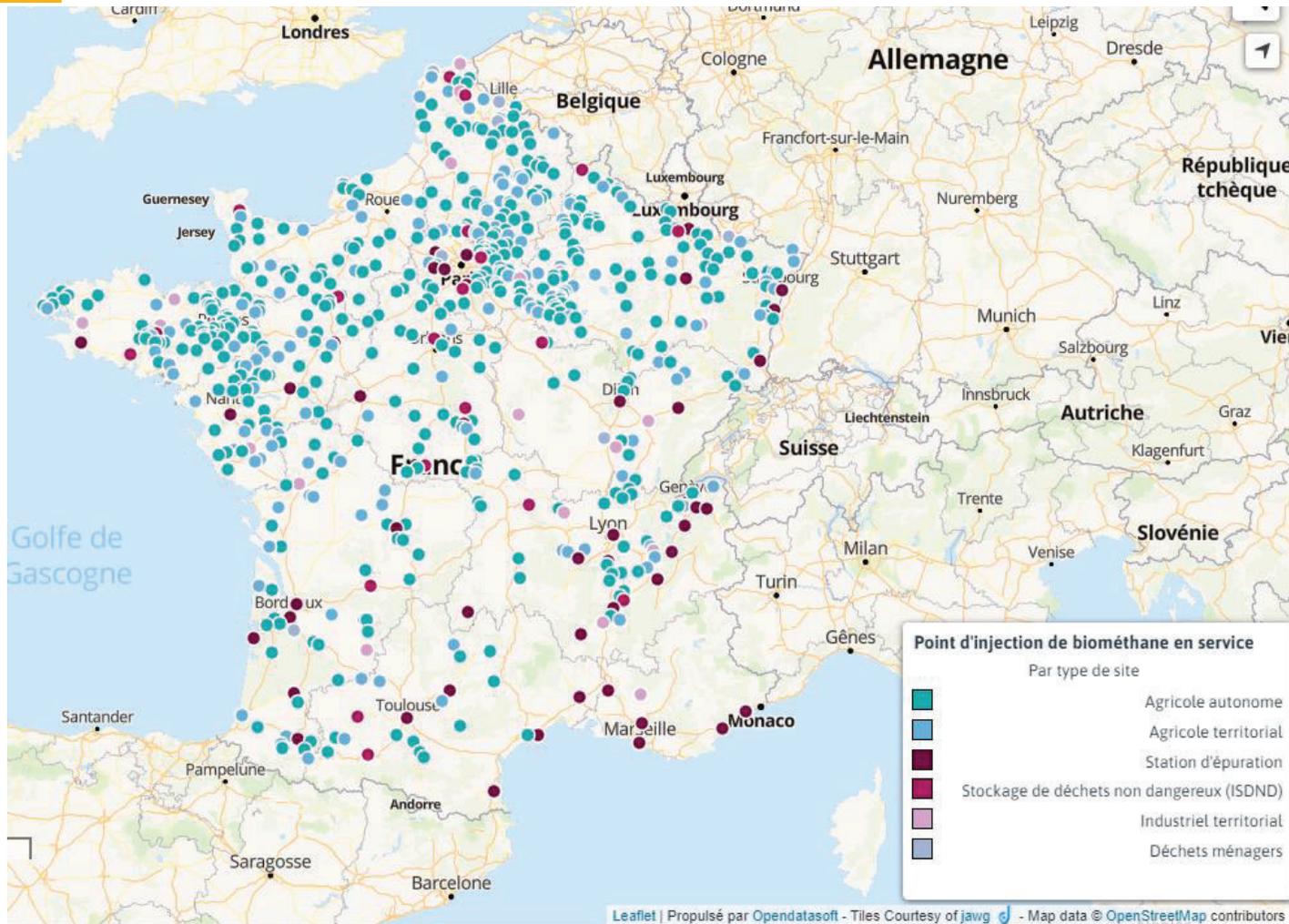
868

Projets inscrits au
T4 2023

Nombre de projets par date d'entrée au registre (hors abandon)



La méthanisation en injection aujourd'hui



En France

678

Sites injectant du biométhane au
16/05/2024

12 258 GWh/an

Capacités totales installées au
16/05/2024

En moyenne, une tranche nucléaire
peut produire 8 à 10 Twh/an

En Haut De France

94

Sites injectant du biométhane au
16/05/2024

2 102 GWh/an

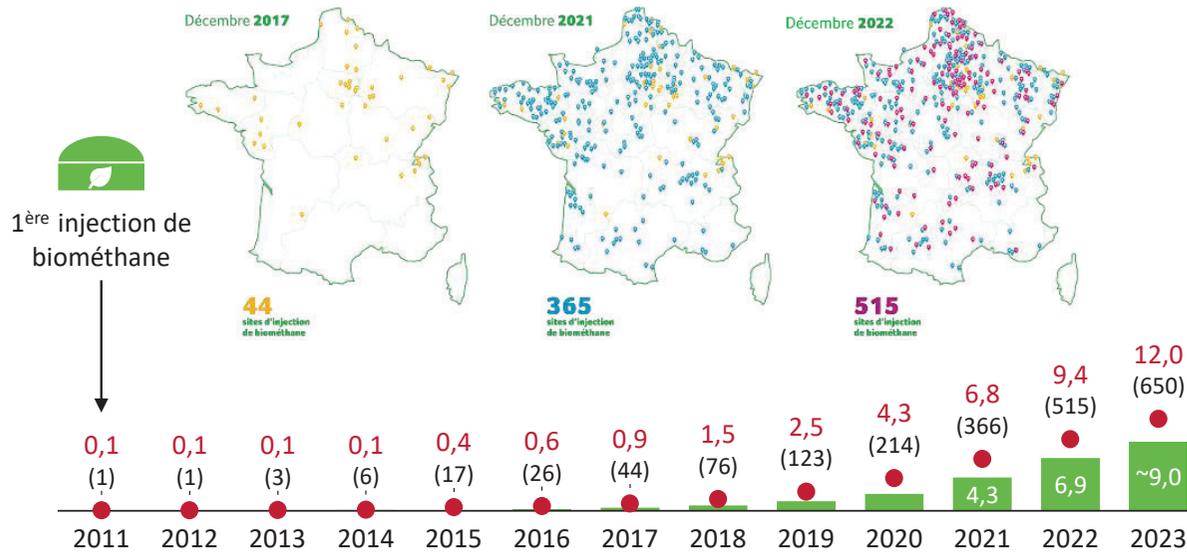
Capacités totales installées au
16/05/2024

Potentiels de développement des nouvelles filières de gaz verts

Les objectifs nationaux en discussion dans le cadre de la Stratégie Française Energie Climat (SFEC) ciblent uniquement la méthanisation, les nouvelles filières pourraient compléter le potentiel de production à ces horizons

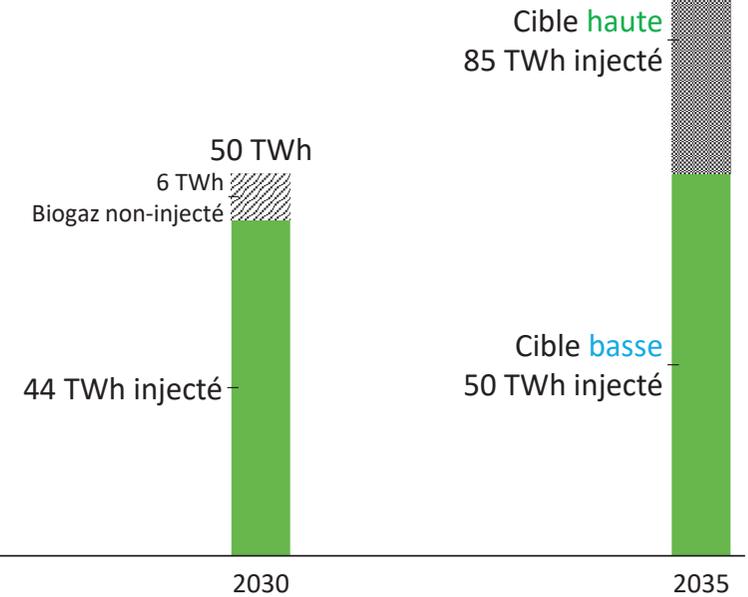
Production annuelle de biométhane par méthanisation en France et objectifs à horizon 2030-2035 (TWh PCS/an)
 Novembre 2023

● Capacité installée de production de biométhane (# projets)
 ■ Quantité de biométhane injecté



Objectifs
 Stratégie Française
 Energie Climat

MINISTÈRE
 DE LA TRANSITION
 ÉNERGÉTIQUE
 Liberté
 Égalité
 Fraternité



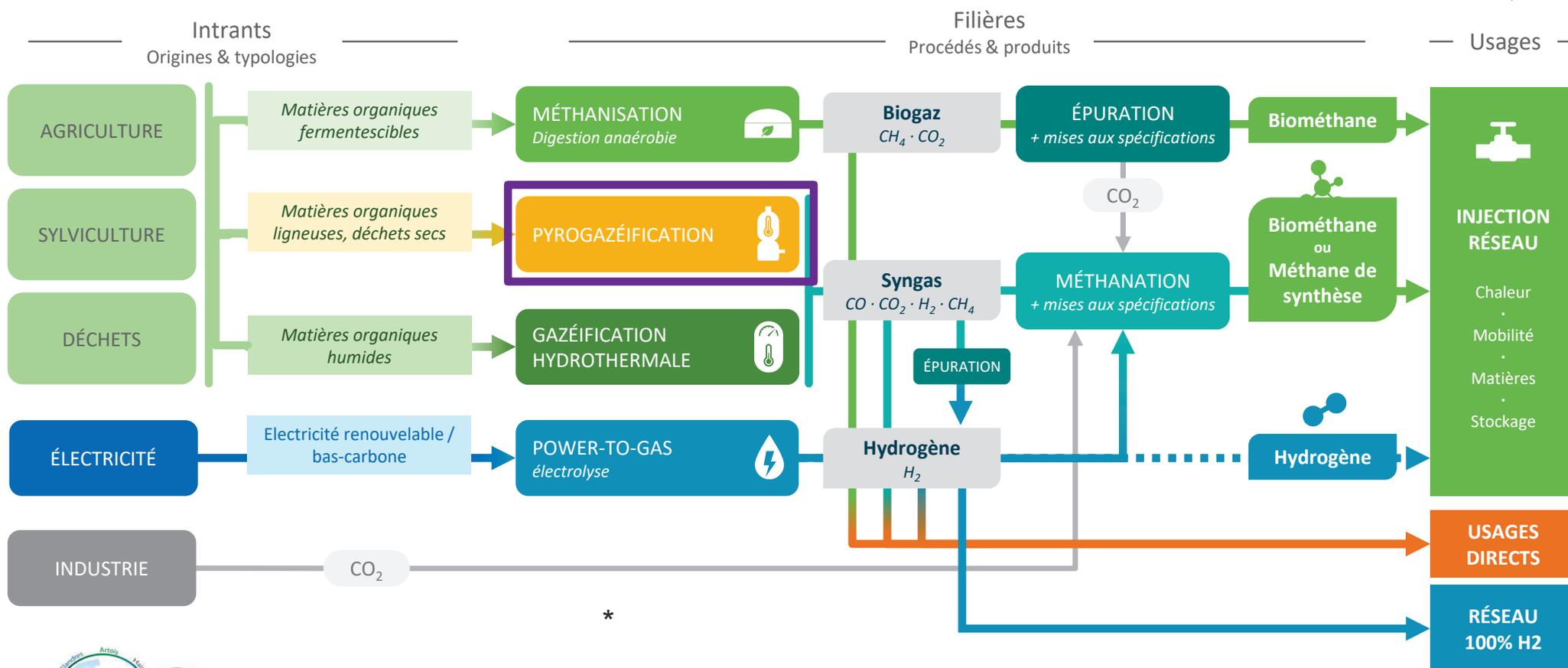


Gaz Renouvelables : Moyens technologiques & économiques

La Pyrogazéification pour injection dans les réseaux de gaz

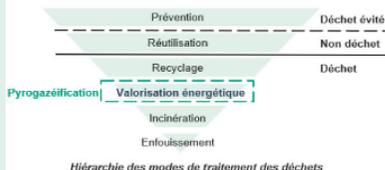
Gaz renouvelable et bas carbone : 4 filières complémentaires

La France dispose d'un potentiel de déchets suffisants pour décarboner le mix gazier d'ici 2050



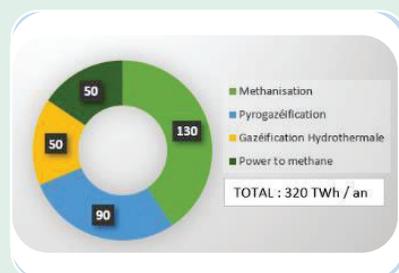
*Analyse GRTgaz / GRDF / FGR / ATEE / GT Gazéification Hydrothermale basée sur les études disponibles (Ademe, Solagro, France Stratégie, Enea).

La pyrogazéification pour injection, une solution gaz renouvelable et bas carbone qui apporte une réponse aux enjeux des territoires et des industriels



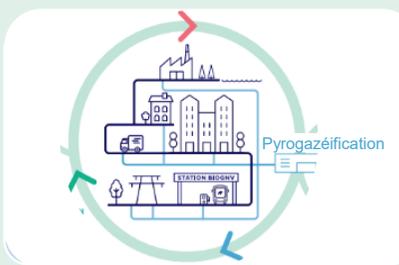
En France, une réponse aux objectifs de valorisation des déchets

- Aujourd'hui les déchets non recyclés sont incinérés, enfouis ou exportés
 - **Réduction de 50% des déchets enfouis** entre 2010 et 2025 ¹
 - Objectifs d'assurer la **valorisation énergétique d'au moins 70 %** des déchets ne pouvant faire l'objet d'une valorisation matière d'ici 2025²
- Le secteur du traitement des déchets recherche de **nouvelles voies de valorisation**, en plus du recyclage



Un pilier de la décarbonation du mix énergétique en France

- La France a fixé des objectifs ambitieux pour la transition énergétique, en ligne avec les objectifs de l'UE
 - **10% : part de gaz renouvelable** dans la consommation totale de gaz en **2030** fixée par la LTECV (août 2015)
 - **100% : L'objectif de neutralité carbone inscrit dans la loi Energie-Climat à 2050** (novembre 2019)
- La SNBC (Stratégie Nationale Bas-Carbone) vise pour le secteur industriel un objectif de décarbonation de **- 35% CO₂ à l'horizon 2030** et de **- 81% à l'horizon 2050** (par rapport à l'année de référence 2015)



Une alternative de la production locale d'énergie, tout en stimulant une économie circulaire

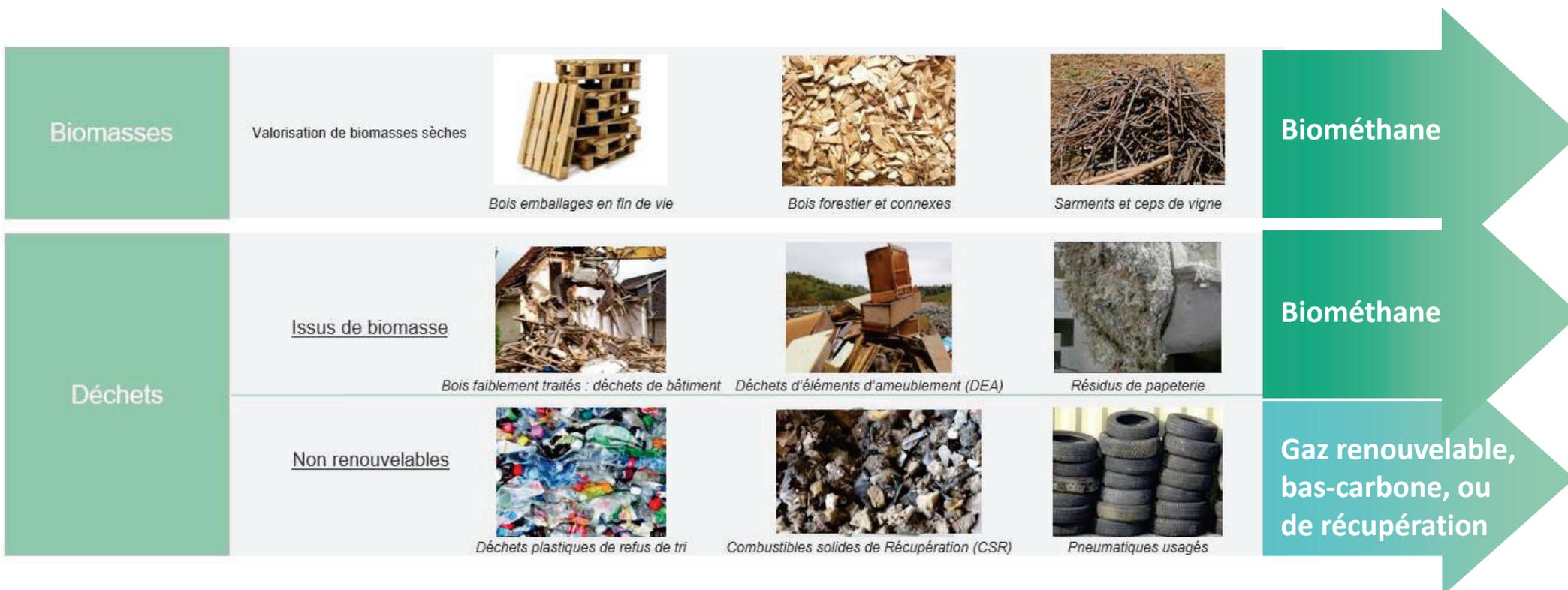
- Traitement local des déchets pour production d'énergie décarbonée
- Décarbonation des usages gaz sans modification des installations existantes

¹ (Loi de Transition Énergétique pour la croissance verte, août 2015

² Loi AGECE, 2019

La Pyrogazéification : une solution de traitement des résidus solides peu ou mal valorisés

- La pyrogazéification s'adresse à des intrants non valorisés en matière s'inscrivant ainsi dans la hiérarchie de traitement des déchets



Tous les résidus carbonés solides sont adressables par pyrogazéification

La Pyrogazéification pour injection permet de valoriser des résidus solides en gaz injectable dans les réseaux

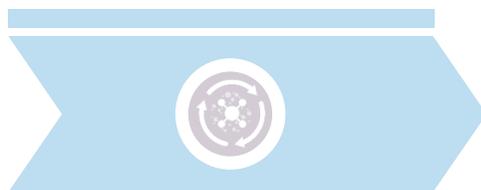
Des technologies matures (TRL 8-9) existent sur chaque brique de la chaîne

RÉSIDUS SOLIDES

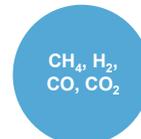


Renouvelables ou non renouvelables

PYROGAZÉIFICATION
T°C : 700 à 1 500 °C



SYNGAS



Co produits :
(Bio)char
(Bio)huiles

EPURATION ET MÉTHANATION (sans apport externe d'H2 ou de CO2)



Co produits :
Chaleur
(Bio)CO2

METHANE INJECTABLE



Injection dans les réseaux de gaz



Projet GoBiGas à Göteborg (Suède)



Projet à Güssing (Autriche)



Projet GAYA à Saint Fons (69, France) : ENGIE



Projet Swindon (Angleterre) : ABSL

L'enjeu technique est de trouver le meilleur assemblage de technologies pour optimiser la production de méthane

Des projets de pyrogazéification au cœur d'une économie circulaire des territoires

Les objectifs de l'AMI filière « Pyrogazéification pour injection » organisé en 2022 par le CSF NSE et piloté par GRTgaz



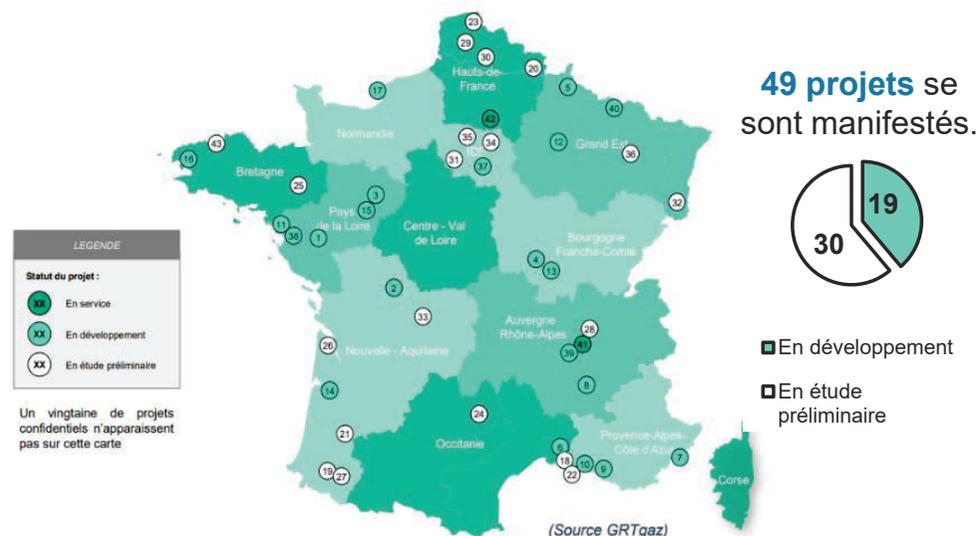
- Dresser un état des lieux de la filière / recenser les projets dans la perspective de la mise en place des contrats d'expérimentation.
- Accompagner les projets : structuration de leur dossier, conditions d'accès au réseau, qualité gaz.

La production de méthane de synthèse :

- Taille moyenne d'un projet : 10 MW_{CH4} - injection de méthane de 200 à 2000 m³/h → taille des territoires
- Capacité cumulée de production des projets recensés : 4,1 TWh_{PCS} /an permettant le chauffage de 360 000 foyers.

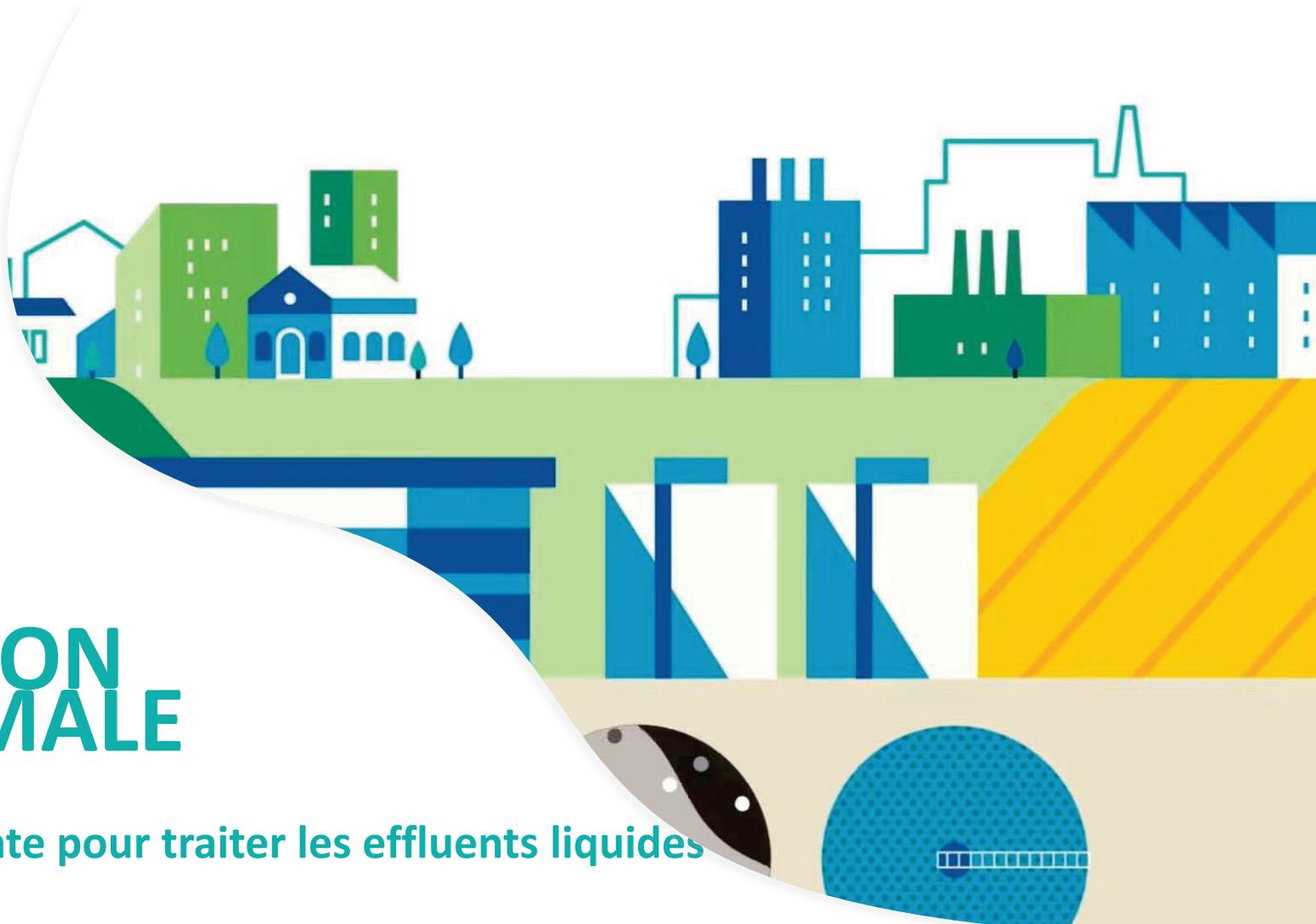
Une solution de traitement des déchets peu ou mal valorisés :

- Une capacité de résidus à traiter de ~10 à 70 kT/an par installation
- Jusqu'à 1,3 Mt de déchets résiduels traités par an



[Cartographie ODRé des projets sur internet via ce lien](#)

Des projets industriels identifiés dans tout le territoire, ils sont en attente d'un dispositif de soutien pour être lancés



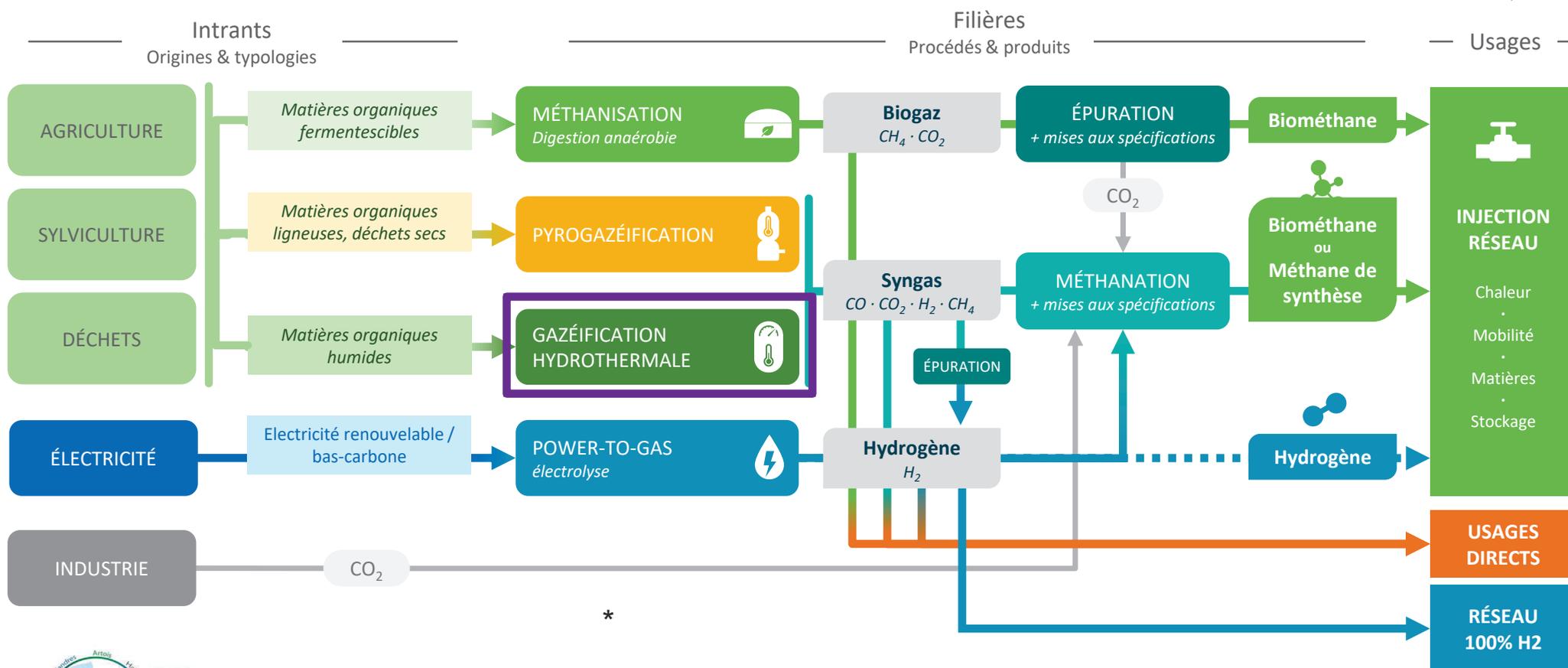
The illustration shows a city skyline with various buildings in shades of green and blue. To the right, an industrial plant with tall chimneys and pipes is depicted. Below the ground level, a cross-section of a wastewater treatment process is shown, including a blue pipe, aeration tanks with blue and white structures, and a yellow slanted section representing a settling tank. At the bottom, a circular blue structure with a grid pattern and a grey pipe are visible.

LA FILIÈRE GAZÉIFICATION HYDROTHERMALE

Une technologie émergente pour traiter les effluents liquides

Gaz renouvelable et bas carbone : 4 filières complémentaires

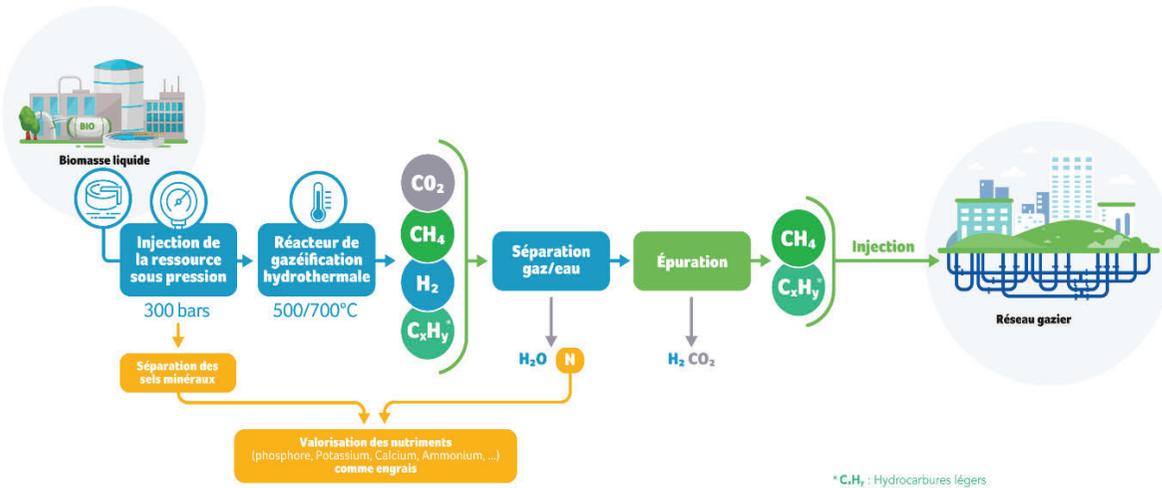
La France dispose d'un potentiel de déchets suffisants pour décarboner le mix gazier d'ici 2050



*Analyse GRTgaz / GRDF / FGR / ATEE / GT Gazéification Hydrothermale basée sur les études disponibles (Ademe, Solagro, France Stratégie, Enea).

Définition de la gazéification hydrothermale

La gazéification hydrothermale permet de valoriser des déchets liquides riches en matières organiques sous forme de gaz renouvelables (CH₄ ou H₂)



* C_xH_y : Hydrocarbures légers

Principe de fonctionnement

- Procédé de **conversion thermochimique** d'intrants organiques humides, en gaz
- Utilisation des propriétés de l'eau **supercritique**
- Deux technologies : **catalytique** ou **haute température**
- Obtention d'un gaz riche en **méthane** et en **dihydrogène**

Technologie	Haute température 600-700°C	Catalytique 400-500°C
CH ₄	20-40%	50-70%
C _x H _y	0-10%	-
H ₂	20-50%	0-10%
CO ₂	20-30%	20-35%

Efficacité & performances



Conversion rapide (<30 min) et continue



Conversion élevée du carbone (>90%)



Haut rendement énergétique global (>60%)



Réacteur compact et modulaire (~250m² pour 3t/h)

Impacts environnementaux réduits



Faible consommation d'eau



Élimination des microplastiques



Qualité de l'air préservée
Pas d'émissions de polluants atmosphériques



Élimination des bactéries, virus et pathogènes



Production de (bio)gaz injectable



Coûts évités VS enfouissement ou incinération de déchets

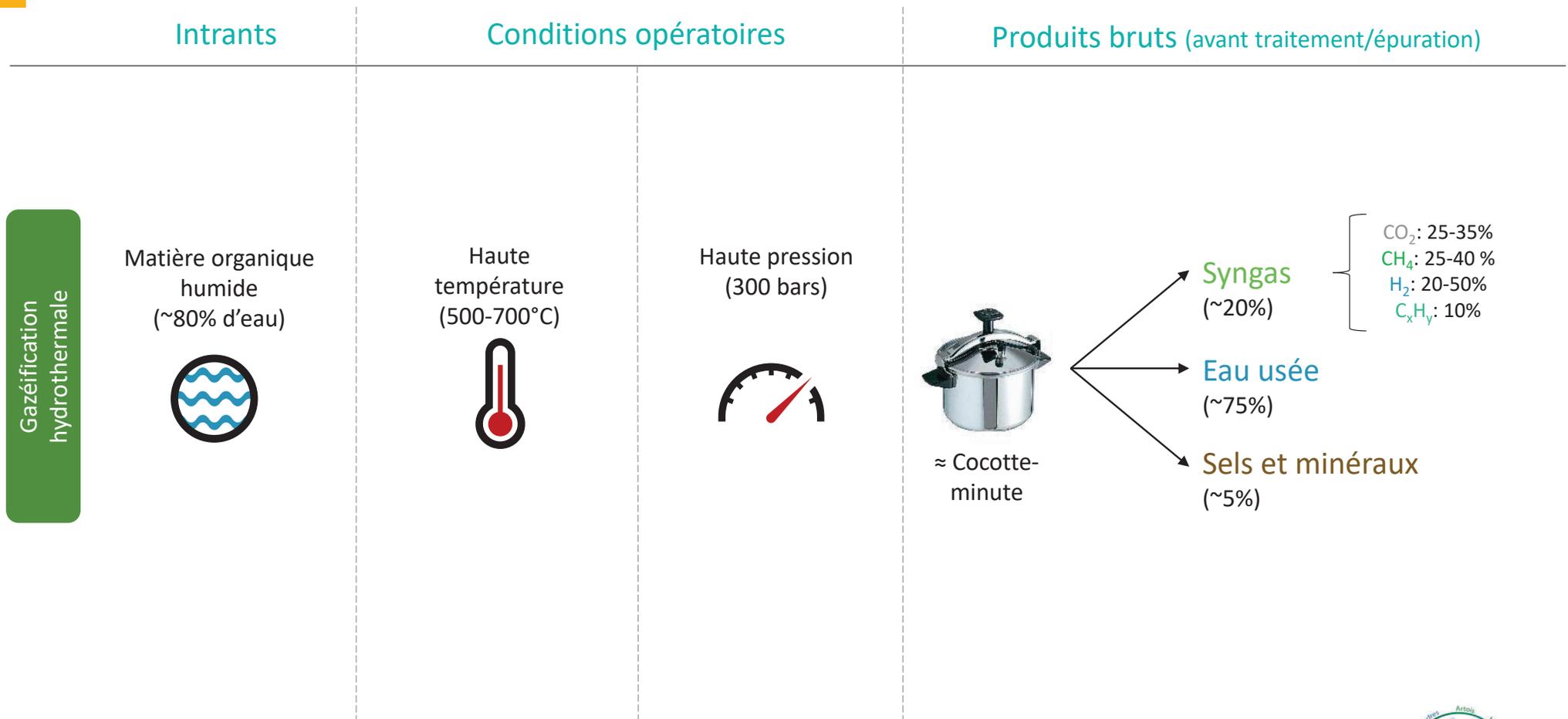


Récupération de sels minéraux valorisables



Source de (bio)CO₂ pur et valorisable

Fonctionnement simplifié de Gazéification hydrothermale



Gazéification hydrothermale

Matière organique humide (~80% d'eau)



Haute température (500-700°C)



Haute pression (300 bars)



≈ Cocotte-minute

Syngas (~20%)

CO₂: 25-35%
CH₄: 25-40 %
H₂: 20-50%
C_xH_y: 10%

Eau usée (~75%)

Sels et minéraux (~5%)

Les intrants de la gazéification hydrothermale

La gazéification hydrothermale valorise des déchets organiques humides difficilement ou mal valorisables par les filières existantes



Boues de station d'épuration



Digestats non-épanchables issus de méthaniseurs



Boues/grasses industrielles (chimie, pharmaceutique...)



Sédiments de dragage



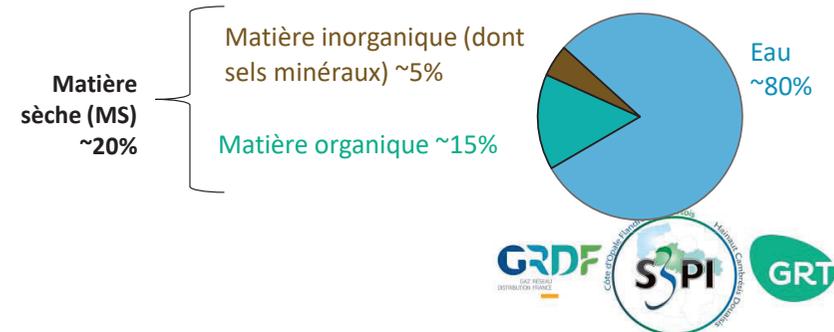
Liqueur noire (industrie papetière)



Résidus liquides de l'IAA

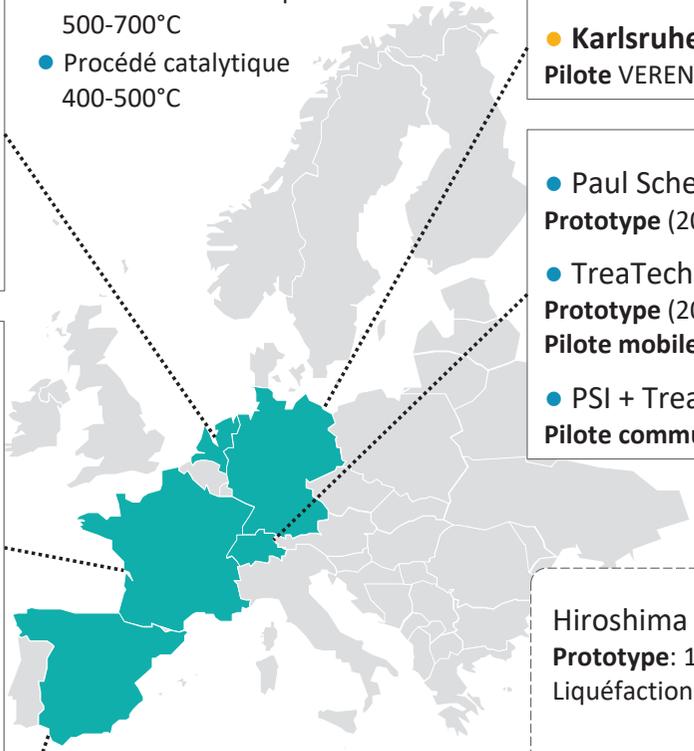
50 TWh_{PCS}
de potentiel de gaz vert
en 2050 avec une
mobilisation raisonnée
des gisements

- Taux de **Matières Sèches (MS)** ou siccité entre **15% et 25%** (doit être **pompable**)
- MS riche en **matière organique** (%carbone \geq 50%)
- Si biomasse, le gaz produit est considéré comme du **biométhane**
- Possibilité de traiter des déchets non biogéniques (ex : plastiques)



Panorama des acteurs de la gazéification hydrothermale – Europe

Les Pays-Bas sont en tête du développement de la filière, et peu d'acteurs sont présents en France pour le moment



Pays-Bas

- **SCW Systems**
Démonstrateur (Alkmaar, 2018) : 2t/h (2 MW_{th})
1^{ère} unité industrielle au monde (2024) : 16t/h (18MW_{th})
- **Bright Circular**
Pilote (2018) : 150 kg/h
- **ProBiomass**
Pilote SUPERSLUDGE (2018) : 150 kg/h

France

- **CEA**
Prototype (2015) : 10 kg/h
Réacteurs batch et continu (seul en France)
- **IMT Mines Albi-Carmaux**
Prototype (0,5L en batch)
- **Leroux & Lotz**
Pilote en développement : 10kg/h
Démonstrateur GHAMa (Saint-Nazaire, 2026) : 2t/h (2MW_{th})
- **VINCI Environnement**
Développeur en partenariat avec Genifuel

Espagne

- **Cade**
Pilotes (2018) : 40 kg/h / (2024) : 100kg/h

- Procédé haute température 500-700°C
- Procédé catalytique 400-500°C

Allemagne

- **Karlsruhe Institut of Technology (KIT)**
Pilote VERENA (2004) : 100 kg/h

Suisse

- **Paul Scherrer Institut (PSI)**
Prototype (2014) : 1 kg/h
- **TreaTech**
Prototype (2018) : 1 kg/h
Pilote mobile VISTA (2024) : 200kg/h
- **PSI + TreaTech**
Pilote commun (2020) : 110 kg/h

International (hors Europe)

- **Hiroshima University – Japon**
Prototype : 1,5 kg/h
Liquéfaction et gazéification hydrothermale
- **Genifuel – USA**
Prototype : 1,5 kg/h
Liquéfaction puis gazéification hydrothermale Chauffage solaire



La gazéification hydrothermale en France

LA GAZÉIFICATION HYDROTHERMALE EN FRANCE

Leroux & Lotz Technologies

- Coopération avec KIT
- 1 projet de démonstrateur (GHAMa) d'ici fin 2024 (en cours de développement)



VINCI Environnement

- Coopération avec Genifuel
- 1 projet pilote ou démonstrateur d'ici 2025 en France (Transfert de technologie)



CEA Liten

- 1 Prototype
- Développement d'un pilote d'ici 2025.



Figure 11 : Carte des développeurs actuels en Europe et dans le monde (situation à mi-2022) (Source Cerema & GRTgaz).

Accompagnement de projets :

SIAAP Paris



SARUS Paris



SMAAG Granville



SYDETIL 66 Perpignan



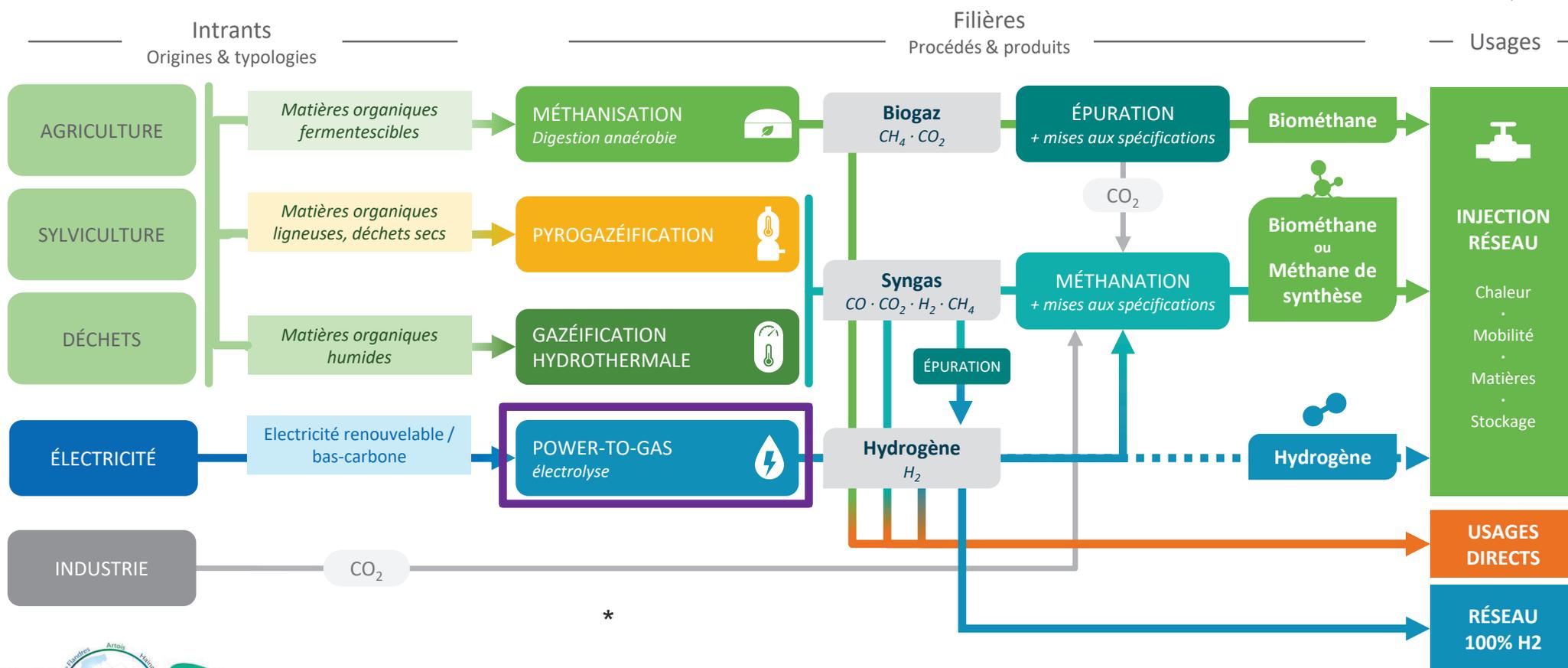
Gaz Renouvelables : Moyens technologiques & économiques

H2 / CO2



Gaz renouvelable et bas carbone : 4 filières complémentaires

La France dispose d'un potentiel de déchets suffisants pour décarboner le mix gazier d'ici 2050



*Analyse GRTgaz / GRDF / FGR / ATEE / GT Gazéification Hydrothermale basée sur les études disponibles (Ademe, Solagro, France Stratégie, Enea).

Un plan de développement d'un réseau de transport hydrogène européen qui s'appuie sur des écosystèmes territoriaux

- Nouvelle stratégie hydrogène française : **le développement de réseaux d'hydrogène inscrit comme une priorité**
 - **Au moins 500 km** à horizon 2030 pour raccorder les bassins entre eux et aux stockages souterrains
 - Des besoins d'imports identifiés
- GRTgaz développe des projets au sein des principaux bassins industriels co-construits avec les industriels. **Forte dynamique des projets en 2023** :
- Préparation de la connexion progressive de ces infrastructures de bassin entre elles, avec les stockages et à terme avec le transit européen avec les **projets BarMar et HY-FEN** : lancement de l'étude de faisabilité du projet BarMar dont réalisation des premières campagnes en mer en 2024
- **Tous les projets transfrontaliers de GRTgaz retenus pour le statut de Projet d'Intérêt Commun** par la Commission Européenne



Lancement d'un projet d'infrastructure de transport d'hydrogène sur le Port de Dunkerque, aligné avec la stratégie française sur l'hydrogène

Caractéristiques du projet DHUNE

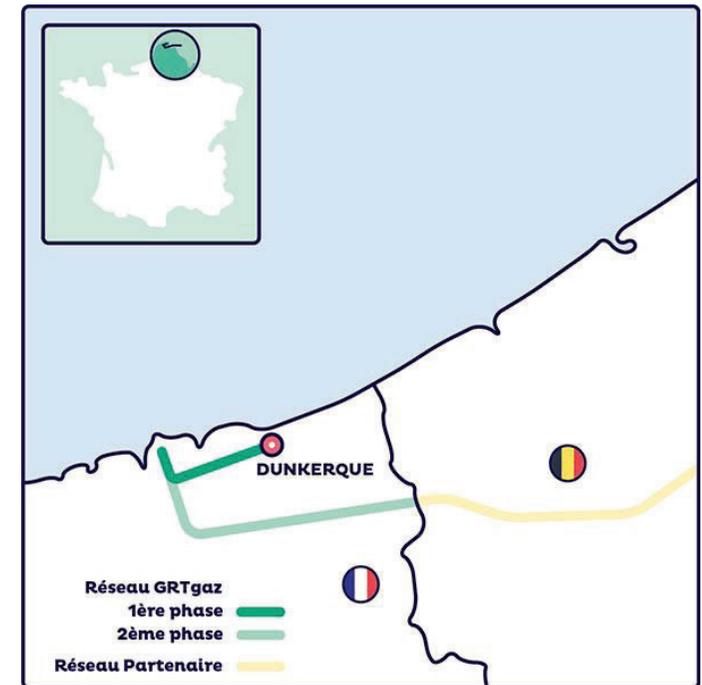
- Projet de réseau de transport d'hydrogène sur le Port de Dunkerque
- Environ 10 km dans la 1^{ère} phase
- Extensions envisagées pour raccorder des futurs clients sur le Port et son hinterland
- Interconnexion à moyen terme avec la Belgique

Macro-principes d'accès à l'infrastructure

- GRTgaz développe, investit, construit et exploite l'infrastructure en France
- Réseau « ouvert » : Accès des tiers transparent et non-discriminatoire au réseau

Ambitions du projet

- En ligne avec la stratégie française révisée sur l'H2 : *« La priorité française en matière de développement du réseau hydrogène reste donc l'accélération du déploiement de ces infrastructures au sein de hubs hydrogène. »*



Décarbonation
activités industrielles

Attractivité économique
du territoire

Décarbonation
mobilité lourde

Sécurité
d'approvisionnement
énergétique

Processus de développement du projet : basé sur des besoins clients



Appel à intérêt du marché pour un réseau de transport d'hydrogène sur le Port de Dunkerque réalisé du 19 septembre au 18 novembre 2022



Confirmation de l'intérêt du marché pour le projet d'infrastructure et la réalisation d'une étude de faisabilité technique



4 industriels s'engagent avec GRTgaz dans une convention d'étude et contribuent financièrement à l'étude de faisabilité dont **ArcelorMittal, H2V, Imerys + signature convention ZIBAC**



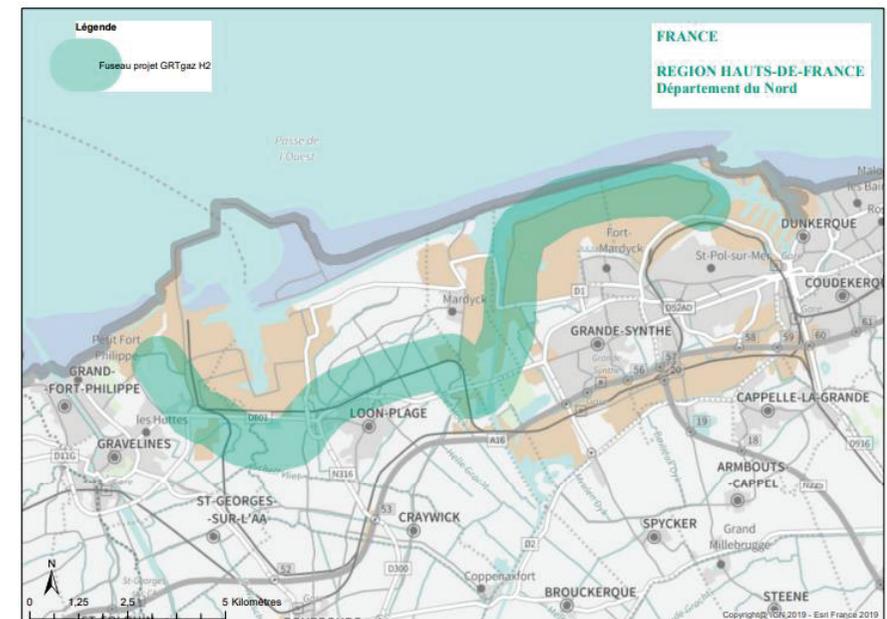
Réalisation de l'étude de faisabilité technique en 2023



Lancement des études de base : janvier 2024
Mise en service cible : Fin 2027



Succès de l'appel à intérêt du marché



<https://www.grtgaz.com/nos-actions/open-season-hydrogene-dunkerque>

11
entreprises
répondantes

1 000 MW
de production cumulée
par électrolyse

6 à 12 TWh
de consommation
d'H2 envisagée

WHHYN : Projet d'infrastructure de transport d'hydrogène dans la zone du Grand Hainaut

Caractéristiques du projet

- Projet de réseau de transport d'hydrogène dans le Hainaut autour de Valenciennes
- Environ 40 km en France dans la **1^e phase**
- Infrastructure interconnectée avec le réseau belge, opéré par Fluxys

Macro-principes d'accès à l'infrastructure

- GRTgaz développe, investit, construit et exploite l'infrastructure en France
- Réseau « ouvert » : Accès des tiers transparent et non-discriminatoire au réseau

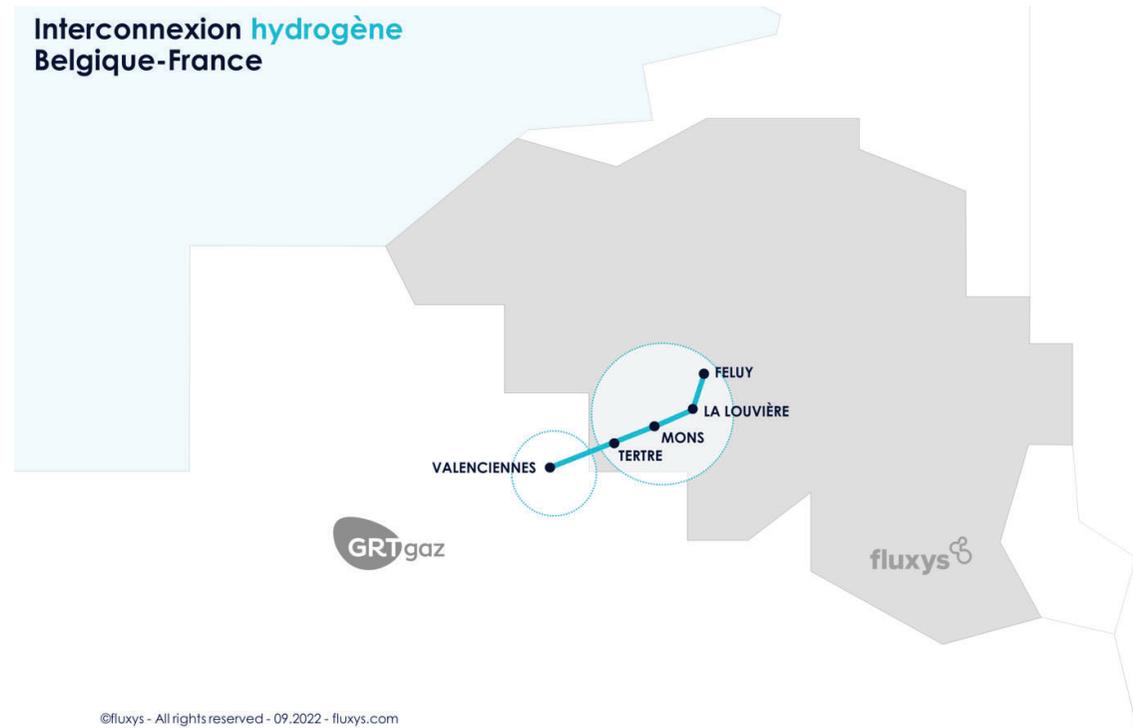
Ambition du projet

Décarbonation
activités industrielles

Attractivité économique
du territoire

Décarbonation
mobilité lourde

Sécurité
d'approvisionnement
énergétique



WHHYN : Démarche d'Open Season



Appel à intérêt du marché pour un réseau de transport d'hydrogène dans la zone de Valenciennes, interconnecté avec un réseau en Belgique développé par Fluxys



Objectif : Confirmer l'intérêt du marché pour le projet d'infrastructure et la réalisation d'une étude de faisabilité technique



Démarche publique : Documents clés présentés et mis à disposition sur le site internet de GRTgaz



Appel à intérêt ouvert du 16 juin au 16 septembre 2022

Interconnexion hydrogène Belgique-France



©fluxys - All rights reserved - 09.2022 - fluxys.com

<https://www.grtgaz.com/nos-actions/open-season-hydrogene-valenciennes>

Développement d'un réseau de transport de CO2 sur la ZIP de Dunkerque (Périmètre GRTgaz)



Appel à intérêt du marché pour un réseau de transport de CO2 sur le Port de Dunkerque réalisé du 7 février au 7 avril 2023



Confirmation de l'intérêt du marché pour le projet d'infrastructure et la réalisation d'une étude de faisabilité technique



4 industriels (3 émetteurs + 1 CCU) s'engagent avec GRTgaz dans une convention d'étude et contribuent financièrement à l'étude de faisabilité + soutien ZIBAC



Réalisation de l'étude de faisabilité technique en 2023
Lancement des études d'ingénierie de base en 2024



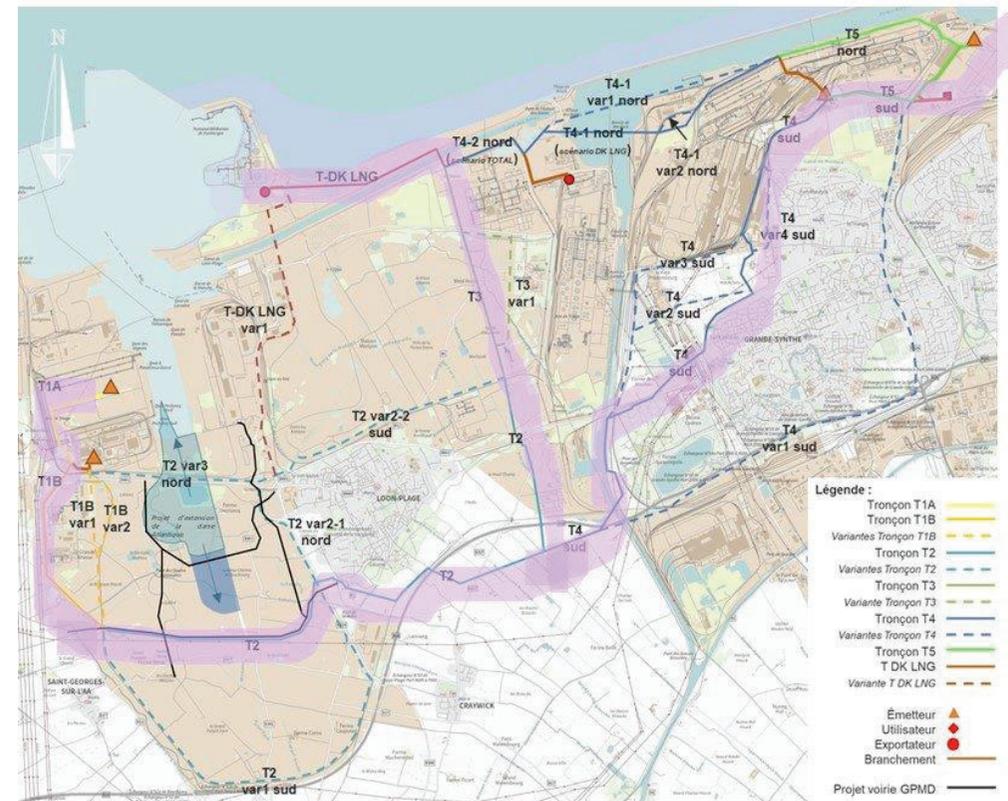
Mises en service cibles : 2028-2029

RESULTAT DE L'ETUDE DE FAISABILITE Janvier 2024

30 km

DN750 & DN500

35 bar



Tracé privilégié par le Sud du port
Interface avec une solution de pipe offshore non étudiée

Perspectives et potentiels de développement du Hub de Dunkerque

1 3,75 à 4 Mt CO₂/an : volumes de la ZIP Dunkerque

2 Volumes additionnels de l'hinterland: prod. d'électricité, autres secteurs industriels

3 Volumes d'autres bassins pour certains pouvant être importés par bateau :

- Vallée de la Seine (1,2 MTPA à 3 Mt/an post 2030)
- Grand-Est (environ 3 Mt/an)
- + Montoir Saint-Nazaire ? (de 2,6 à 4 Mt/an)

