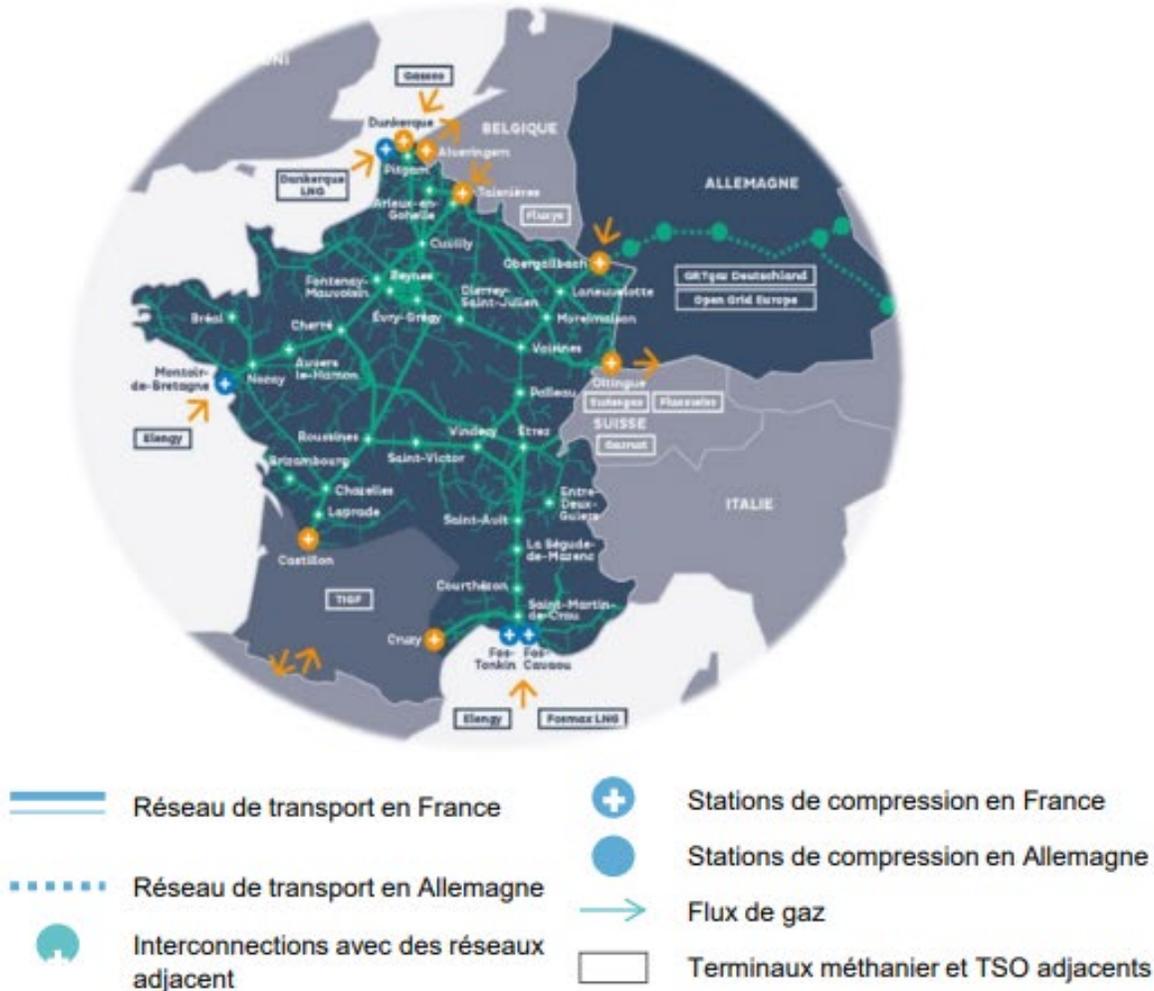




Développement des gaz verts

Ateliers mi-mandat – 17 octobre 2023 - Orléans

GRTgaz, un acteur engagé dans la transition énergétique



Le transport en France



32 618 km
de réseau

708 TWh / an
de gaz transporté



157 clients expéditeurs

703 clients industriels

19 gestionnaires de réseaux de distribution raccordés

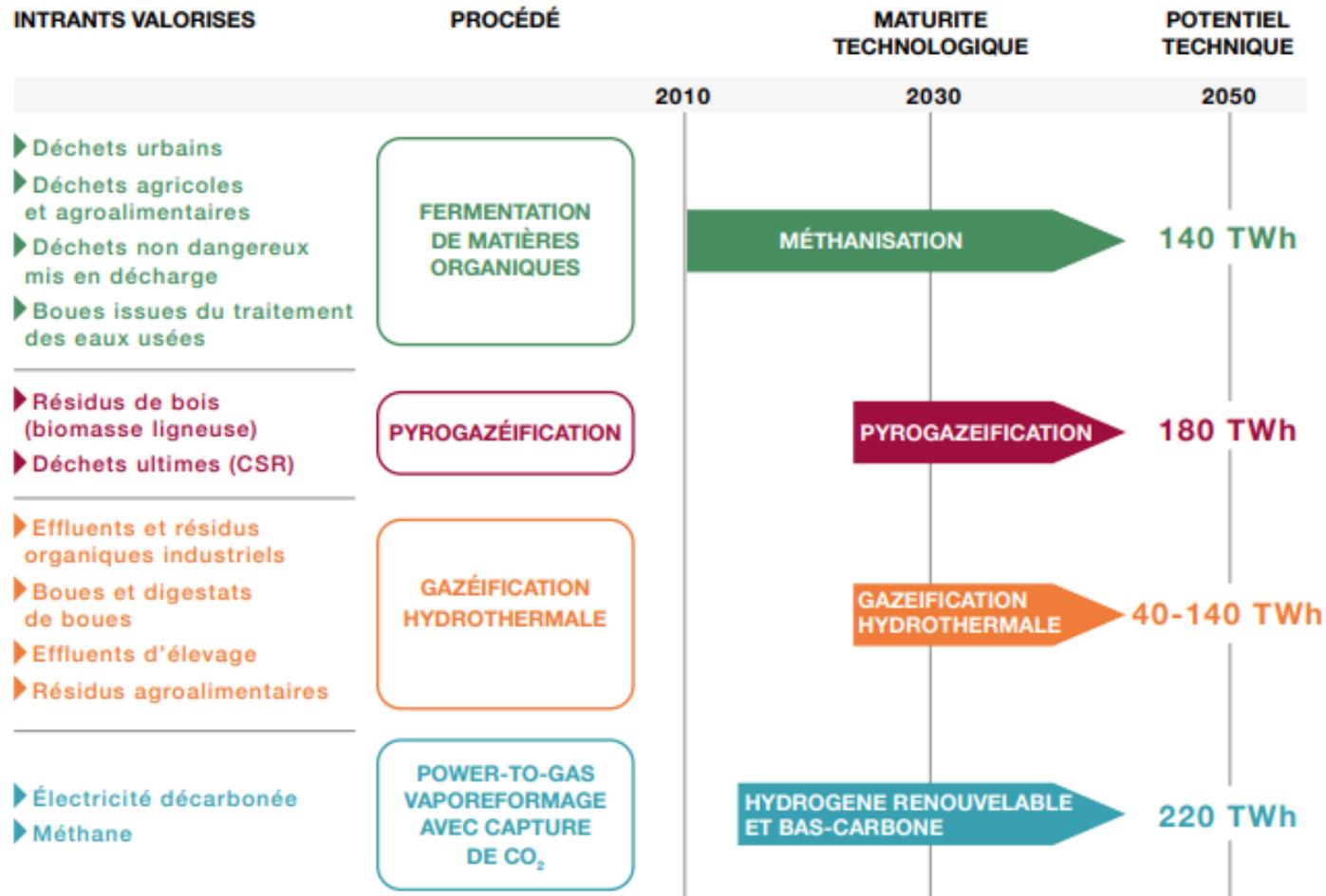
63 clients producteurs de biométhane



**GRTgaz et la transition
énergétique**

Méthanisation
Pyrogazéification
Gazéification hydrothermale
Hydrogène

Technologies pour produire du gaz vert



MD Biogaz à Bar-sur-Seine (10)
Crédit : GRTgaz



Démonstrateur pyrogazéification de biomasse
ENGIE Gava à Saint-Fons (69)
Crédit : ENGIE

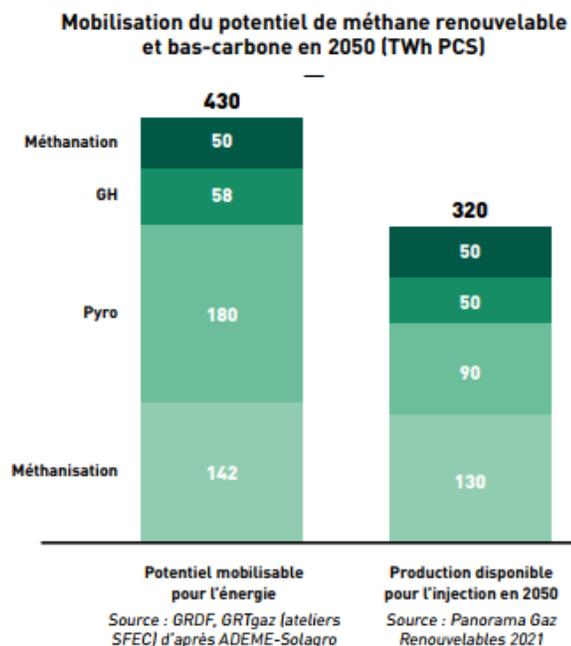


Installation industrielle de gazéification hydrothermale SCW Systems Energy à Alkmaar, Pays-Bas
Crédit : SCW Systems Energy

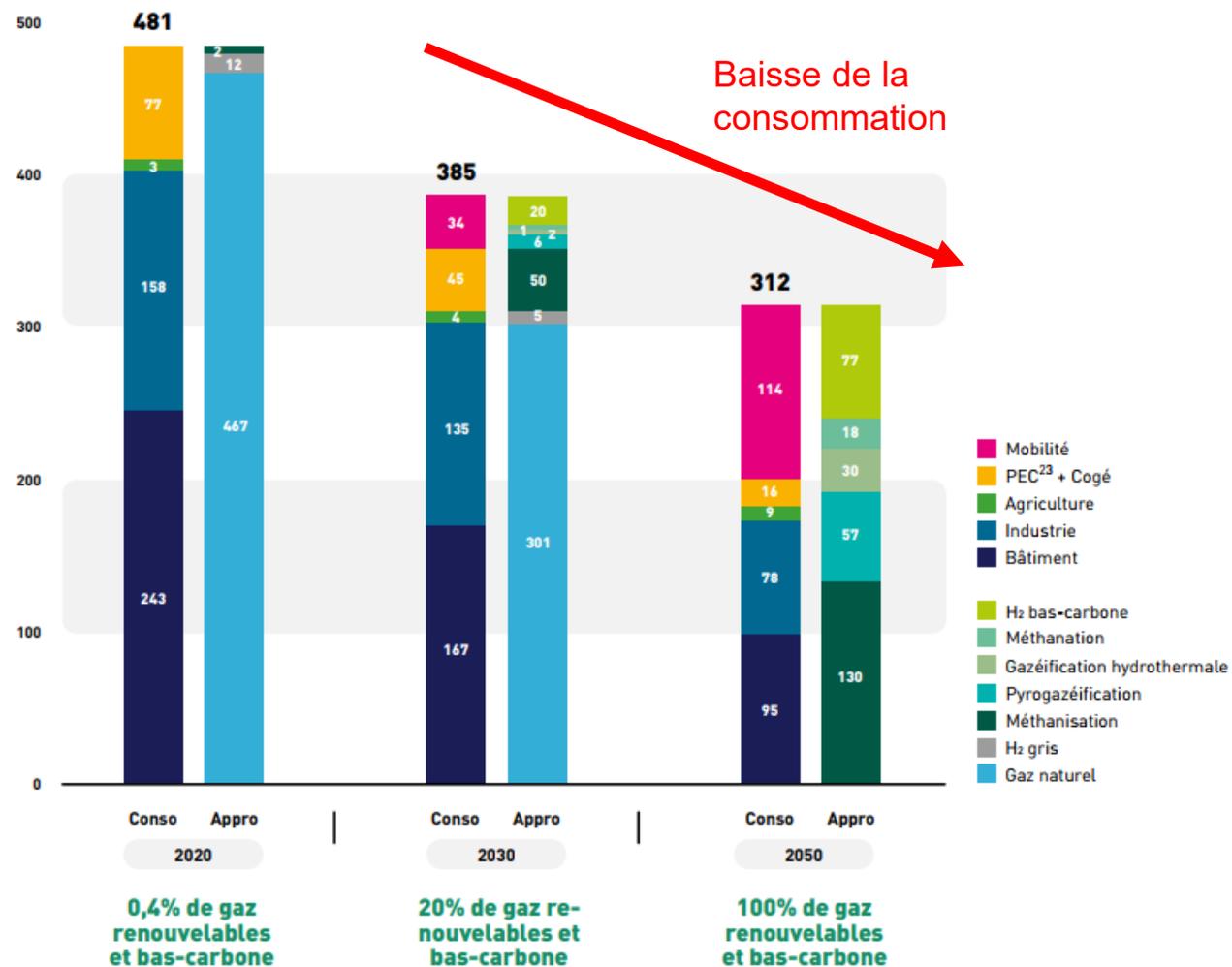


Jupiter 1000 à Fos-sur-Mer (13) : hydrogène par électrolyse et méthanation
Crédit : GRTgaz

Notre objectif est d'avoir un gaz renouvelable et bas carbone en 2050

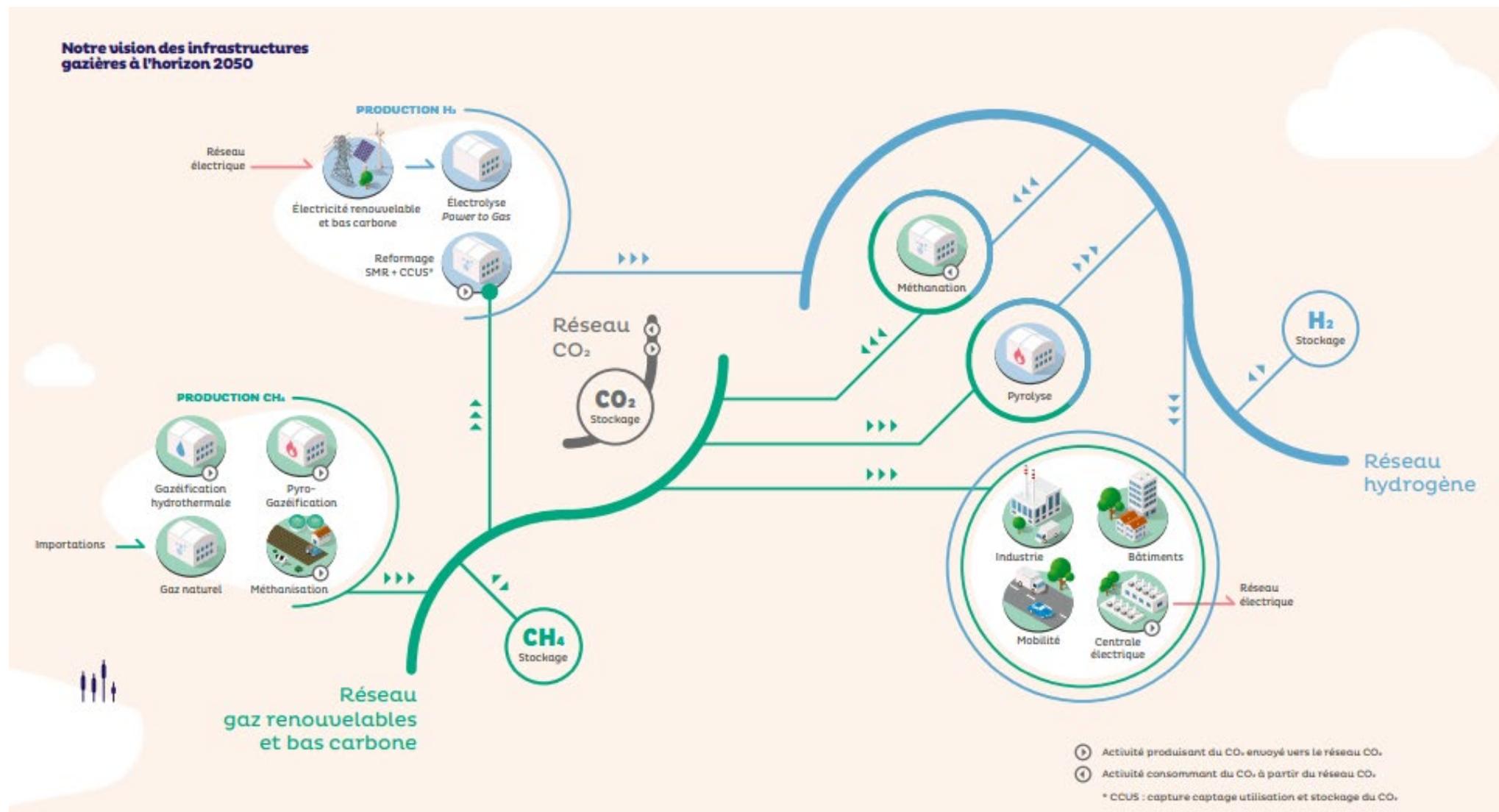


Scénario **TERRITOIRES ajusté** : consommation et approvisionnement de CH₄ et d'H₂ (TWh PCS)²²



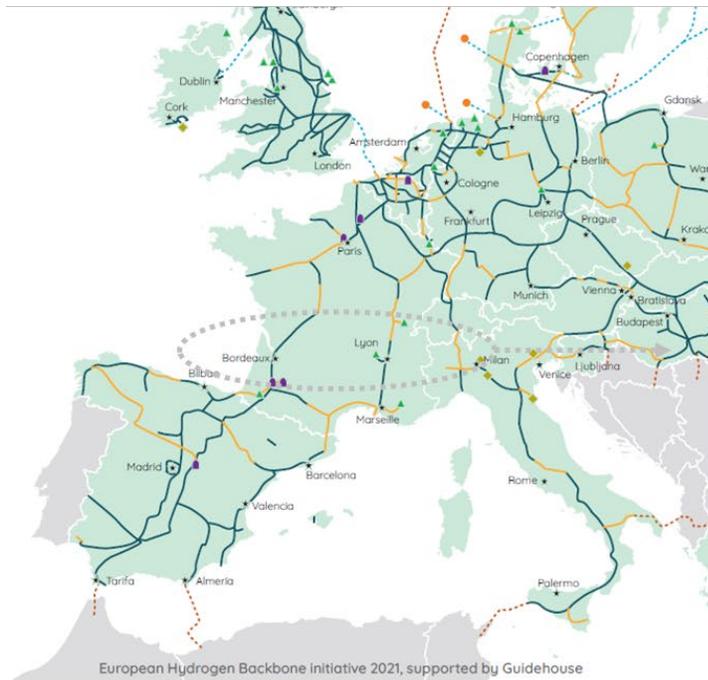
Plus de détails dans *Prospectives gaz 2022*,
GRDF – GRTgaz – SPEGNN – Teréga

Notre vision est de disposer de réseaux distincts biométhane, H₂ et CO₂ pour offrir de multiples choix de solutions de décarbonation

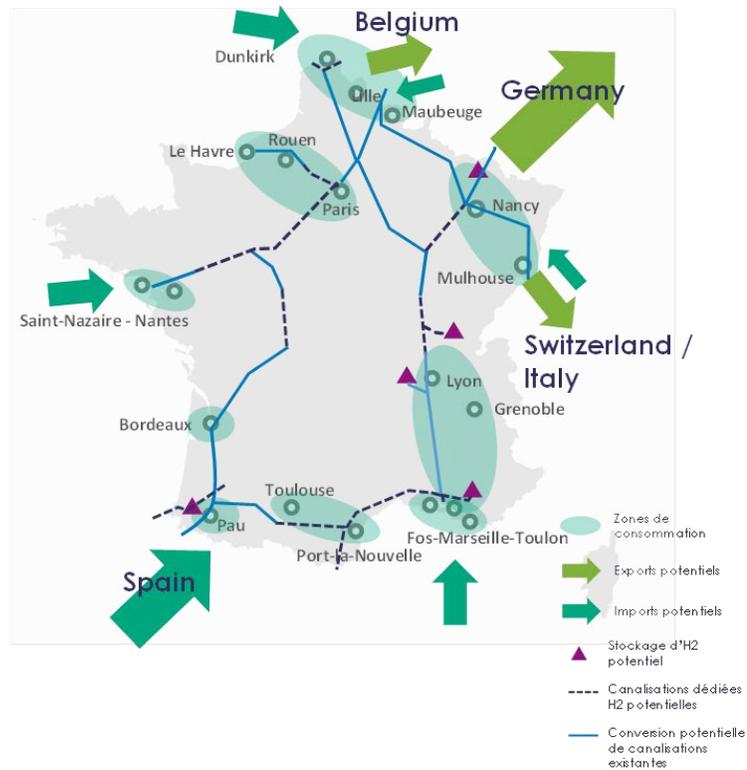


Réseaux hydrogène (H2)

« European Hydrogen Backbone » en 2040
Coût de transport : 0,11 à 0,21 €/kg/1 000 km



Un réseau d'hydrogène en France basé en grande partie sur la conversion d'ouvrage gaz



Voir



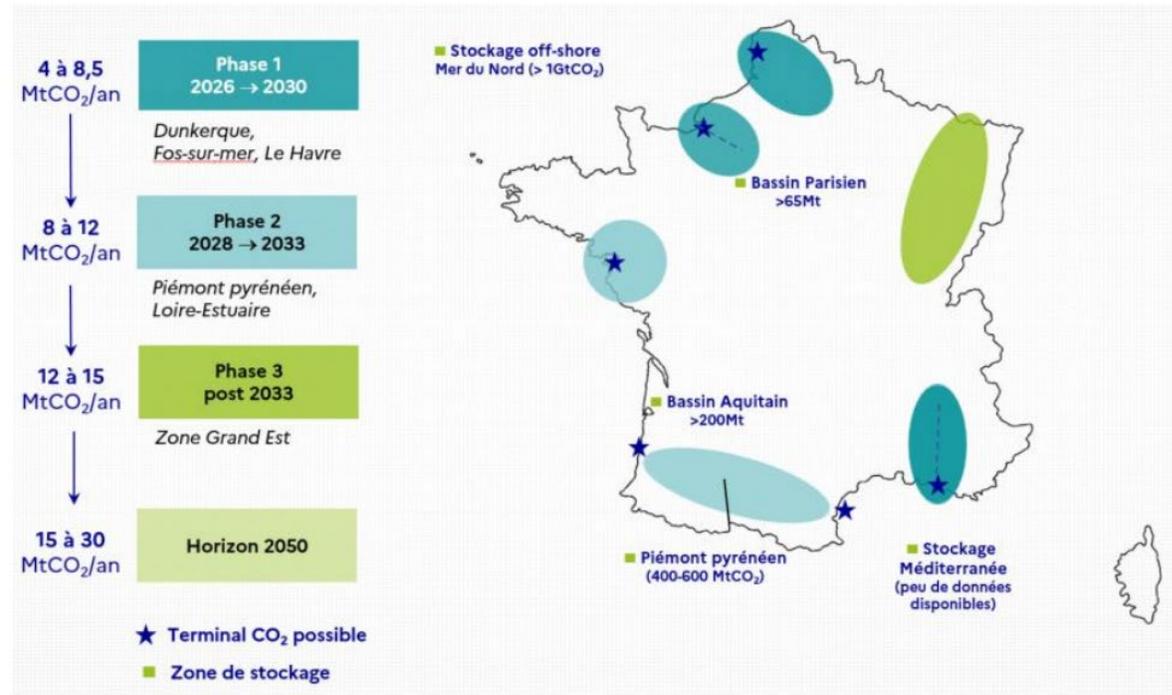
Nouveaux Systèmes Énergétiques
Comité stratégique de filière

Le rôle des infrastructures de transport et de stockage d'hydrogène : un enjeu de compétitivité industrielle



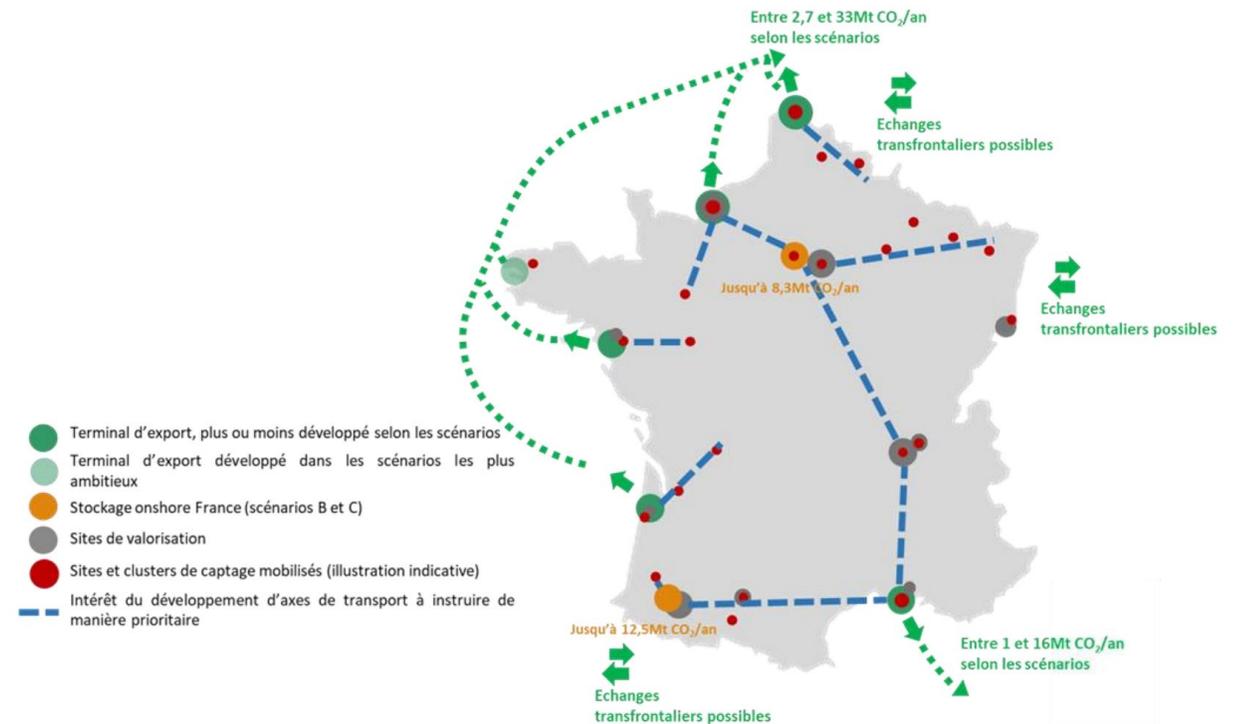
Réseaux dioxyde de carbone (CO₂)

Premières consultations du gouvernement sur la stratégie nationale CCUS



Source : *Stratégie CCUS, Capture, Stockage et utilisation du carbone*, Gouvernement, juin 2023

Exemple de projection 2050



Source : *L'étude du Club CO₂ sur un schéma de transport de CO₂ en France : Un éclairage inédit sur les besoins d'infrastructures de CO₂ en France dans le contexte du développement des chaînes CSCV (CCUS) à horizon 2030 et 2050*, Club CO₂, avril 2023

Gaz (méthane) renouvelable et bas carbone : perspectives 2030 – 2050

La France s'est dotée d'objectifs ambitieux dans le cadre de la transition énergétique et en ligne avec la dynamique européenne

10% La 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)

Le gaz a déjà enclenché sa 3^e révolution gazière

x2 La part de la **méthanisation** dans le mix énergétique double tous les ans



La France dispose d'un potentiel suffisant pour décarboner le mix gazier

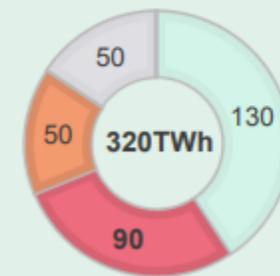
90 TWh_{PCS}

La **trajectoire de production de méthane issu de pyrogazéification** à l'horizon 2050, qui prend en compte les enjeux respectifs des vecteurs chaleur, gaz et carburants liquides*

30%

La proportion de méthane produit par pyrogazéification dans le mix gazier en 2050, ce qui positionne la pyrogazéification comme **la deuxième voie de décarbonation du mix gazier**..

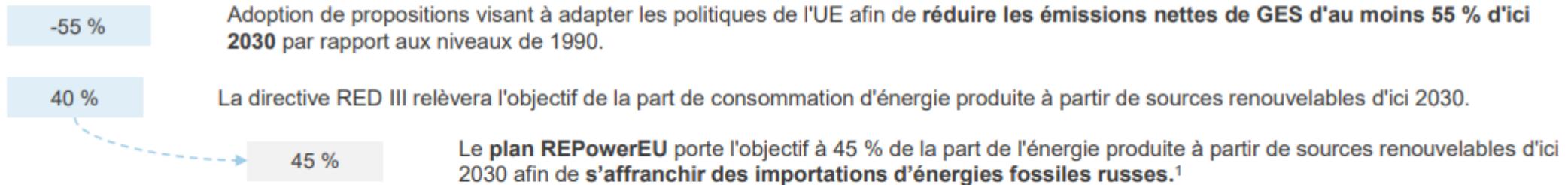
Estimation de production de méthane renouvelable et bas-carbone en France à l'horizon 2050 (en TWh hors hydrogène)**



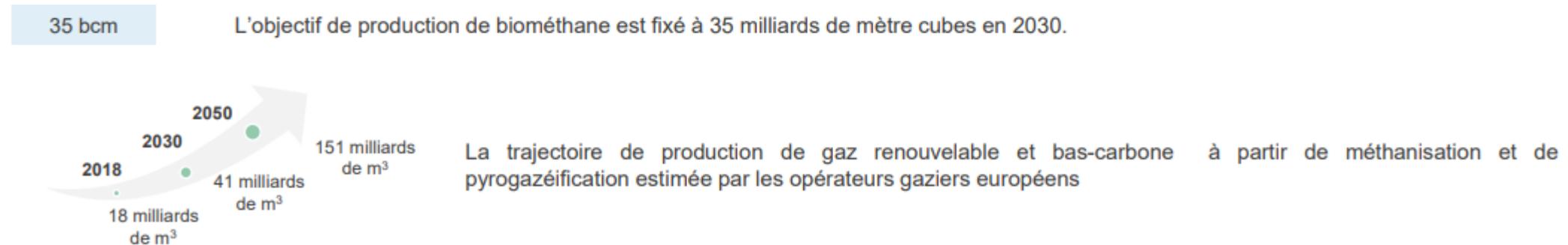
Méthanisation
 Pyrogazéification
 Gazéification hydrothermale
 Méthanation

Gaz (méthane) renouvelable et bas carbone : perspectives 2030 – 2050

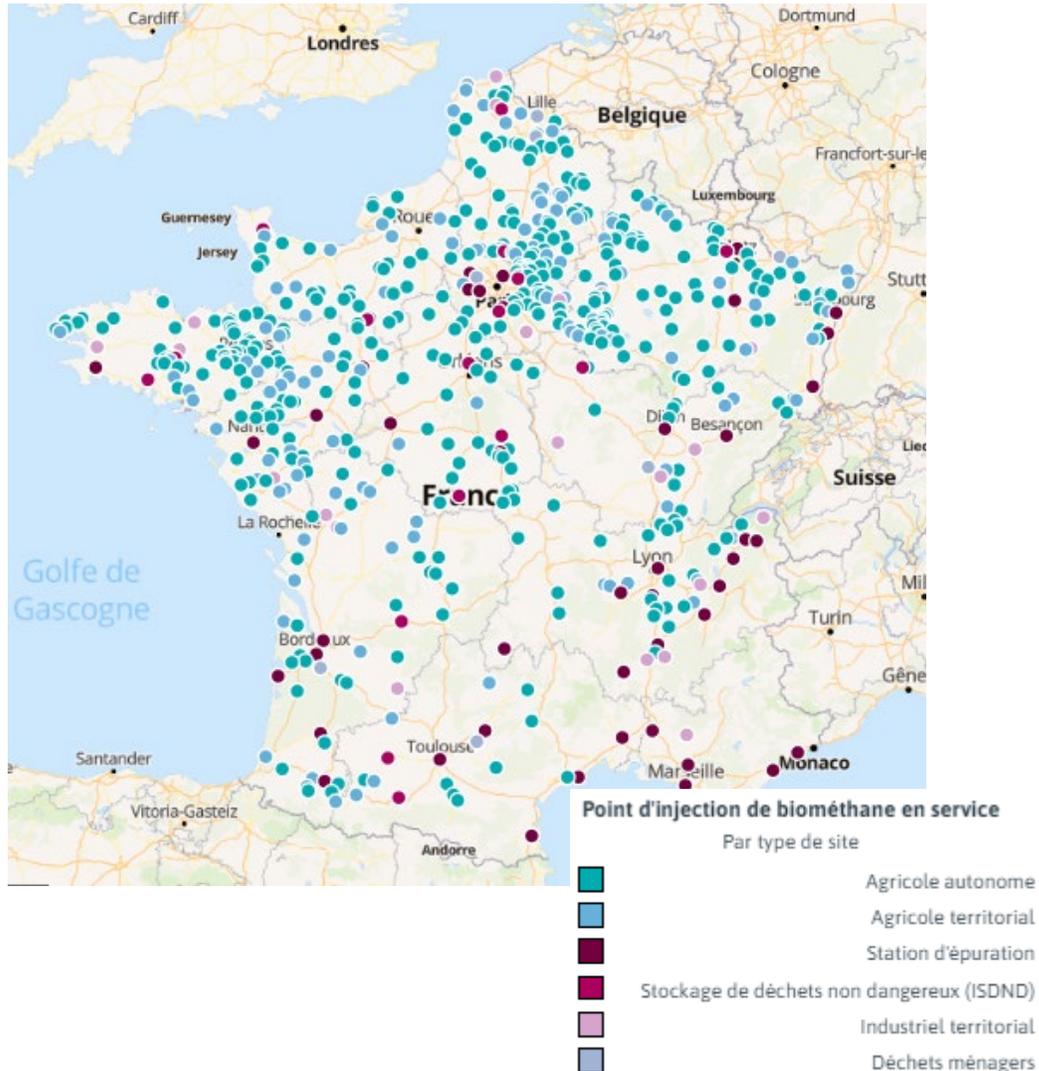
- La loi européenne sur le climat de juillet 2021, affirme dans une législation contraignante, l'engagement de l'UE en faveur de la neutralité carbone et l'objectif intermédiaire à 2030 de l'approche Fit for 55.



- Basé sur le paquet Fit For 55, le plan REPowerEU adresse des objectifs de production de biogaz et biométhane ambitieux

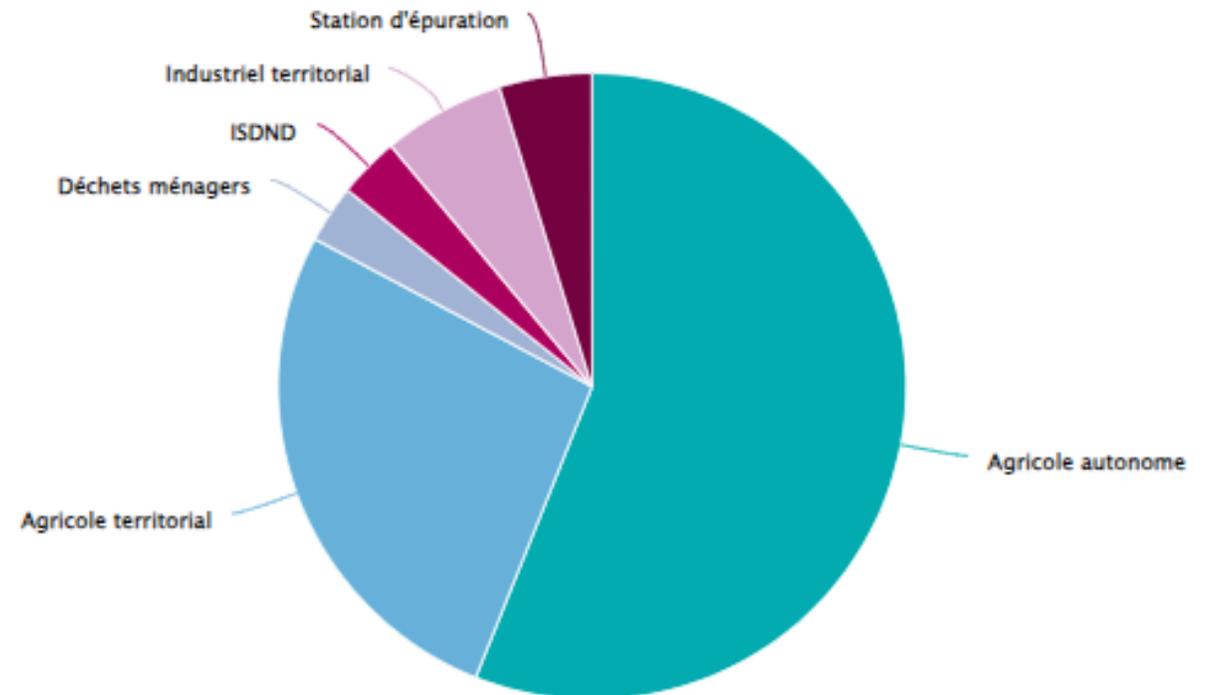


Dynamique de la filière méthanisation (biométhane en injection)



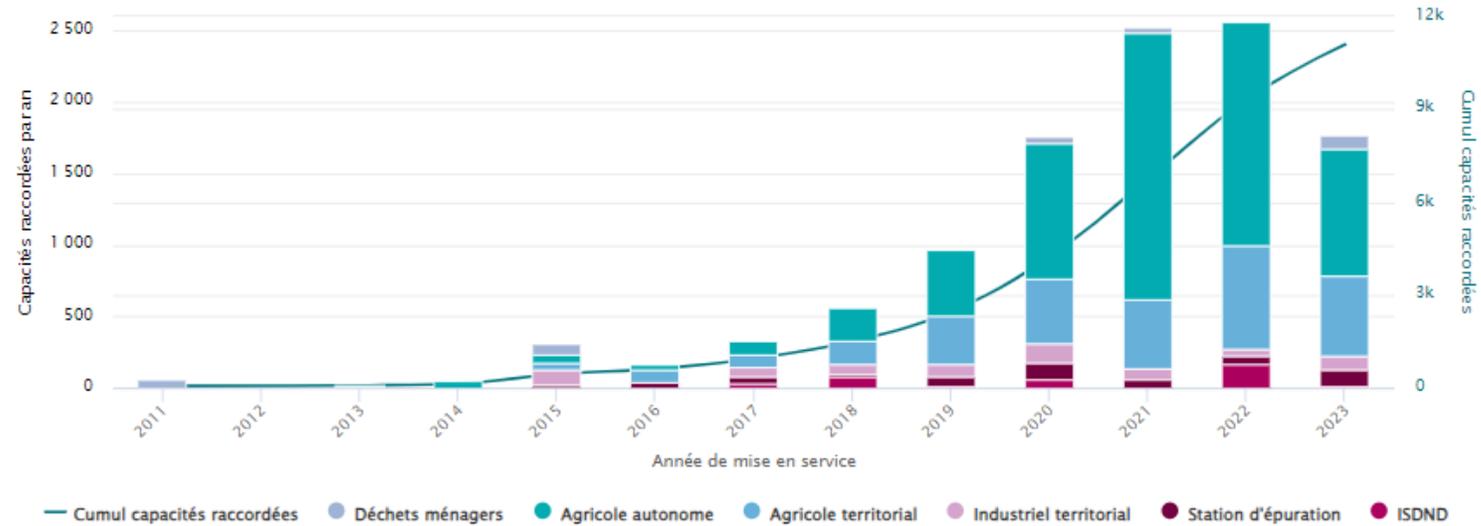
Au 9/10/2023 :

- 617 sites qui injectent
- 11 089 GWh/an capacités installées

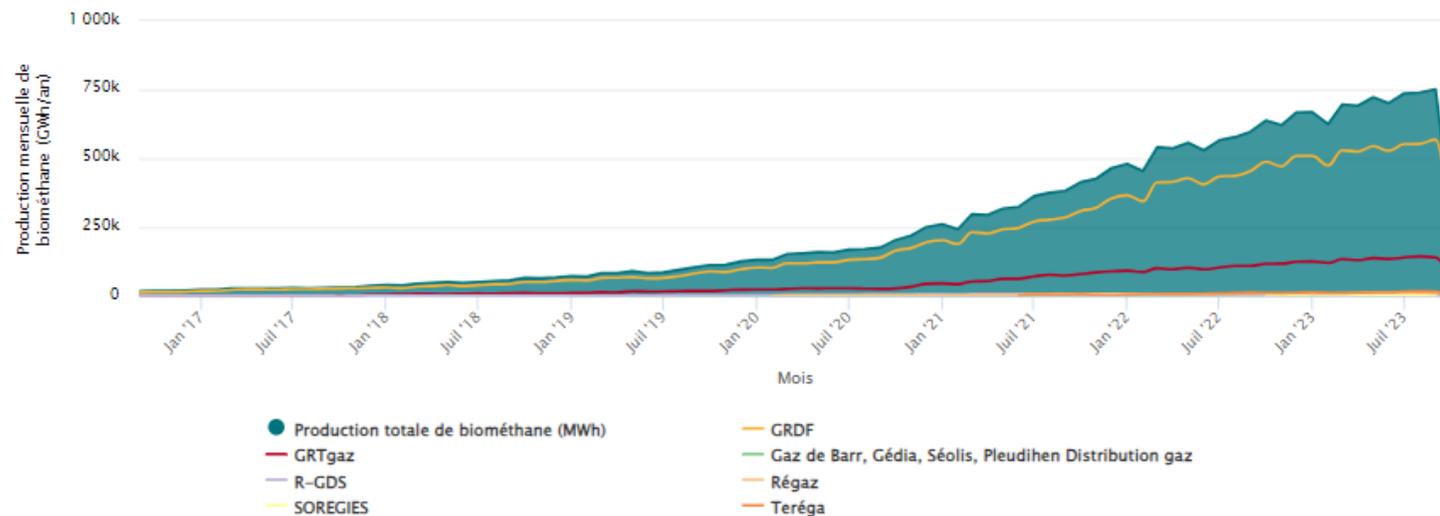


Dynamique de la filière méthanisation (biométhane en injection)

1. Capacités mises en service par an et par type de site, capacités cumulées



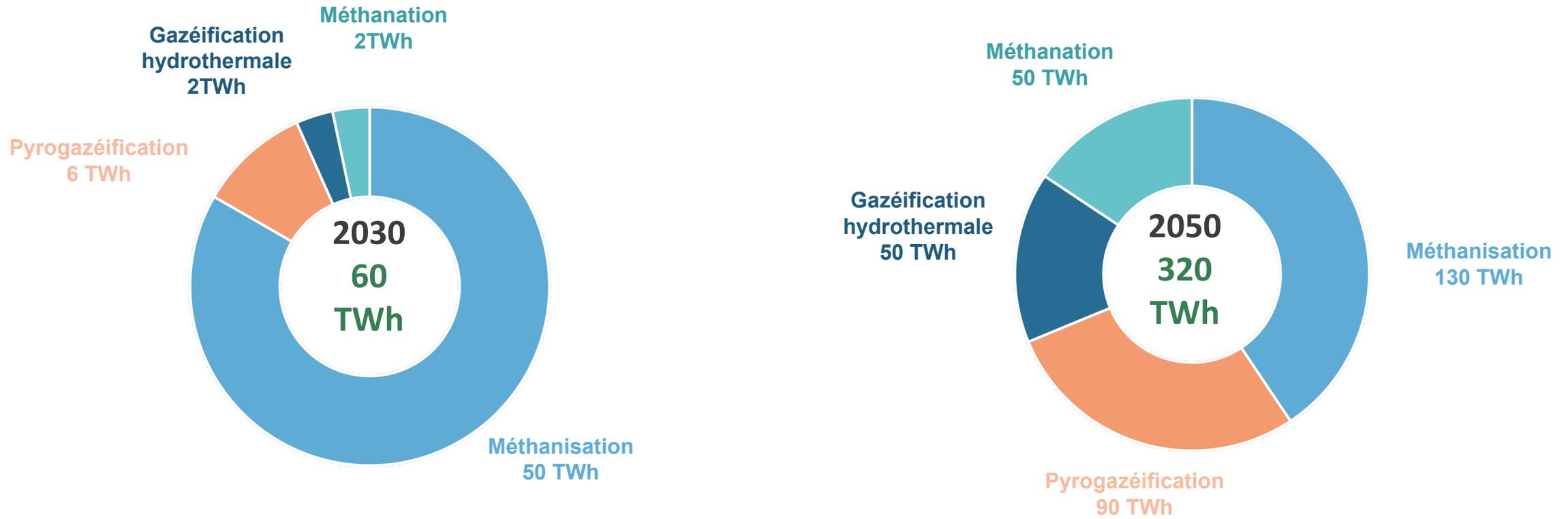
1. Production de biométhane par mois et par opérateur sur la période choisie



Vision 2030 – 2050 : développement des gaz renouvelables et bas carbone

Estimation de production de gaz renouvelable et bas carbone en France à Horizon 2030 et 2050 (en TWh)

En 2030, jusqu'à 20% de la consommation de gaz renouvelable et bas carbone dans les réseaux



La pyrogazéification, un pilier de la décarbonation du mix énergétique

Aujourd'hui les résidus qui ne sont pas recyclés sont brûlés, enfouis ou exportés



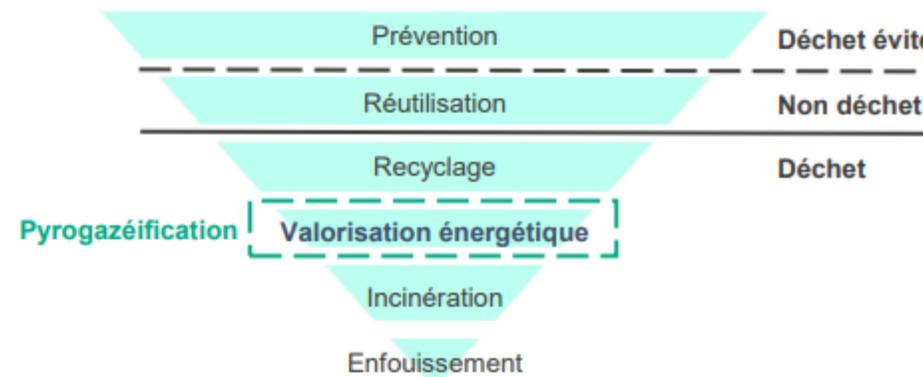
Depuis le 1er janvier 2021, la **porte de la Chine** est **fermée** à tous les déchets solides. La France qui y exportait par exemple ~200 kt de plastiques doit aujourd'hui trouver de nouvelles voies de valorisation

50%

La **réduction de la mise en décharge** à l'horizon **2025** par rapport à 2010 (Loi de Transition Énergétique pour la croissance verte, août 2015)

> 70%

La loi AGECL (sept. 2021) fixe comme objectif d'«Assurer la **valorisation énergétique d'au moins 70 %** des déchets ne pouvant faire l'objet d'une valorisation matière d'ici 2025 »



Hiérarchie des modes de traitement des déchets

Les acteurs du traitement des déchets recherchent de nouvelles voies de valorisation, en complément au recyclage



Lancement de l'AAP : « Nouveaux exutoires pour le mobilier usagé » afin de trouver de nouvelles voies de valorisation aux déchets de bois



« Les quantités de déchets résiduels à traiter, qu'ils soient ménagers ou d'origine industrielle et commerciale, restent très conséquentes alors que les capacités de traitement diminueront mécaniquement à l'avenir sous l'effet de la réglementation ».*

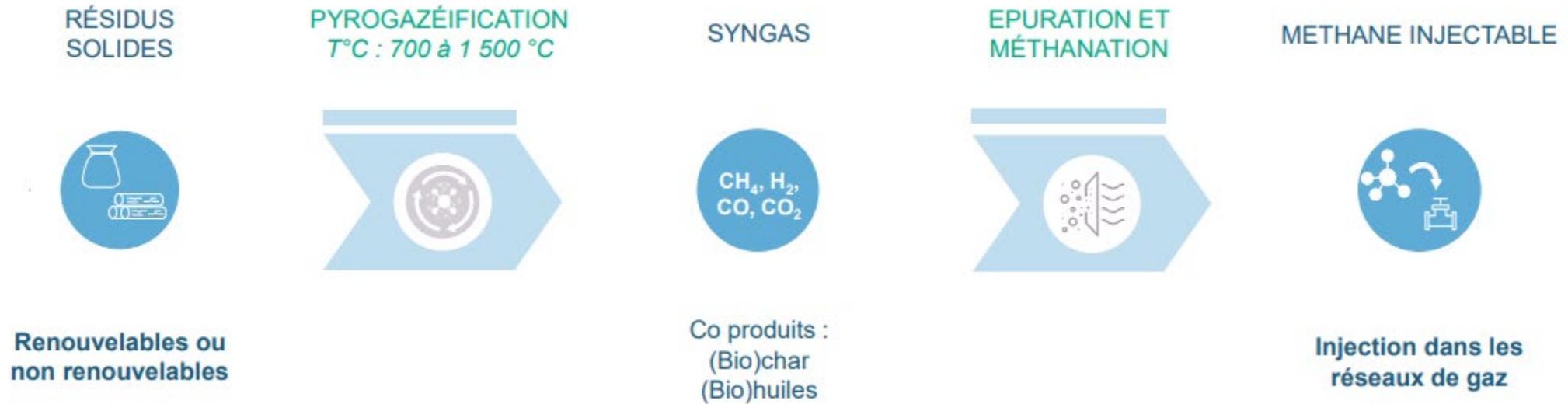
La pyrogazéification, un pilier de la décarbonation du mix énergétique

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

Biomasses	Valorisation de biomasses sèches			
	<u>Issus de biomasse</u>			
		<u>Non renouvelables</u>		

23 Familles de résidus (renouvelables ou non) adressables par pyrogazéification

La pyrogazéification - principe



Des **technologies matures** existent sur chaque **brique de la chaîne**

La pyrogazéification – une filière qui a démontré la faisabilité technique de la production de biométhane

Performance des projets

- **Démonstration de la faisabilité technique des projets de pyrogazéification pour injection :**
 - GoBiGas en Suède, à taille industrielle
 - Güssing en Autriche
 - Gaya en France
- **Démonstration de la production de biométhane issu de pyrogazéification**
- **Composition du biométhane produit compatible avec l'injection** dans les réseaux de gaz européens



Projet GoBiGas à Göteborg (Suède)

Performance technique

- **Rendements énergétiques de 70 à 80 %**
- Rendements $\text{biomasse} \rightarrow \text{biométhane}$ obtenus de 63% (sans prise en compte de la chaleur)
- **Optimisation des performances techniques** des unités, notamment la qualité du gaz produit



Projet à Güssing (Autriche)

Performance environnementale

- **Réduction des émissions de GES : 80-85 %** (facteur défini par la directive 2009/28/CE sur les énergies renouvelables RED)
- **Réduction des volumes de fumées** (poussières, particules fines, Nox)
- **Réduction du volume de résidus ultimes**



Projet GAYA à Saint Fons (69, France)

Dynamique de la filière pyrogazéification

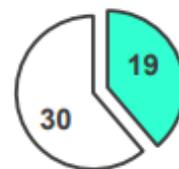
L'Appel à Manifestation d'Intérêt « Pyrogazéification pour injection » lancé en 2022 a suscité une forte mobilisation

Intégration des filières biogaz innovantes dans le contrat du Comité Stratégique de Filière (CSF) de la filière Nouveaux Systèmes Energétiques (NSE) en novembre 2021

AMI organisé par le **CSF NSE** et piloté par **GRTgaz**, **11/13 régions** sont représentées.



49 projets se sont manifestés.



■ En développement
□ En étude préliminaire

D'une **taille moyenne de 10MW_{CH4}**, la puissance totale des projets recensés est évaluée à **4,1 TWh_{PCS}/an**.



Projets en développement

Répartition du nombre de projets en phase de développement par capacité et par type d'intrants



Capacité de production de méthane des projets (Nm³/h)

■]0 - 900]

■]900 - 1400]

■]1400-2000]

■ Non défini

Capacité de production de méthane des projets (MW_{PCS})

■ Jusqu'à 10

■ de 10 à 14

■ Supérieur à 13

■ Non défini

Ordre de grandeur des tonnages de déchets valorisés (kt/an)

■ jusqu'à 25

■ De 20 à 50

■ Supérieur à 35



■ Biomasse propre

■ Bois B

■ Mix biomasse propre et bois B

■ Mix bois B et CSR

■ CSR

Projets en phase préliminaire

Répartition du nombre de projets en phase préliminaire par capacité et par type d'intrants



■]1400-2000]

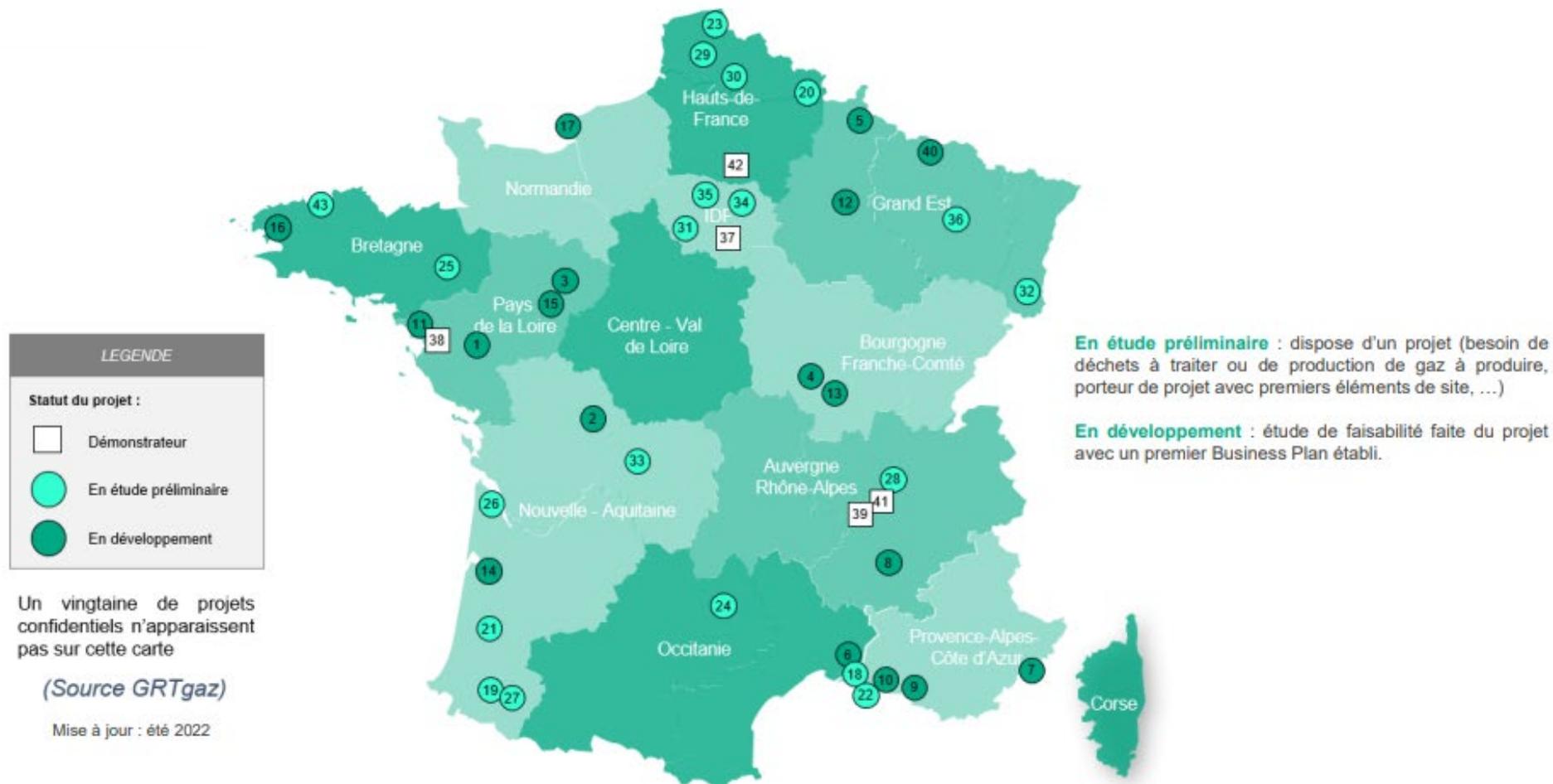
■ Non défini

■ Supérieur à 13

■ Non défini



Plus d'une soixantaine de projets industriels et démonstrateurs émergent en France



La pyrogazéification pour injection apporte une réponse aux enjeux des territoires



Enjeux déchets

- Valorisation d'une **large variété de matières résiduelles** jusqu'ici peu ou mal valorisées
- **Valorisation de résidus locaux** au service d'une énergie accessible sur tout le territoire.

Enjeux socio-économiques

- Projets s'inscrivant dans une logique **d'économie circulaire**
- **Projets à taille des territoires** avec des unités valorisant en moyenne 5 et 100 kt/an de résidus
- **Création d'emplois** à tout niveau de qualification et **non délocalisables**
- **Filière compétitive** au regard d'un soutien adapté



Enjeux énergie

- Production d'une **énergie non intermittente et stockable**
- **Réseau existant** déjà largement maillé
- Un méthane de synthèse **utilisable pour de multiples usages**
- **Production locale** en substitution d'une énergie fossile importée



Enjeux environnementaux et sanitaires

- **Diminution des émissions de GES**
- **Réduction des fumées, particules fines et poussières**



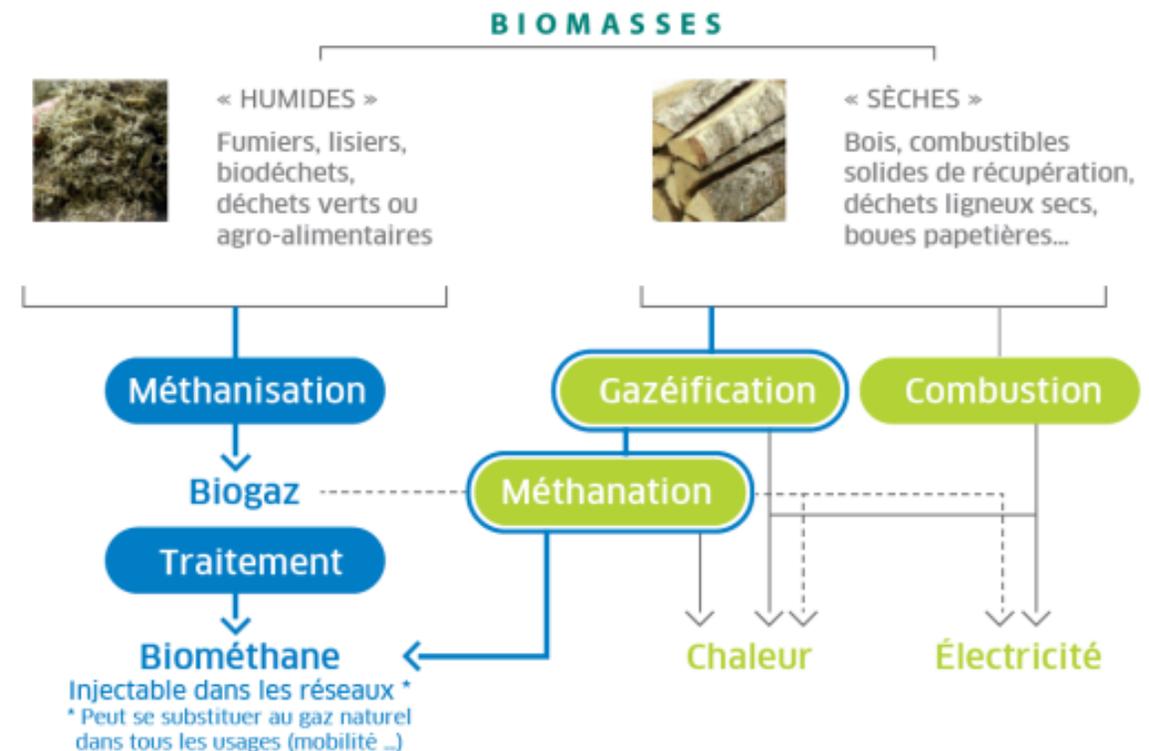
Complémentarité entre pyrogazéification et autres EnR

● Complémentarité par rapport aux autres filières

- ⇒ **Par rapport à la méthanisation** qui fait appel à des ressources de biomasses fermentescibles alors que **la pyrogazéification s'adresse à d'autres ressources** : les résidus/déchets solides « secs »
- ⇒ **Par rapport à la combustion** : la pyrogazéification offre une plus **grande flexibilité en termes d'exutoires** car le gaz ainsi produit s'adresse à tous les usages (production de chaleur, d'électricité, gaz matière première, mobilité)
- ⇒ **Par rapport aux énergies renouvelables** : le **gaz vert injecté dans le réseau** est une solution majeure pour la problématique du stockage inter saisonnier

● Une approche décentralisée, qui part des besoins du territoire en termes de ressources et de besoins énergétiques

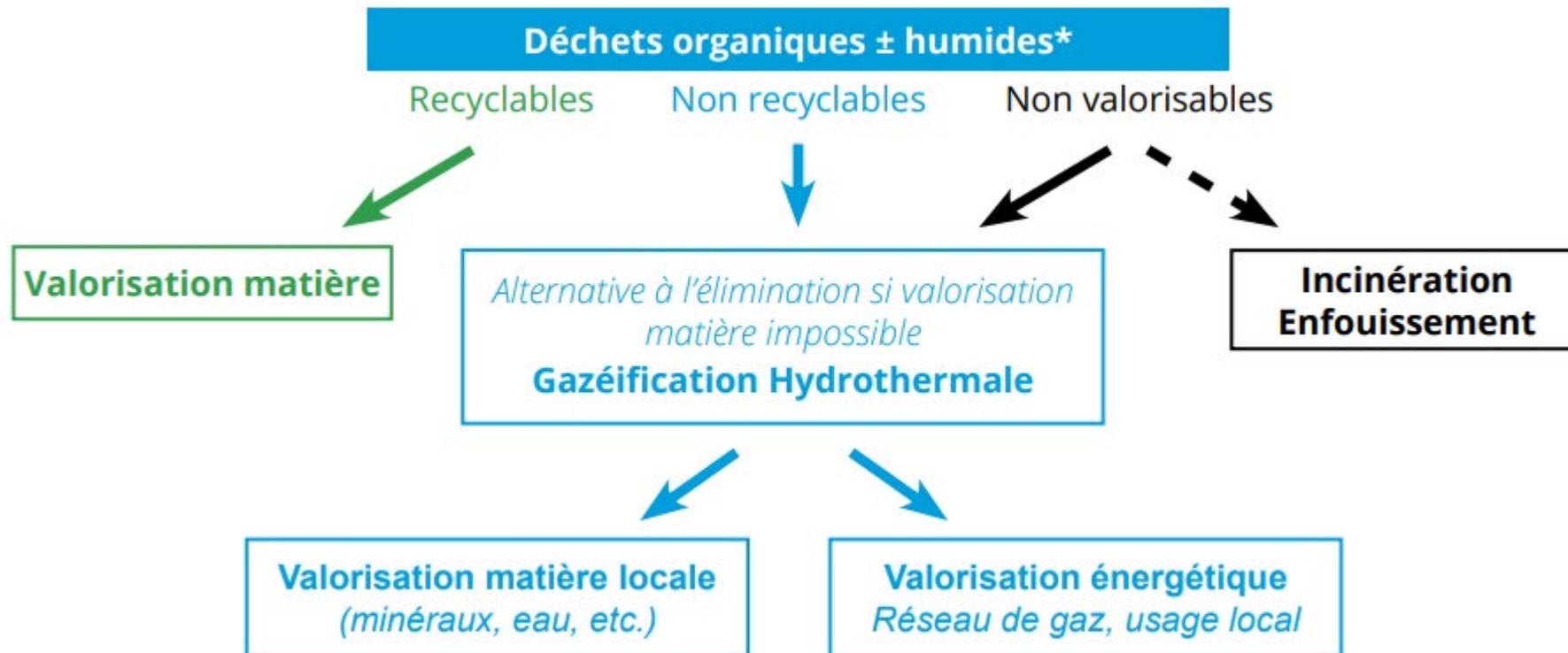
- ⇒ Développement de **l'économie circulaire**
- ⇒ **Création d'emplois locaux**, nouvelles synergies



Source : Club Pyrogazéification ATEE

Il n'y a pas de concurrence entre les filières de production d'EnR

La Gazéification Hydrothermale : traiter et valoriser aux mieux les déchets



La Gazéification Hydrothermale : intrants

- De biomasses brutes ayant un **taux de Matières Sèches (MS)** entre 5 et 50 % (*)
- Des biomasses dont la MS est **riche ($\geq 50\%$) en matière organique (carbone)**
- De biomasses liquides qui doivent **rester pompables (viscosité)**
- De biomasses liquides au **statut de déchets ou de résidus**:
 - **mal, peu ou pas du tout valorisées** ou **difficilement ou pas valorisables par ailleurs**



Les boues et digestats de boues de STations d'EPuration



Les résidus agricoles (déjections animales, déchets liquides, ...)



Les digestats en sortie d'installations de méthanisation



Les résidus liquides des IAA (graisses, huiles, amidon, ...)



Effluents Industriels (liqueur noire, ...)



Les Macro et Micro-algues

3 facteurs clés :

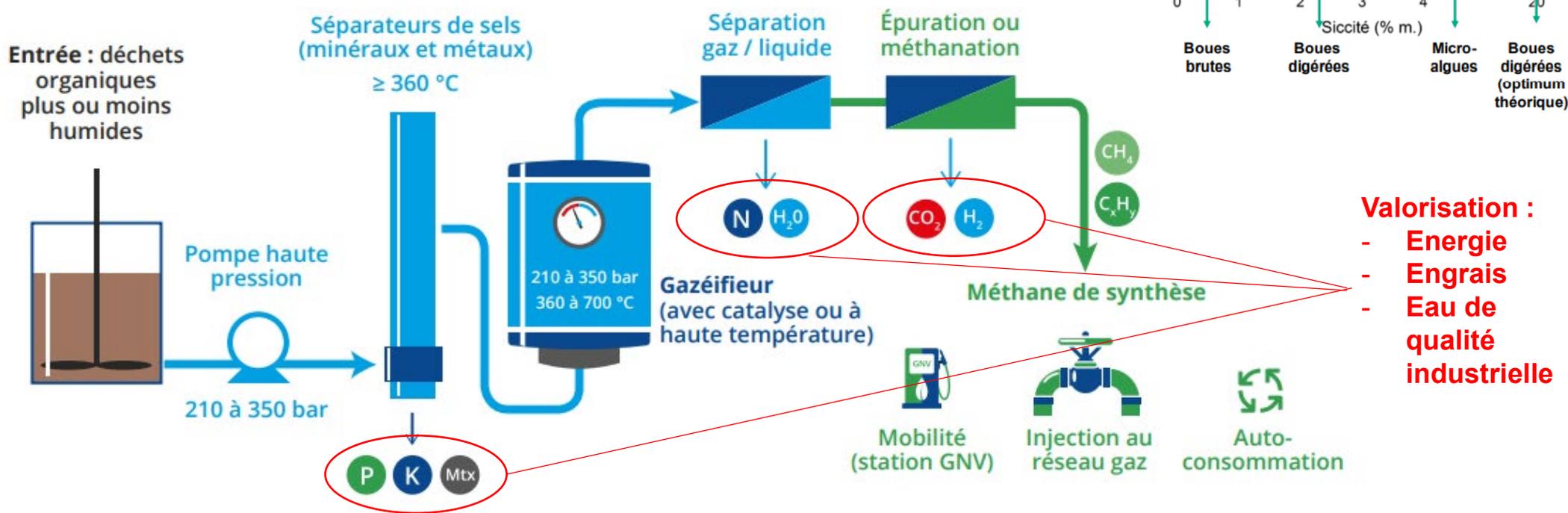
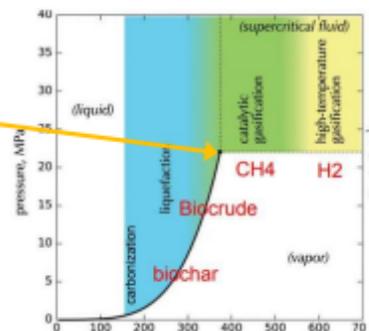
- siccité
- taux de carbone
- viscosité

La Gazéification Hydrothermale : principe

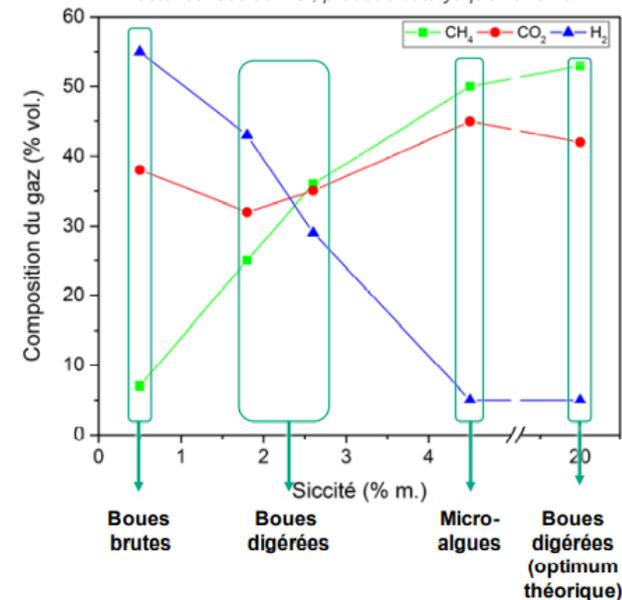
Représentation simplifiée du procédé partant de l'intrant jusqu'aux produits finaux:

Procédé thermochimique fonctionnant :

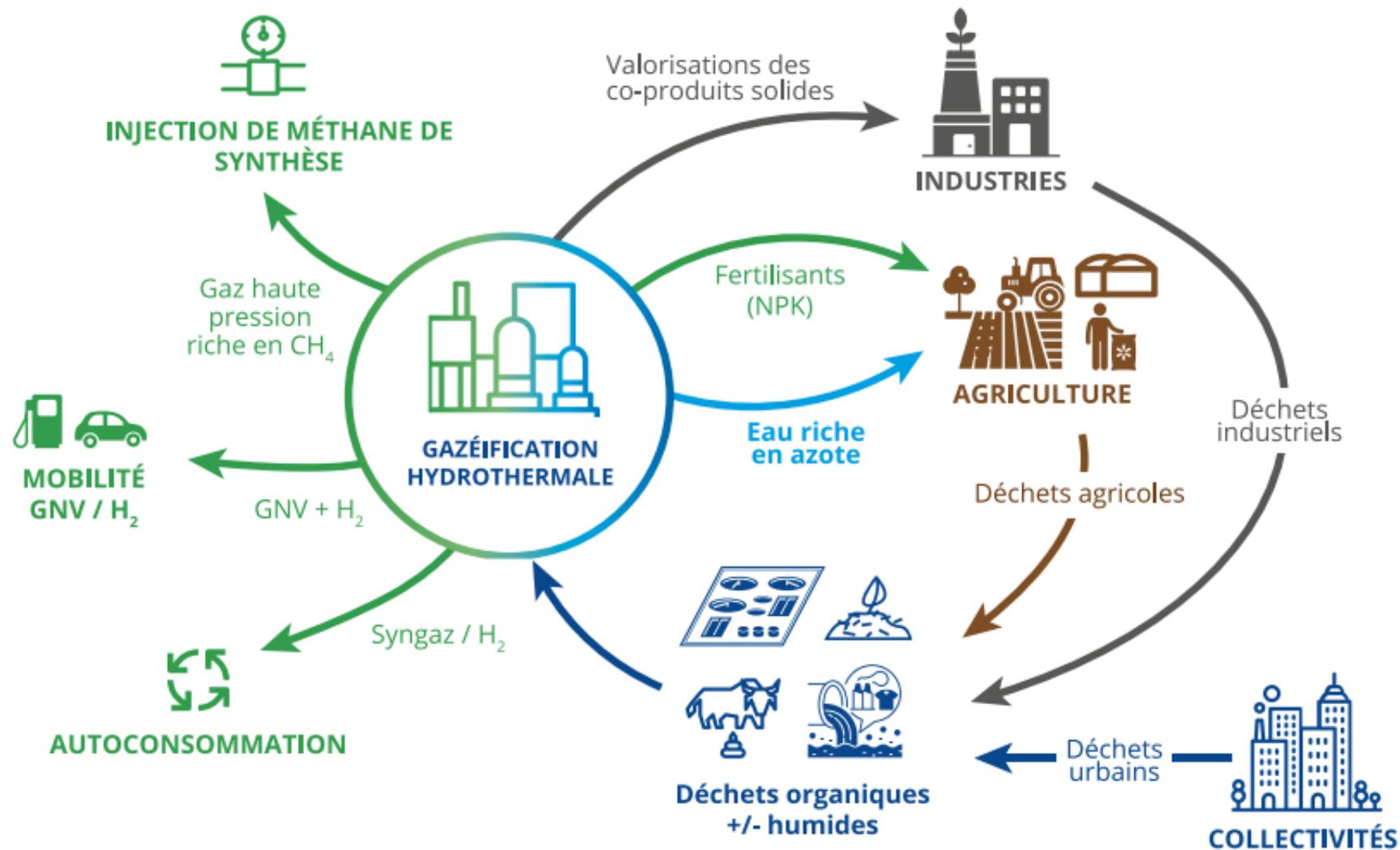
- au-delà du **point critique** de l'eau (221 bar/ 374°C) en limite des phases liquide et gazeux
 - ⇒ Eau = propriétés d'un solvant (séparation solides)
- selon 2 familles de procédé GH: avec/ sans catalyse
- avec ou sans séparateur de sels (séparation solides)
- avec récupération thermique de la chaleur process HT



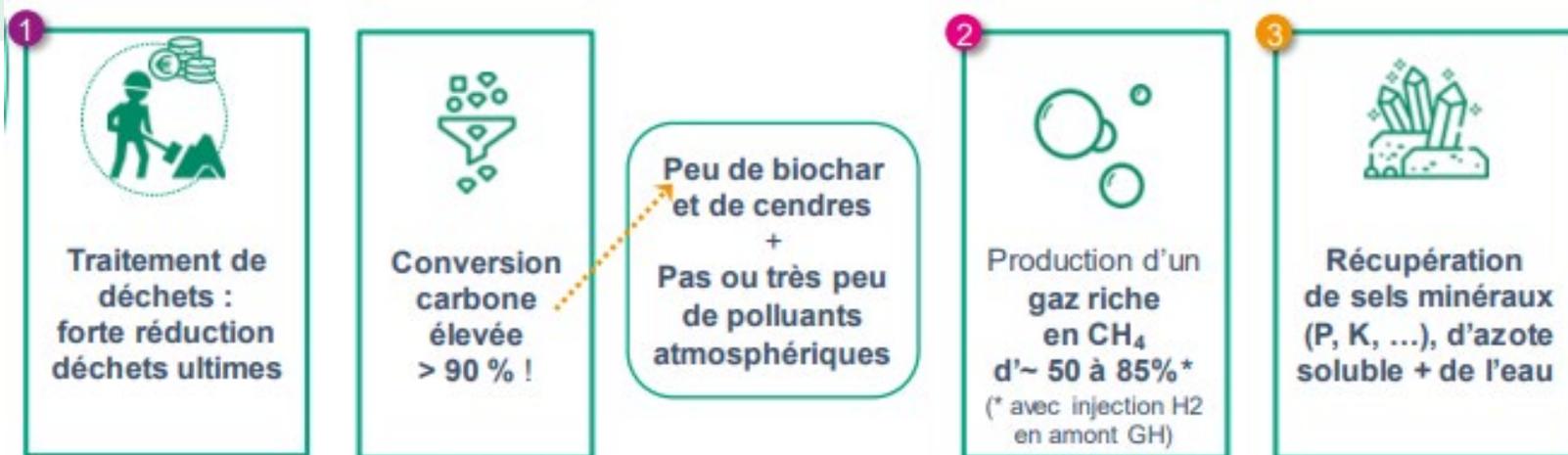
Évolution de la composition des gaz en fonction de la siccité
Tests réalisés au PSI, procédé catalytique 2018/19



La Gazéification Hydrothermale : traiter et valoriser aux mieux les déchets



Atouts de la Gazéification Hydrothermale



1 2 3 Principaux atouts + rémunérations



Temps de conversion très rapide (1 à 10 min)



Installation compacte + modulaire: ~ 250 m² par module de 3 t/h



Coût biométhane visé compétitif > 2030 si coût de la biomasse faible (≤ 0 €/ tonne)



Rendement énergétique élevé de 60 à ≥ 70% (avec recyclage énergie thermique process)



jusqu'à 90% (avec valorisation en plus de la chaleur fatale (< 150°C))

* Avec en bonus :

- 1) Capacité d'élimination de bactéries et de produits pathogènes contenus dans l'intrant
- 2) Conversion en gaz d'une éventuelle présence de microparticules (plastique)
- 3) Production +/- directe des biocarburants bioGNC (ou bioGNLc) et bioH₂

Etats des lieux

LA GAZÉIFICATION HYDROTHERMALE EN EUROPE ET DANS LE MONDE



PAYS-BAS

SCW Systems

- Première installation industrielle au monde (4 modules de 4t/h)

Bright Circular

- 2 pilotes

ProBiomass

- 1 pilote (2018)



SUISSE

Paul Scherrer Institut / Trea Tech

- 2 prototypes (1 chacun)
- 1 pilote commun
- 1 pilote mobile (TreaTech) d'ici fin 2023



ESPAGNE

Cade

- 1 pilote



ALLEMAGNE

Karlsruhe Institut of Technology (KIT)

- Un pilote (2004)



JAPON

Hiroshima University

- Prototype
- Liquéfaction & Gazéification Hydrothermale en série



USA

Genifuel

- 2 prototypes dont 1 mobile
- Plusieurs pilotes et démonstrateurs
- Liquéfaction et gazéification hydrothermales en série



Figure 12 : Photo du PSI de l'installation «Hydropilot» installée en 2020 à Villigen (CH) en collaboration avec TreaTech (source : M. Fischer, Paul Scherrer Institute, 2020).



Figure 14 : Vue aérienne du site d'Alkmaar de SCW Systems (source : invest-nl.nl).

Etats des lieux

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)



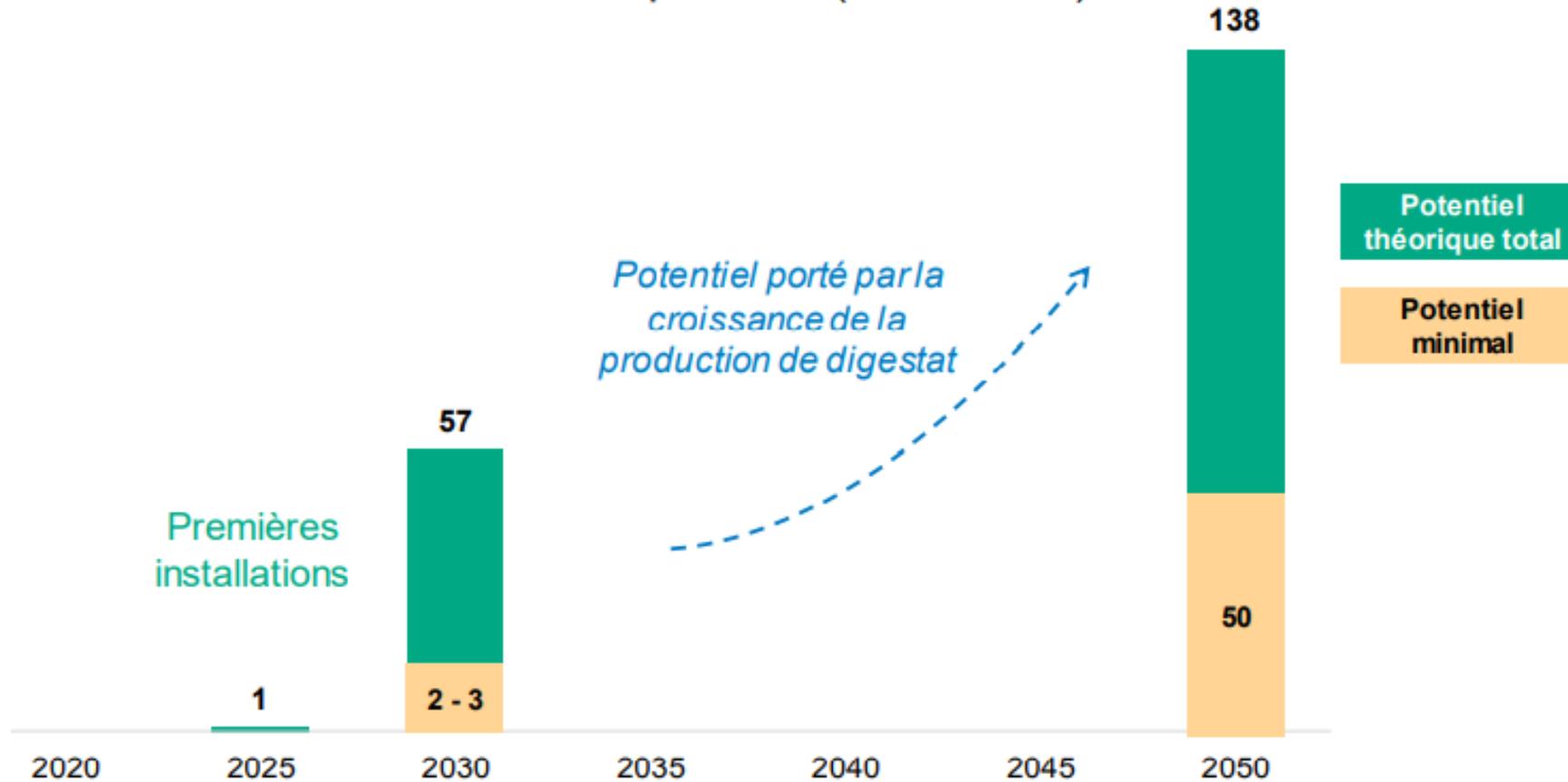
CEA Liten

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



Perspectives

Evolution du potentiel de production de gaz renouvelable en France métropolitaine (en TWh/an)



La technologie GH sera au cœur des écosystèmes...

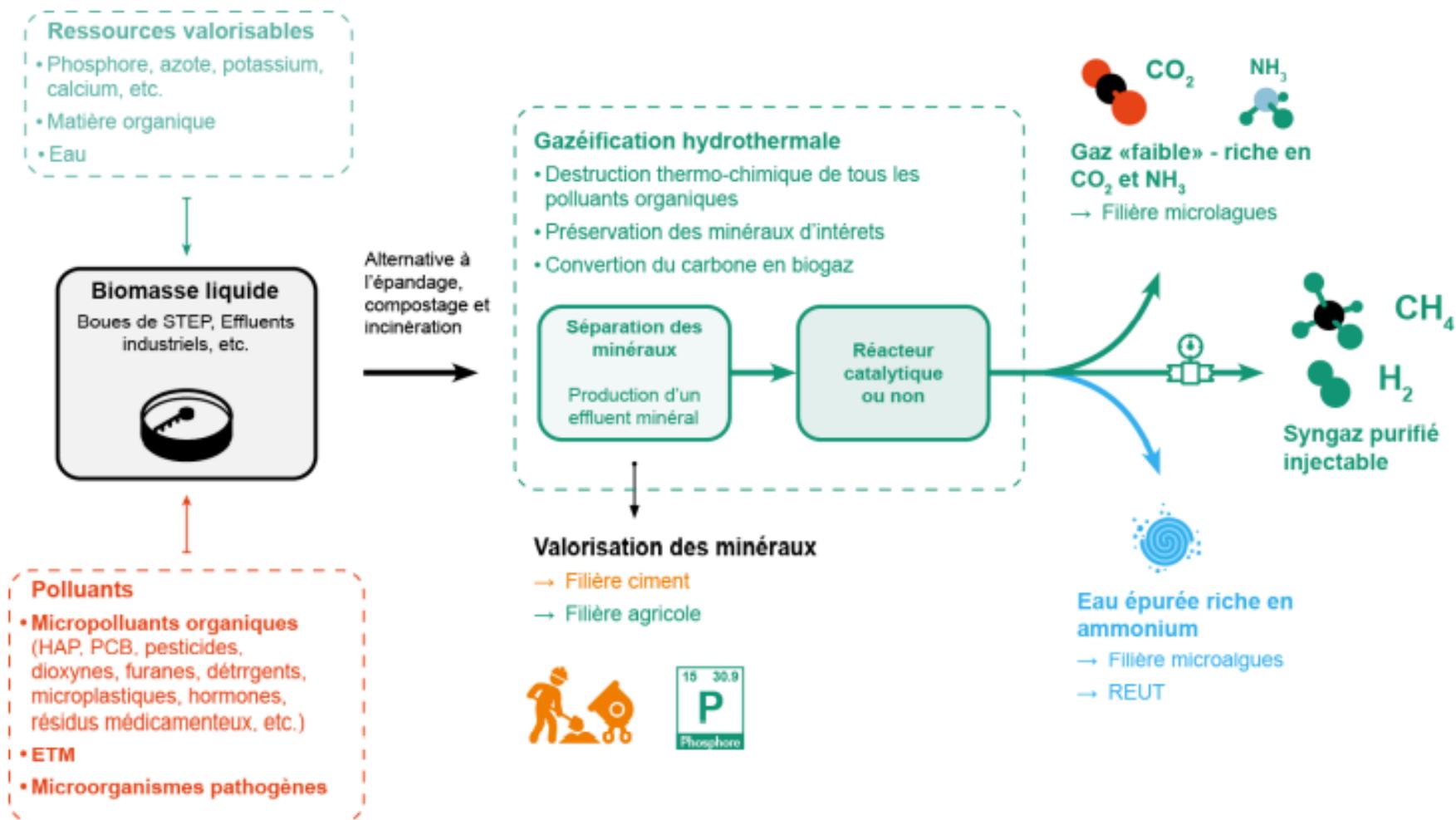


Schéma de « flux » de valorisation, réalisé dans le cadre des études de faisabilité « démonstrateur » Montoir de Bretagne », CEREMA Ouest, 2020

... et de l'économie circulaire

POUR LE PRODUCTEUR

- > **Traitement du déchet** : forte réduction du déchet ultime
- > **Production d'un gaz renouvelable versatile** (biométhane et bioH₂)
- > **Récupération et valorisation des sels minéraux et de l'azote** pour la production de fertilisants
- > **Valorisation de chaleur fatale** basse température
- > **Amélioration nette du bilan CO₂ global** du cycle de valorisation/ élimination

POUR LE TERRITOIRE

- > **Production de gaz renouvelable décentralisée**: contribution positive au bilan énergétique du territoire
- > **Fortes synergies possibles** entre industries et collectivités situées sur une même zone géographique : **atout clé de l'écologie industrielle**
- > **Développement d'emplois** non délocalisables
- > **Baisse de la pollution locale** :
 - > Un **retour au sol** des fertilisants (azote notamment) **mieux maîtrisé car piloté**
 - > **Diminution nette des besoins de transport (route)** et de son coût pour l'élimination des déchets ultimes
 - > **Pas de pollution aérienne** (NO_x, CO,...)

POUR LA COMMUNAUTÉ

- > Un potentiel de gaz renouvelable **additionnel de + 58 à 138TWh/an** à horizon 2050 (20 à 45% des objectifs nationaux)
- > Une démonstration **concrète de l'économie circulaire** (gestion des déchets et écologie industrielle)
- > La **préservation des ressources en eau** (80% du produit en sortie est de l'eau claire)



En traitant des déchets et résidus de biomasse liquide dans une approche d'économie circulaire, la **Gazéification Hydrothermale** devient l'élément central d'une **chaîne de valeur vertueuse et prometteuse.**



Merci

