



# La Pyrogazéification pour injection

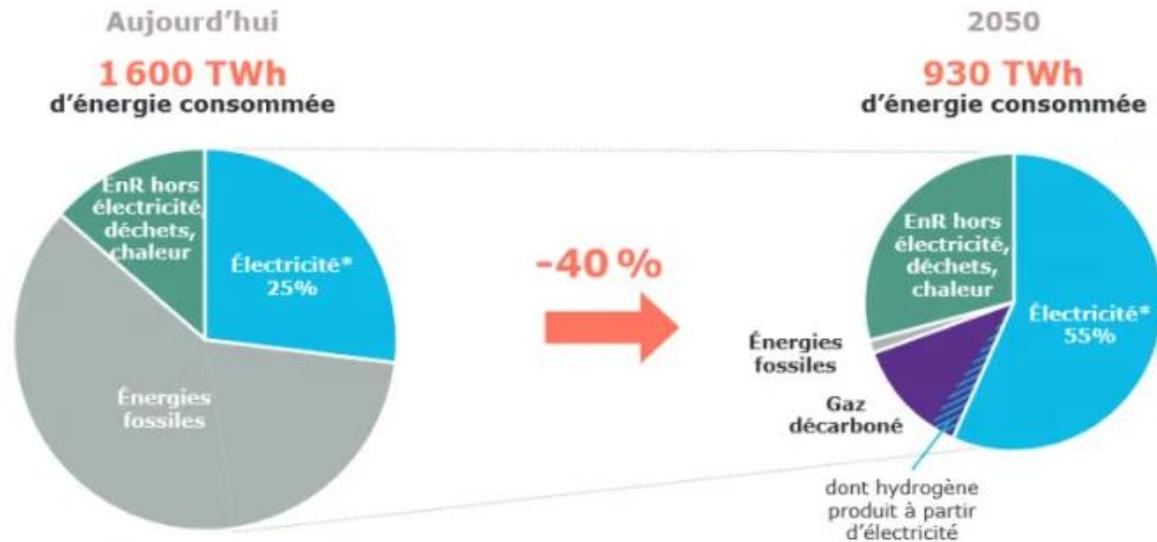
une solution locale de traitement des déchets et de décarbonation immédiate de tous usages gaz

Chourouk NAIT SAIDI  
Déléguée Générale Club Pyrogazéification – ATEE

# VALORISER LES RÉSIDUS SOLIDES DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE RENEUVABLE LOCALE

## De quoi avons-nous besoin ?

Consommation d'énergie finale en France et dans la SNBC



\* Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)  
Consommation finale d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh

@Source RTE, FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 | PRINCIPAUX RÉSULTATS | OCTOBRE 2021

## De quoi disposons-nous ?

Une grande diversité de ressources

### Matières organiques sèches (Biomasse)



Plaquettes forestières



Déchets verts et résidus d'agriculture



Déchets vinicoles



Déchets d'ameublements

### Déchets carbonés non recyclables et non renouvelables



Combustibles solides de récupération (CSR)



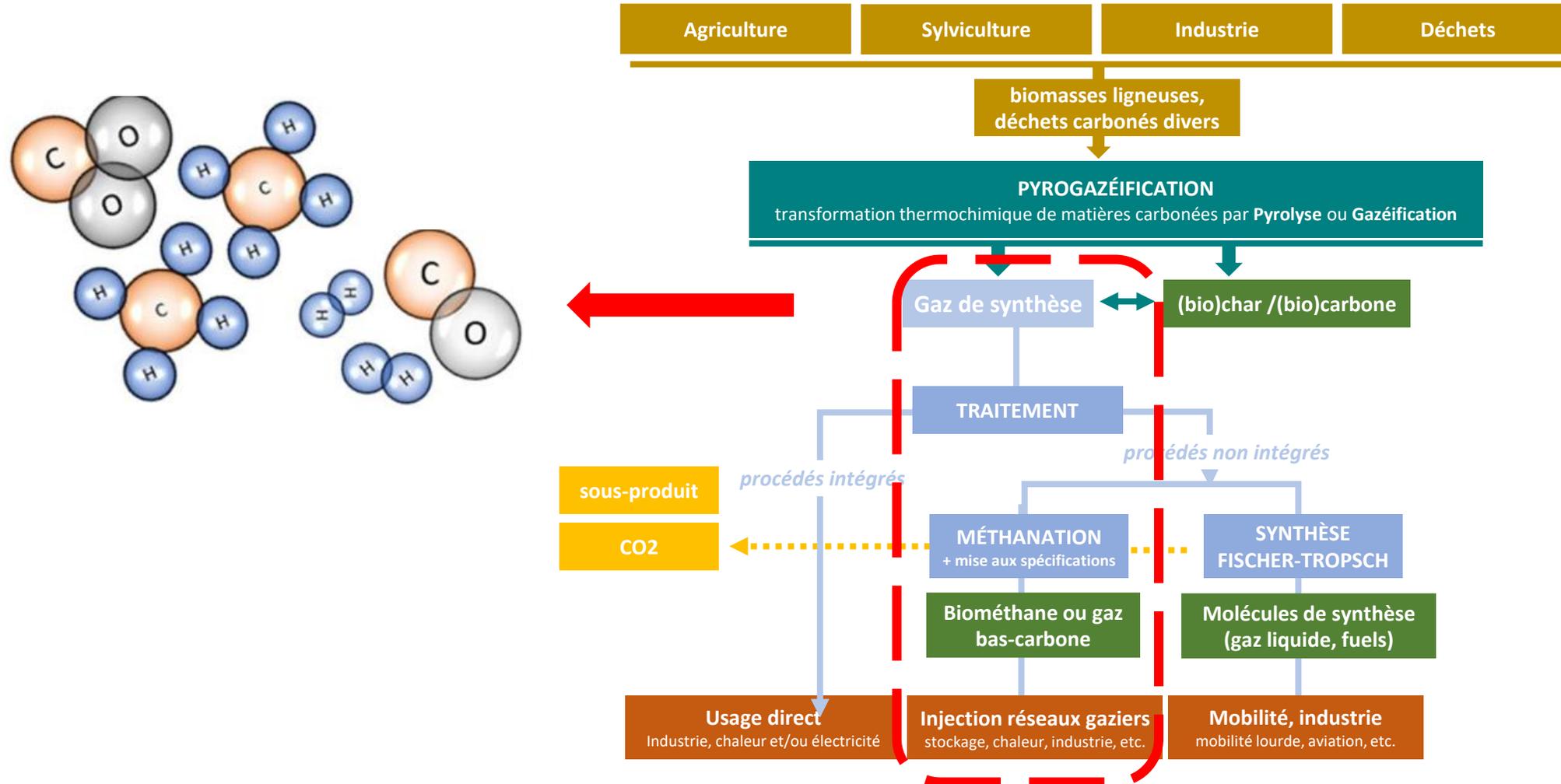
Pneus usagés



Plastiques non recyclables

# VALORISER LES RÉSIDUS SOLIDES DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE RENOUVELABLE LOCALE

## La pyrogazéification, une solution de décarbonation énergétique



# LES ATOUTS DES PROJETS DE PYROGAZÉIFICATION POUR PRODUCTION DE GAZ RENOUVELABLE ET BAS-CARBONE



## Energie

- Une énergie non intermittente facilement stockable
- **Compatibilité avec des installations existantes** : usages gaz, industriels, résidentiels et tertiaires, mobilité



## Déchets

- Gestion des déchets : création d'exutoire de valorisation pour traiter quantité de déchets non recyclables « CSR » actuellement éliminés pour **réduire l'enfouissement**



## Environnement

- Valorisation d'un gaz propre, réduction des émissions polluantes (poussières, dioxines, furanes, NOx)
- Une réduction de l'empreinte carbone

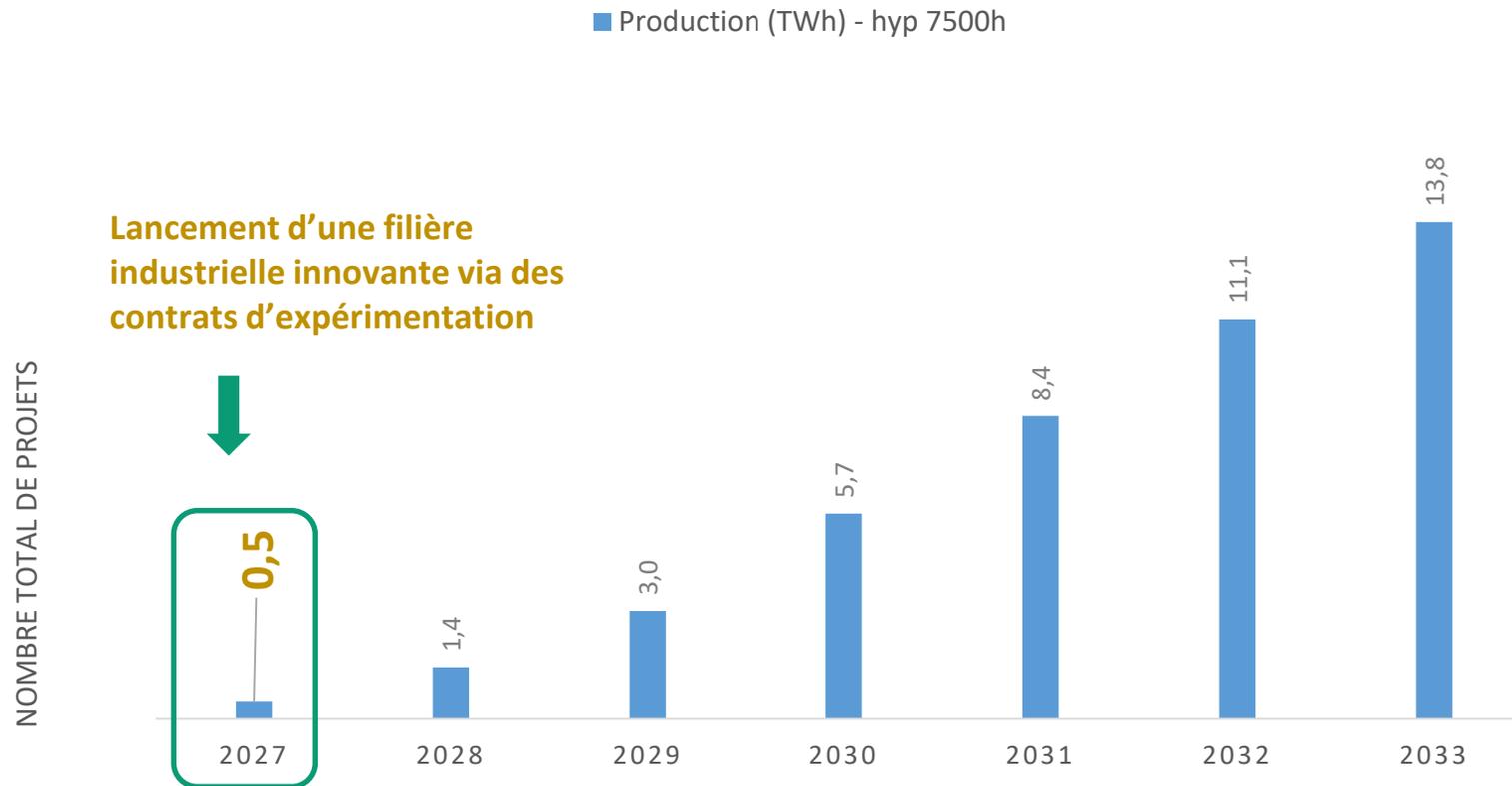


## Socio-économie

- Une **économie circulaire** à l'échelle des territoires
- **Création d'emplois** non délocalisables
- Une **souveraineté énergétique** des territoires

# TRAJECTOIRE DE DÉPLOIEMENT DES PROJETS DE PYROGAZÉIFICATION POUR INJECTION

Des projets en développement, impulsés par la demande des territoires.



AMI 2022 (Appel de Manifestation d'intérêt) Pyrogazéification pour Injection

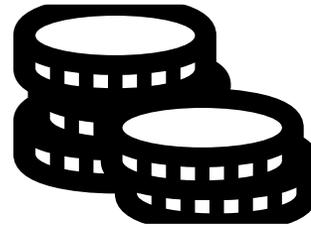
- 49 projets ont déposé un dossier sur l'ensemble du territoire national
- avec une puissance totale des projets recensés évaluée à 4,1 TWhPCS/an.

# LES DÉFIS ET ATTENTES DES ACTEURS

Des technologies nécessaires au mix énergétique de demain et qui ont aujourd'hui besoin d'un soutien public pour se développer.



**Une réglementation adaptée**  
(difficultés de classification ICPE),  
via des modifications de la  
nomenclature ICPE et des AMPG  
associés



**Mettre en place à court terme les  
contrats d'expérimentation** pour  
la production de biométhane et  
gaz bas carbone.

**Préparer un dispositif de soutien  
pérenne** permettant  
d'accompagner l'industrialisation  
de la filière.

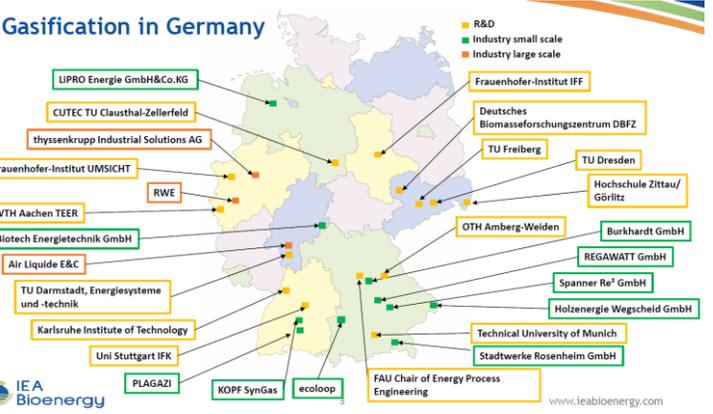


**Des objectifs de production  
clairement intégrés** dans les  
scénarios prospectifs orientant la  
politique énergétique (**PPE 3/  
SNBC**) de la France et de l'Union  
Européenne (RED, Gas package ...)

# OÙ EN EST-ON ? Une filière française dynamique mais également en Europe!

## La pyrogazéification

s'appuie sur une **filiale française dynamique**, regroupant **des acteurs sur l'ensemble de la chaîne de valeur**, allant des start-ups aux grands groupes industriels, et impliquant des collectivités locales. Cela démontrent le **potentiel de la filière** et sa capacité à **participer à l'atteinte des objectifs de décarbonation** du mix énergétique français.



@Source AIE task 33



Crédit photo : Plateforme GAYA (Engie)

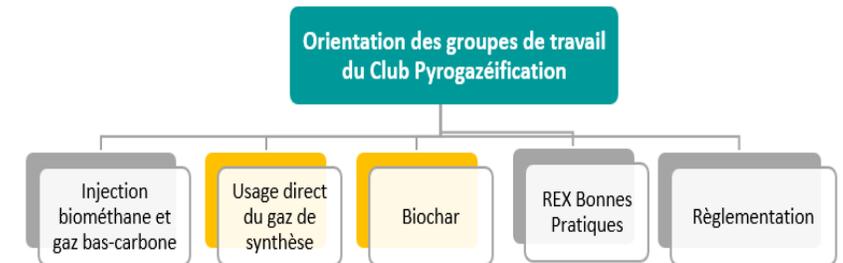


Crédit photo : Plateforme Lermab (Eqtec)

# Le Club Pyrogazéification de l'ATEE

Le Club **Pyrogazéification** a été fondé en 2014 pour structurer et animer une plateforme d'échanges entre tous les acteurs de la filière et les représenter collectivement

- **Veille juridique**, réglementaire et économique,
- **5 groupes de travail** ( **GT Injection gaz de synthèse**, GT usage direct, GT Réglementation, GT Technique « Rex Bonnes Pratiques »), GT biochar
- **Représentation de la filière**, organisation de consultation et élaboration de propositions,
- **Cartographie et suivi des projets** ,
- **Participation aux instances européennes** (EBA...) et internationales ( IEA Bioenergy Task33),
- **Elaboration de ressources techniques** et pédagogiques (webinaires, kit de communication...)
- Participation à des événements visant à faire connaître la filière pyrogazéification.



**Contact : Chourouk NAIT SAIDI**  
Déléguée Générale – ATEE

*email: [c.naitsaidi@atee.fr](mailto:c.naitsaidi@atee.fr)*  
*Tel : 07 52 62 58 29*

## 50+ acteurs se mobilisent au GT Injection de gaz de synthèse

### Acteurs du déchet / recyclage



### Acteurs d'influence nationaux et régionaux



- Pilote le GT « Injection gaz de synthèse »
- Siège au Conseil d'Administration du Club Pyrogazéification



### Opérateurs de réseaux et acteurs gaziers



### Équipementiers



### Bureaux d'étude



24-25 janv/jan 2024 Nantes FR

l'événement Biotransition / the Biotransition event

# FEUILLE DE ROUTE DU GT PYROGAZÉIFICATION POUR INJECTION DES GAZ DE SYNTHÈSE



## Une ambition

Industrialiser la filière en France :

- en s'appuyant sur les **appels à projet prévus par la loi Energie Climat** (pour les filières innovantes de production de biogaz) et
- en faisant émerger un **mécanisme de soutien pour la valorisation des déchets non renouvelables**



## Trois actions principales

- ✓ Transmettre les **enjeux de la filière et des porteurs de projets** aux pouvoirs publics et **mettre en visibilité** le dynamisme de la filière
- ✓ **Partager des études** techniques et réglementaires et capitaliser sur les résultats des démonstrateurs et des projets industriels existants et en développement
- ✓ Communiquer les résultats de **qualité du méthane produit** et poursuivre les **campagnes de mesure**

Pilote de GT



Clotilde Villermaux

Chef de Projet Pyrogazéification  
chez GRTgaz

[clotilde.villermaux@grtgaz.com](mailto:clotilde.villermaux@grtgaz.com)



**Merci de votre attention**

**Pour plus d'échange**

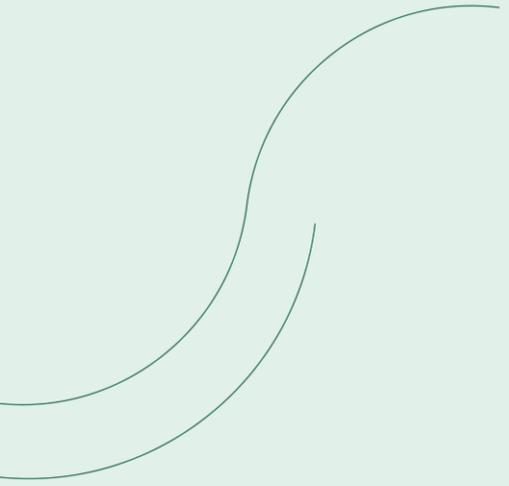
**Le Club Pyrogazéification  
est présent au STAND D24**





## Pyrogazéification

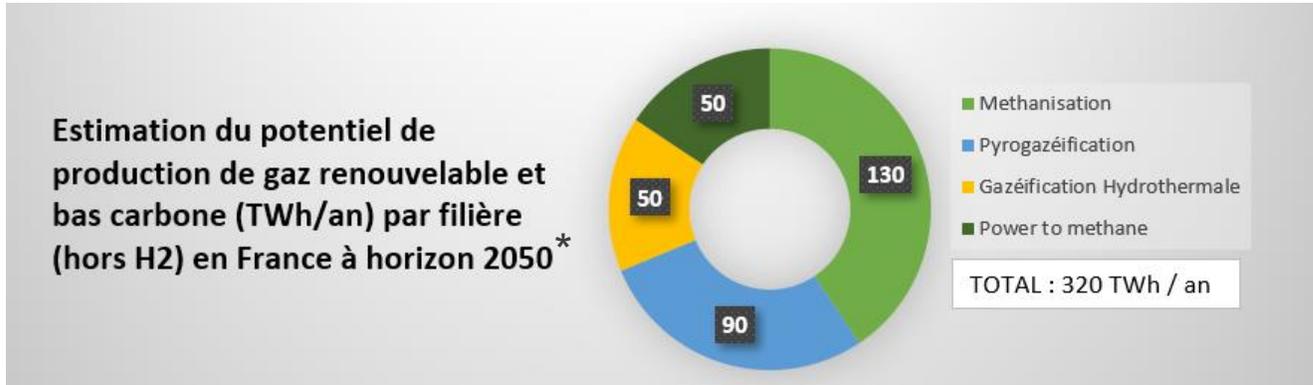
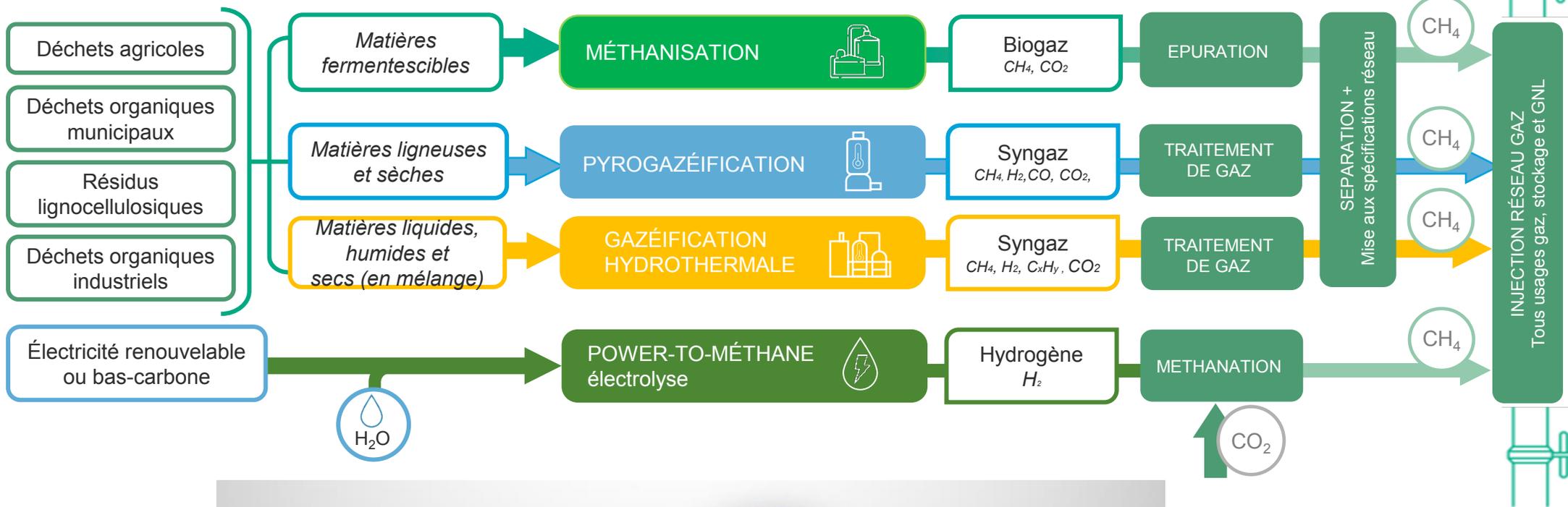
Porteurs de projets et opérateurs de réseaux au rendez-vous



**La pyrogazéification :  
solution industrielle de traitement des  
résidus peu ou mal valorisés en gaz  
injectable dans les réseaux existants**

# 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 : 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

Biomasses

Valorisation de biomasses sèches



Bois emballages en fin de vie



Bois forestier et connexes



Sarments et ceps de vigne

Biométhane

Déchets

Issus de biomasse



Bois faiblement traités : déchets de bâtiment



Déchets d'éléments d'ameublement (DEA)



Résidus de papeterie

Biométhane

Non renouvelables



Déchets plastiques de refus de tri



Combustibles solides de Récupération (CSR)



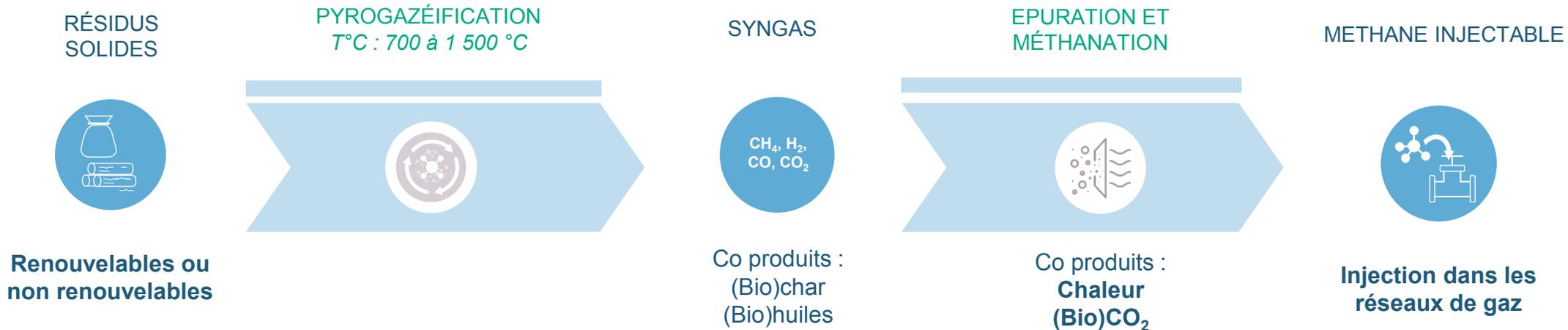
Pneumatiques usagés

Gaz renouvelable,  
bas-carbone, ou  
de récupération

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



Projet GoBiGas à Göteborg (Suède)



Projet à Güssing (Autriche)



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



Projet Swindon (Angleterre) : ABSL

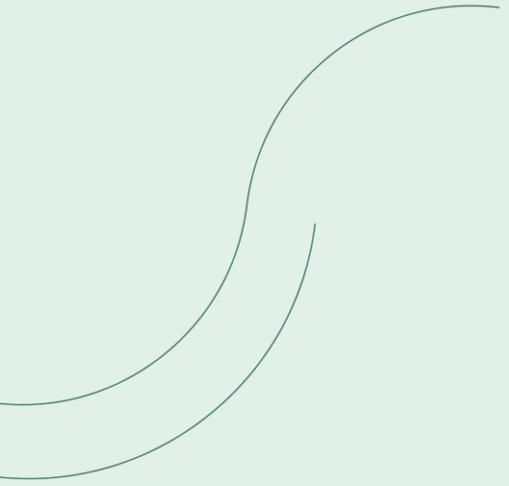


Un rendement net sur la production de gaz injecté de l'ordre de **50% à 60%**  
Un rendement global sur la production de méthane et valorisation de chaleur de **65% à 85%**



Temps de fonctionnement ~ **7500 à 8000 h/an**

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



**La pyrogazéification pour injection :  
au service d'une économie circulaire des  
territoires 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**.
- Solution locale de traitement de déchets sur place qui **limite leur transport** physique

## 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 gaz existant** déjà largement maillé
- **Production locale** en substitution d'une énergie fossile importée
- Un méthane de synthèse **utilisable pour de multiples usages**

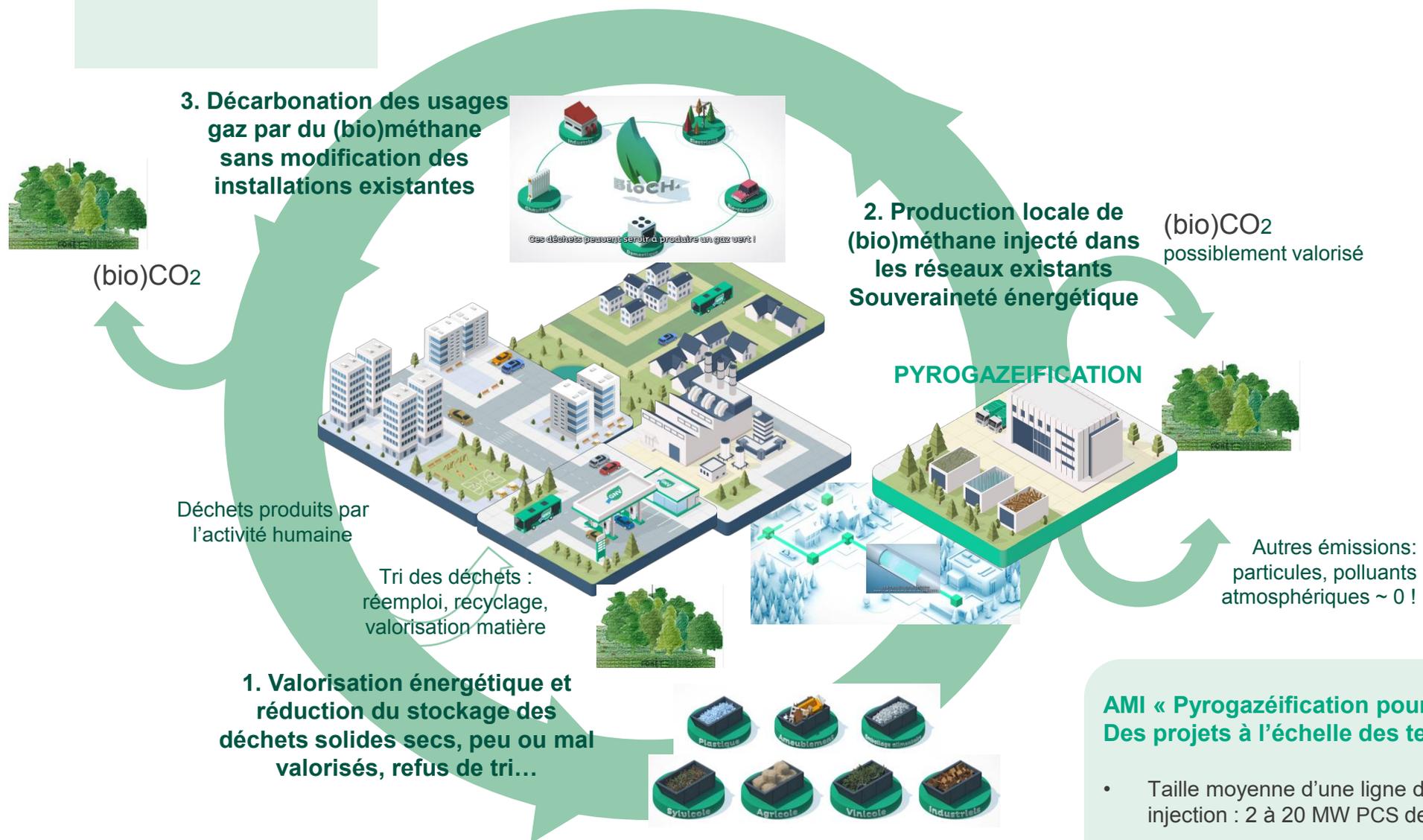


## Enjeux environnementaux et sanitaires

- **Diminution des émissions de GES**
- **Réduction** pouvant aller jusqu'à la suppression **des fumées, particules fines et poussières**



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



**AMI « Pyrogazéification pour injection » 2022**  
**Des projets à l'échelle des territoires:**

- Taille moyenne d'une ligne d'installation de pyrogazéification pour injection : 2 à 20 MW PCS de méthane produit/an (200 à 2000 Nm<sup>3</sup>/h)
- Une capacité de résidus à traiter de ~10 à 70 kT/an par installation



# L'AMI (Appel à Manifestation d'Intérêt) filière « Pyrogazéification pour injection » : des projets en attente d'un dispositif de soutien pour être lancés

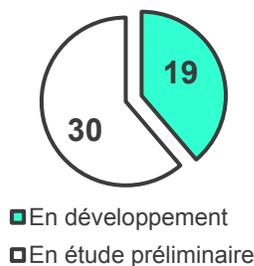
AMI organisé en 2022 par le CSF NSE et piloté par GRTgaz



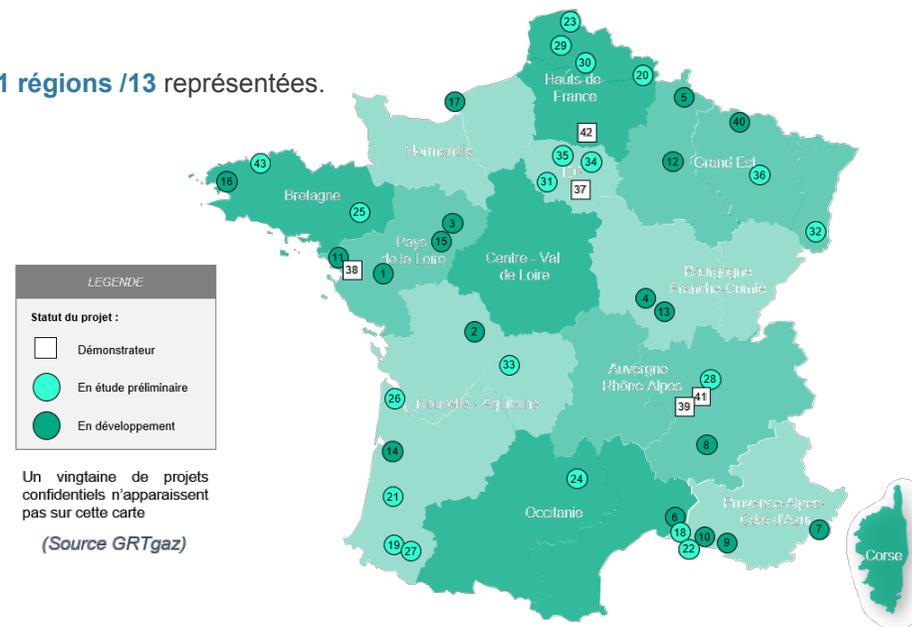
## Les objectifs de l'AMI

- 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.

49 projets se sont manifestés.



11 régions /13 représentées.



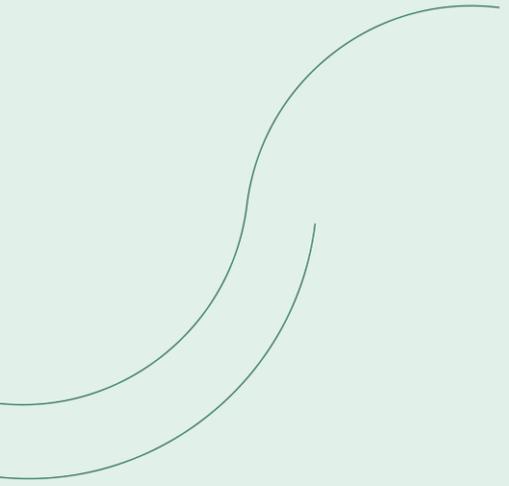
## La production de méthane de synthèse :

- Taille moyenne d'un projet : 10 MW<sub>CH4</sub>
- Capacité de production des projets recensés : 4,1 TWh<sub>PCS</sub> /an permettant le chauffage de 360 000 foyers.

## Une solution de traitement des déchets peu ou mal valorisés :

- Jusqu'à 1,3 Mt de déchets résiduels traités par an

La biomasse et le bois B majoritaires à ce stade, mais quelques projets avec du CSR sont déjà identifiés



**La pyrogazéification pour injection :  
un cadre réglementaire largement clarifié  
ces derniers mois, et des ajustements à  
prévoir**

# Des avancées sur la reconnaissance du gaz bas-carbone

Loi d'accélération de la production d'EnR - 10 mars 2023

**Rappel** Biométhane = biogaz injecté dans les réseaux. Certification RED : selon les usages. Soutien public si référentiel usage « Chauffage résidentiel & tertiaire ».

REDII - Seuil d'émissions GES par usage et date de mise en service	Référence fossile	< oct. 2015	≥ oct. 2015	≥ 2021	≥ 2024
⚡ Production électrique (origine biologique) gCO2e/kWh	659	–	–	197 (-70%)	132 (-80%)
🚰 Carburant (origine biologique) gCO2e/kWh <sub>PCI</sub>	338	169 (-50%)	135 (-60%)	118 (-65%)	
🚰 Carburant (origine non-biologique) gCO2e/kWh <sub>PCI</sub>		–	–	102 (-70%)	
🔥 Chauffage résidentiel & tertiaire (origine biologique) gCO2e/kWh <sub>PCI</sub>	288	–	–	86 (-70%)	58 (-80%)

## Neutralité technologique

## Respect prescriptions + compatibilité H<sub>2</sub> résiduel

✓ Gaz bas-carbone : gaz constitué principalement de méthane qui peut être injecté et transporté de façon sûr 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.

✓ Cadre d'accès au réseau étendu au gaz bas carbone :

- Réfaction tarifaire + droit à l'injection pour les installations de production de gaz renouvelable, dont le biogaz, ou de gaz bas-carbone

✓ Ouverture des contrats d'expérimentation au gaz bas-carbone

Compatibilité seuil RED II démontrée sur plusieurs projets

Loi d'accélération de la production des EnR

Loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables

- Définition gaz bas-carbone (Art. L447-1 du Code de l'énergie)
- Extension réfaction tarifaire (Art. L452-1 et 452-1-1 du Code de l'énergie)

- Extension du droit à l'injection (Art. L453-9 du Code de l'énergie)
- Contrat d'expérimentation au gaz bas-carbone (Art. L447-4 du Code de l'énergie)

# Ventes/achat de production de biométhane et gaz bas carbone produits par pyrogazéification

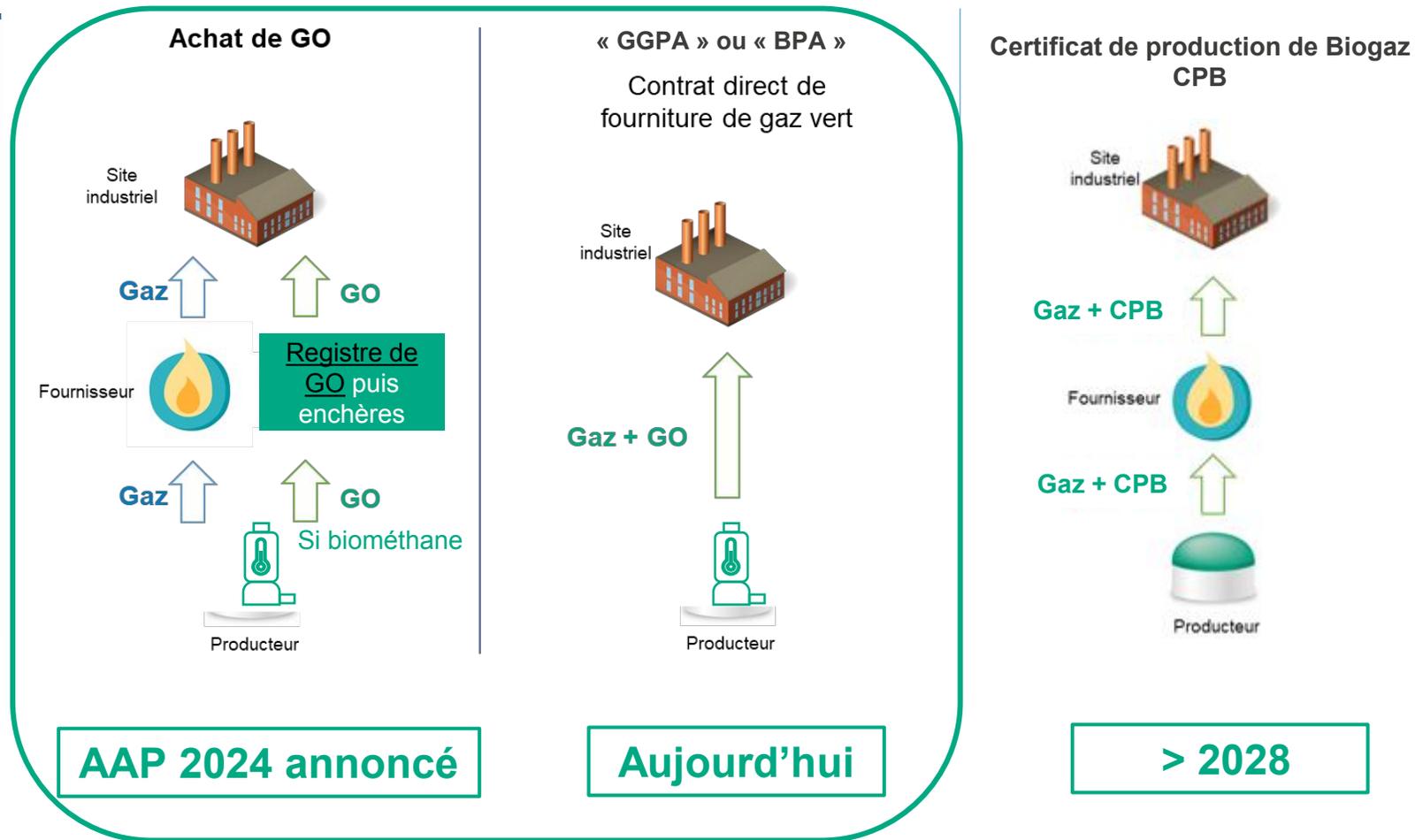
Facilité de mise en œuvre à date

Mécanismes de soutien public

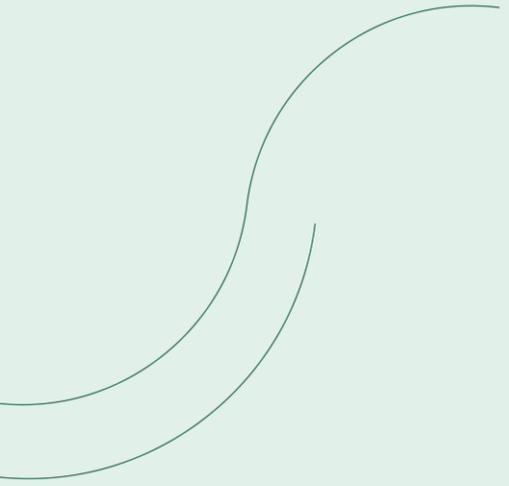
Mécanismes de soutien adossés à des financements privés

Cadre concerné à date par la filière pyrogazéification - Biométhane (et gaz bas carbone)

6 TWh / an : cible 2030 de production par la filière pyrogazéification



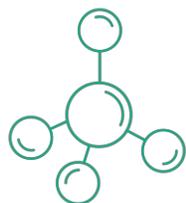
Décret du 8/12/2022 précise l'usage de la GO dans l'ETS



**La pyrogazéification pour injection :  
une démarche de raccordement conjointe  
entre opérateur de réseau et porteur de  
projet**

# Des spécifications techniques communes aux opérateurs

Les valeurs de 3 paramètres seront ajustées par rapport aux prescriptions existantes



## Des teneurs admissibles révisées et harmonisées bientôt retranscrites dans la norme européenne relative aux caractéristiques du gaz (EN 16726)

- H<sub>2</sub> : < 2% (molaire)
- CO : < 0,1% (molaire)
- Densité : 0,500 à 0,700



## Ces seuils sont compatibles avec l'intégralité des usages en France

- Un seul consommateur en France poursuit des études d'impact



## La composition cible du gaz produit est atteignable techniquement

# Les projets de pyrogazéification intègrent le registre des capacités

Un premier pas vers un traitement non différencié de tous les producteurs de gaz bas carbone

2013

Création du registre des capacités qui recense tous les projets de production de biométhane **dès la signature de la première étude de raccordement**



2022

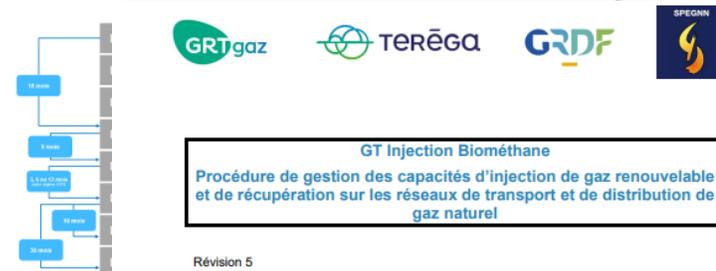
Extension à tous les **gaz renouvelables et de récupération**  
**Intégration du premier projet de pyrogazéification**



Recensement de tous les projets de production permettant de

- ✓ **Dimensionner les réseaux**
- ✓ **Publier les chiffres clés de la production de gaz renouvelables et bas carbone**

Annexe 1 : Organigramme de gestion des jalons du registre des capacités pour la phase initiale



Annexe 2 : Org

D1'	Entrée dans le registre des capacités
D2'	Remise d'une convention d'étude de phase 2
D3'	Accord de principe
D4'	Dépôt du dossier ICPE
D5'	Recevabilité d'un dossier ICPE
D6'	Arrêté d'autorisation
D7'	Avancement au CO2
D8'	Mise en produ méthanisation

GT Injection Bion  
Procédure de gestion d  
Révision 5

## GT Injection Biométhane Procédure de gestion des capacités d'injection de gaz renouvelable et de récupération sur les réseaux de transport et de distribution de gaz naturel

Révision 5  
Date : Juillet 2022

### Sommaire

1. Principes	2
2. Définitions	3
3. Prérequis à l'intégration du registre : la définition de l'opérateur projet	5
4. Étapes d'un projet entre son entrée dans le registre et sa mise en service	5
a. Signature de la convention d'étude de phase 2 et entrée dans le registre (jalon D1)5	5
b. Remise du rapport d'études de phase 2 par le gestionnaire de réseau (jalon D2) ...	6
c. Accord de principe pour la poursuite du projet (jalon D3) .....	6
d. Dépôt du dossier ICPE (jalon D4).....	6
e. Recevabilité du dossier ICPE (jalon D5).....	7
f. Validation du dossier ICPE (jalon D6).....	7
g. Signature du contrat de raccordement et d'injection (jalon D7).....	7
h. Mise en service de l'unité de production de gaz renouvelable (jalon D8).....	7
5. Augmentations ou diminutions de capacités	8
a. Entrée dans le registre des augmentations de capacités (jalon D1').....	8
b. Dépôt du dossier ICPE associé à l'augmentation de capacité (jalon D4').....	8
c. Mise en service de l'augmentation de capacité (jalon D8') .....	8
d. Demande de diminutions de capacités .....	9
6. Conditions de sortie du registre des capacités	9
a. Sortie du registre .....	9
b. Exceptions à la sortie du registre.....	9
c. Demande de réintégration d'un projet .....	9
7. Évolutions des consommations et risques de saturations .....	10
Annexe 1 : Organigramme de gestion des jalons du registre des capacités pour la phase initiale .....	11
Annexe 2 : Organigramme de gestion des jalons du registre des capacités pour une augmentation de capacité .....	11

# Le développement des réseaux grâce au droit à l'injection

Tous les projets de production de gaz renouvelables et bas carbone peuvent en bénéficier dont la pyrogazéification

## Grands principes

Octobre 2018 : Loi EGalim introduisant le droit à l'injection de biométhane dans les réseaux de gaz

Juin 2019 : décret « Droit à l'injection » décrivant les modalités de réalisation des investissements

Nov 2019 : publication de la Délibération N°2019-242 de la Commission de Régulation de l'Energie

PRINCIPES INTRODUITS	Zonages de raccordement*	Financement des renforcements	Introduction d'un timbre d'injection	Mutualisation des raccordements	Participation de tiers
IMPACTS SUR LES PROJETS	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Tout projet est soumis à la validation d'un zonage de raccordement</li> <li>› L'opérateur de raccordement est défini selon l'implantation du projet</li> <li>› Les opérateurs de réseaux déterminent l'optimum technico-économique des raccordements et renforcements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Investissements de renforcement pris en charge par les opérateurs de réseaux</li> <li>› Conditionnés au respect du critère « I/V » jusqu'à 4700 €/Nm<sup>3</sup>/h <i>I = investissements</i> <i>V = volumes</i></li> <li>› Le régulateur approuve tous les investissements de renforcement avant réalisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Payé par les producteurs Selon les adaptations de réseau :</li> <li>› Niveau 1 : pas de renforcement 0 €/MWh</li> <li>› Niveau 2 : maillages ou extensions mutualisées 0,4 €/MWh</li> <li>› Niveau 3 : rebours ou compressions mutualisées 0,7 €/MWh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Partage possible des coûts de raccordement mutualisables entre plusieurs producteurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Mécanisme permettant les investissements de renforcement si I/V &gt; 4700 €/Nm<sup>3</sup>/h</li> </ul>



## En résumé

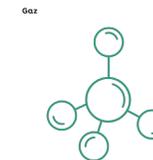
- ✓ Des **renforcements de réseaux** sont rendus possible si les capacités d'accueil doivent être augmentées pour permettre l'injection de votre production
- ✓ Les **gestionnaires de réseaux se concertent** pour définir le réseau auquel vous pourrez vous raccorder dans les meilleures conditions technico économiques. Ce gestionnaire de réseau est appelé « **Opérateur projet** »
- ✓ En plus du droit à l'injection, vos projets bénéficient d'une **réfaction de 60%** sur le raccordement, plafonnée à 600 k€.

# La démarche de raccordement au réseau

Chaque projet est unique : les opérateurs de réseaux vous accompagnent dès les phases amont de votre projet



Entrée dans le Registre de capacité CRE



**Injection de gaz dans le réseau**

\* Une fois que l'opérateur projet identifié lors du zonage de raccordement

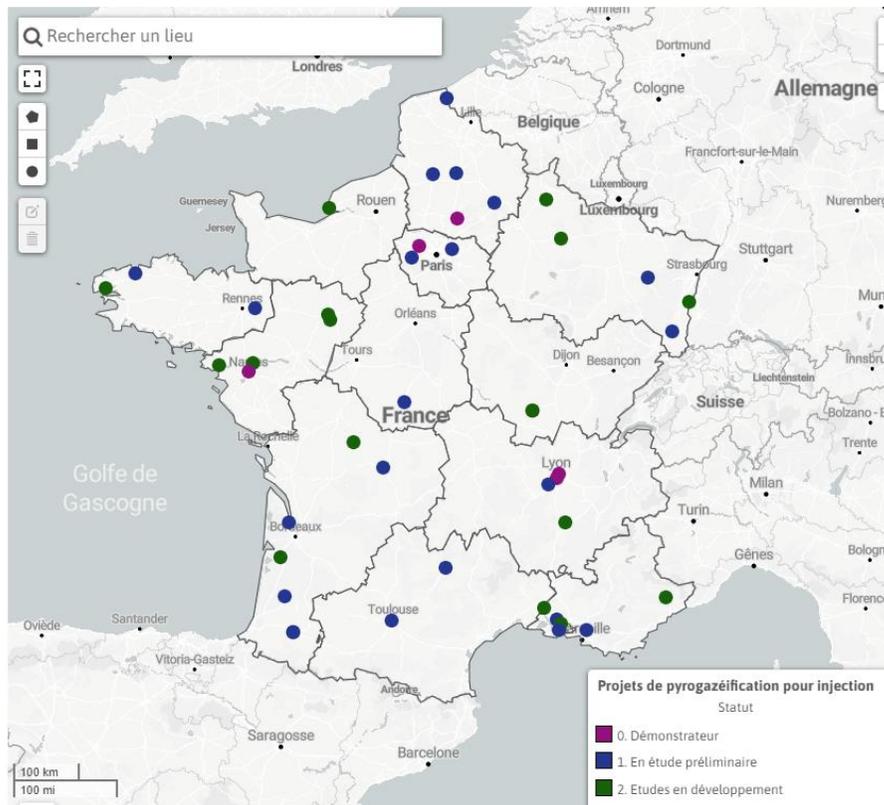
# Une filière dynamique qui s'organise, prête à s'industrialiser

Projets de production de gaz renouvelable et bas carbone  
par pyrogazéification pour injection dans les réseaux gaziers



Modifier

Informations Tableau Carte Export API



## Plus d'une soixantaine de projets industriels identifiés en territoire

Mise en place d'une cartographie des projets, avec statut de leur développement

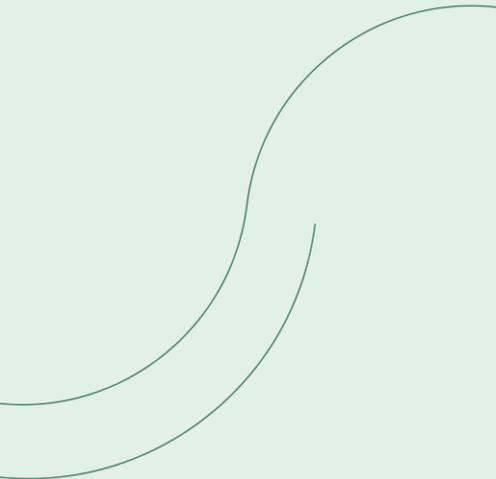
[https://opendata.reseaux-energies.fr/explore/dataset/projet-commerciaux-et-demonstrateurs-en-france-de-pyrogazéification/custom/?disjunctive.statut&disjunctive.energie&disjunctive.nom\\_region](https://opendata.reseaux-energies.fr/explore/dataset/projet-commerciaux-et-demonstrateurs-en-france-de-pyrogazéification/custom/?disjunctive.statut&disjunctive.energie&disjunctive.nom_region)

A date : 8 **installations de pyrogazéification** figurent dans le registre de capacités relativement à l'injection de réseaux gaziers :

→ soit **690 GWh\_PCS /an**

→ Pour 8300 nm<sup>3</sup>/h de biométhane et gaz bas carbone

Les projets industriels français de pyrogazéification pour injection se déclarent prêts à se lancer



# MERCI!



**Clotilde Villermaux : Chef de Projet Pyrogazéification chez GRTgaz – [clotilde.villermaux@grtgaz.com](mailto:clotilde.villermaux@grtgaz.com)**



**Etienne Goudal : Chef de projet Senior chez GRDF – [etienne.goudal@grdf.fr](mailto:etienne.goudal@grdf.fr)**



Communauté urbaine



LIMOGES MÉTROPOLE  
**TRANSITION  
ÉNERGÉTIQUE**

# Production de biométhane de deuxième génération

Un projet territorial pour Limoges Métropole



# La question du biométhane

à Limoges



# Limoges c'est là



# La durabilité de son territoire au cœur de son projet

- Objectif PCAET :
  - Division par 2 des consommations finales d'ici 2050
  - Triplement de la productions d'EnR d'ici 2050
- Concernant le biométhane :
  - Objectif à 2050, consommer moitié moins de gaz soit 800 GWh/an, et 100% de gaz vert dans le réseau.
- Pour cela :
  - Développer la méthanisation agricole avec injection sur le réseau (mobilisation des biodéchets / mutualisation avec les agriculteurs). Aujourd'hui 100 GWh injectés / an soit près de 12,5% de l'objectif.
  - Innover et recourir à la production de biométhane de 2<sup>ème</sup> génération par pyrogazéification (80 à 100 GWh)

# Etude et recherche d'un opérateur



**2020**

Etude de faisabilité (S3D) pour l'implantation d'une unité de production de biométhane de 2<sup>ème</sup> génération sur le territoire de Limoges Métropole



Recommandations pour une unité de gazéification de 40 kt/an basée sur du bois A et du bois B en complément à terme

**03/2021**

Adoption du PCAET de Limoges Métropole



Objectif de production > 1000 GWh/an d'énergie renouvelable sur son territoire d'ici 2030



**04/2022**

Réponse à l'AMI GRDF pyrogazéification pour injection

**S2 2022**

Appel à projet lancé par Limoges Métropole pour le développement d'une unité de 40 kt/an



Attribution du projet à un Groupement composé des sociétés IDEX et EQTEC en janvier 2023

# Inscription du projet au sein de l'écopole ASTER

- Objectifs :
  - Agir sur les transitions au sein d'un même lieu
  - Favoriser le développement économique exogène autour des transitions
  - Valorisation la chaleur fatale, la production d'oxygène ou le CO<sub>2</sub>
- Devoir d'exemplarité :
  - Dans l'aménagement durable du site (continuité écologique, prendre en compte les enjeux de la transition hydrique...)
  - Dans l'approvisionnement en biomasse au démarrage (local, durable et évitant les conflits d'usage) pour diversifier progressivement les intrants (bois B)

# I dex / E qtec

à Limoges



# Les points clés du projet

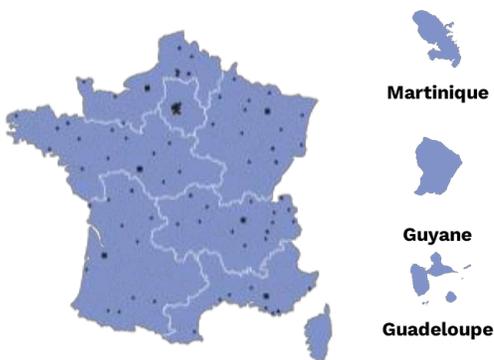
- Installation de production de **biométhane de deuxième génération** par gazéification de biomasse et méthanation
- **40 000 t/an** de biomasse locale gazéifiée, entre 4 et 5 t/h de biomasse consommée par heure de fonctionnement en moyenne
- Démarrage de l'installation avec un approvisionnement exclusif en **bois A**, et une diversification progressive vers le **bois B**
- **95 GWh** de production annuelle de biométhane de synthèse, de quoi alimenter 400 bus roulant au GNV, injectés dans le réseau GRDF

## IDEX en Bref

**Leader indépendant d'une énergie utile, locale, décarbonée et compétitive depuis 1963**

### Organisation et performance

**110 agences de proximité**  
France métropolitaine & DROM-COM



Martinique

Guyane

Guadeloupe

+ Présence en Belgique et en Lituanie



**5 300 collaborateurs et entrepreneurs innovants**



**2 milliard €**  
chiffre d'affaires 2022

### Reconnaissance et certifications



**ECOVADIS**  
Note 2022 : 67/100  
Gold

### Nos quatre métiers

**24**

Unités de Production d'Énergie industrielles ou propriétaires (UPE)

**14**

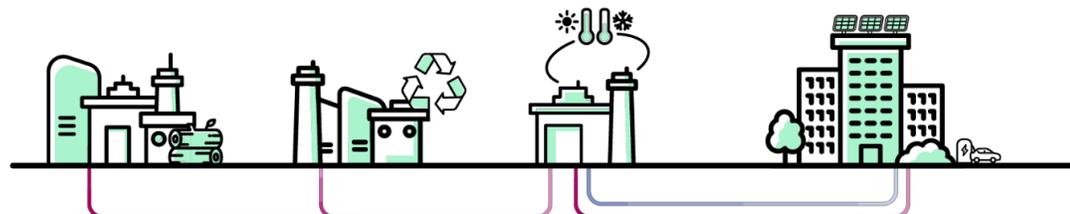
Unités de Valorisation Énergétique des Déchets (UVED)

**60**

Réseaux de Chaleur & de Froid (RCF)

**18 000**

Infrastructures Énergétiques Bâtimentaires (IEB)



**930 GWh/an** d'énergie thermique produite  
**780 GWh/an** d'énergie électrique produite

**60 %** d'EnR&R (hors garanties d'origine biométhane)  
**1,7 TWh/an** d'énergie thermique distribuée

**plus de 2 600** contrats de services aux bâtiments et à leurs occupants

### Une salle des marchés

**GoO**

2ème fournisseur de GoO biogaz

**CEE**

Obligé

**PPA**

fournisseur

**Aggrégation**

sur le marché de l'électricité

# EQTEC, un partenaire technologique de choix

- EQTEC est une société qui conçoit, fournit et construit des installations de gazéification avancées de **1 MW à 30 MW**
- Les solutions polyvalentes d'EQTEC traitent plus de **60 variétés d'intrants**, y compris des biomasses forestières et agricoles, des bois B, des CSR, des déchets industriels et les boues de step, le tout sans émissions dangereuses ou toxiques.
- Les solutions d'EQTEC produisent un **gaz de synthèse pur et de haute qualité** (« syngas ») qui peut être utilisé pour la plus large gamme d'applications, comprenant la production d'électricité et de chaleur, la production de gaz naturel synthétique (par méthanation) ou de biocarburants (par Fischer-Tropsch, traitement gaz-liquide) et le reformage de l'hydrogène.

## Installations en fonctionnement

### Movialsa, Espagne

MSI : 2011  
4 réacteurs de 1t/h  
4 t/h grigon olives  
6 MWe (Jensbacher \* 3)  
6.6 MWth

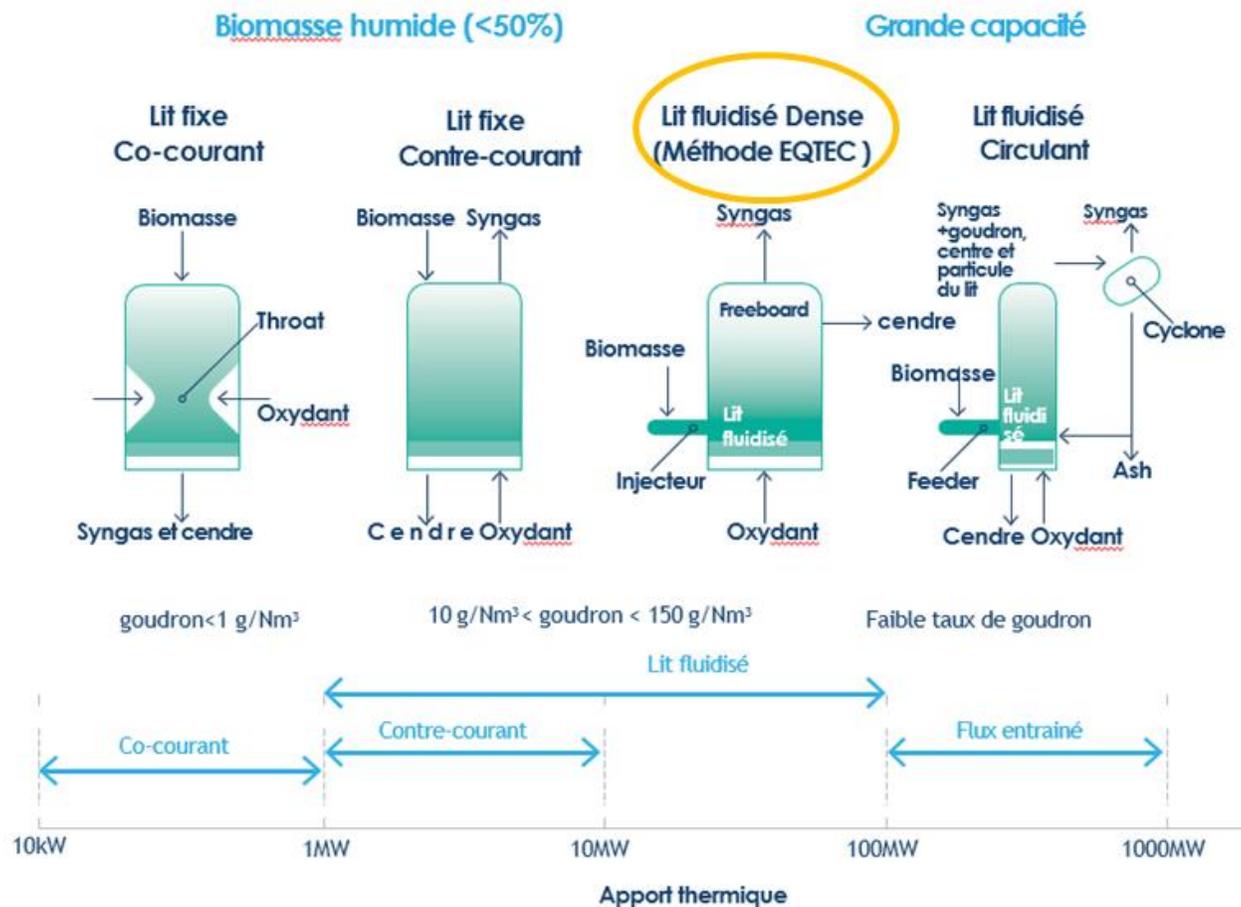


### Galina, Italie

MSI : 05/2023  
1 réacteur de 1t/h  
1 t/h plaquettes  
1.1 MWe (Jensbacher \* 1)



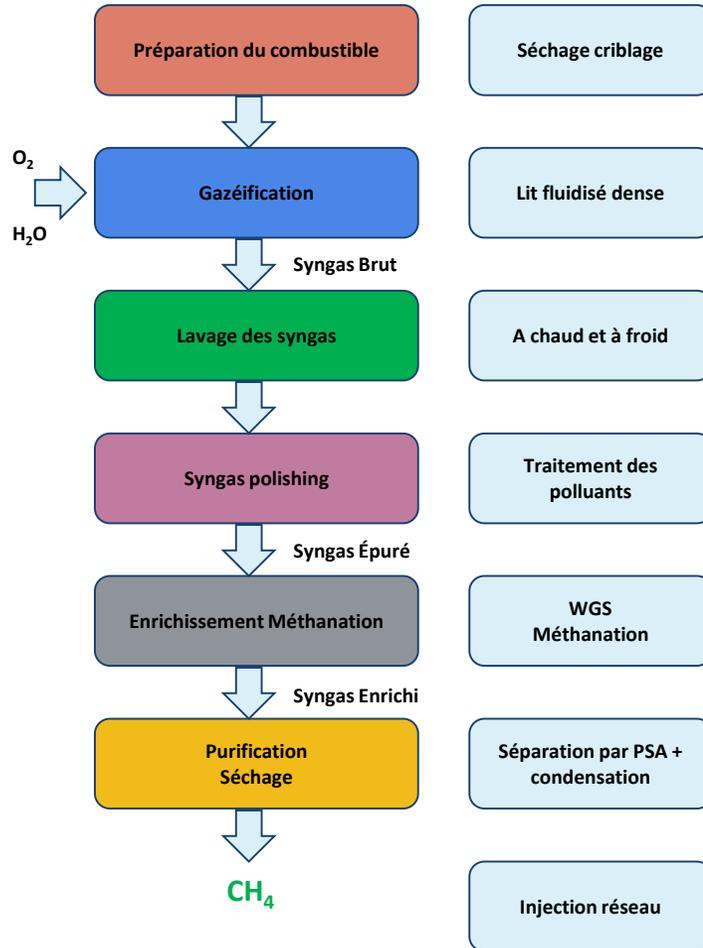
# Technologie proposée : le réacteur à lit fluidisé bouillonnant



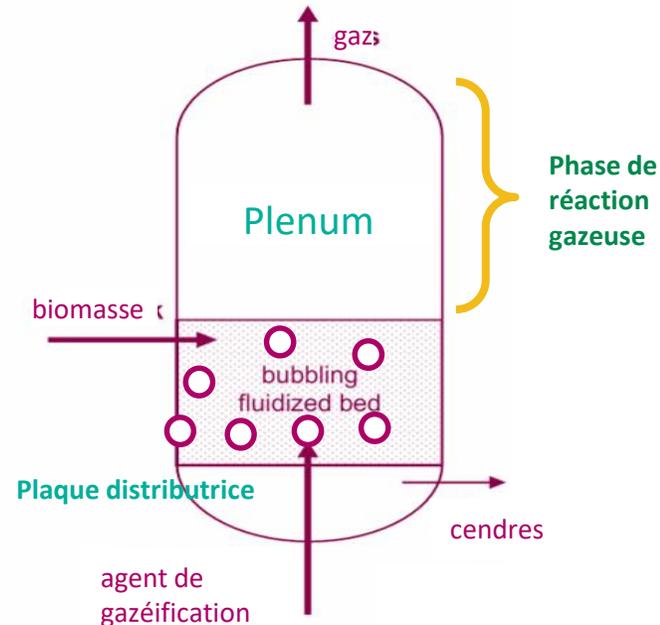
Les atouts de la technologie brevetée EQTEC pour le projet de Limoges Métropole :

- **La taille de l'unité :** les gazéificateurs EQTEC peuvent traiter entre 1 t/h et 10 t/h d'intrants biomasse pour une production entre 5 et 50 MWth.
- Les gazéificateurs EQTEC sont conçus pour traiter des **intrants complexes** : bois B, CSR, biomasse complexe et même 100% de plastique PET et PHED.
- Les gazéificateurs EQTEC sont très polyvalents en termes d'application et permettent notamment une gazéification O<sub>2</sub>/vapeur d'eau pour la production de CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>.

# Technologie proposée : le réacteur à lit fluidisé bouillonnant



## Technologie de lit fluidisé dense (BFB)



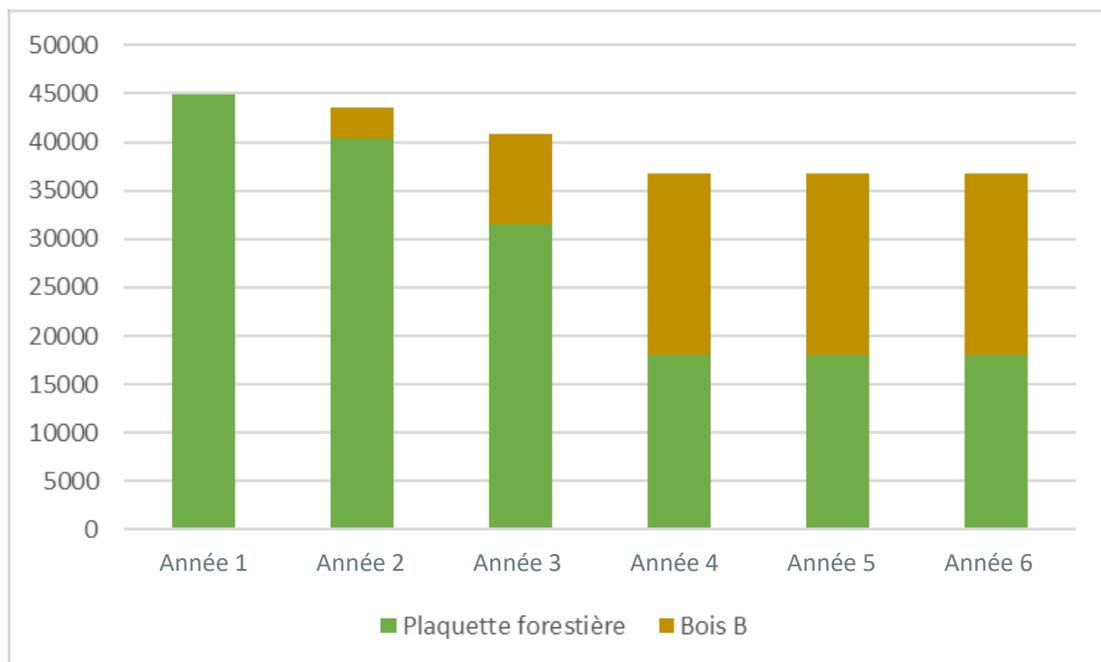
## Partenaire WGS et méthanation

Discussions en cours avec

- Wood
- Khimod
- Hitachi

► Recherche d'une bonne intégration entre les technologies de gazéification, d'épuration du syngaz (EQTEC) et de conversions catalytiques (partenaire)

# Approvisionnement biomasse : une stratégie de diversification



Approvisionnement prévisionnel en biomasse (tonnes)

## Approvisionnement bois A :

- Rayon d'approvisionnement < 100 km
- Gisement local disponible, ne laissant pas présager de conflit d'usage
- Plus grande stabilité process
- Possibilité de valoriser le biochar

## Approvisionnement bois B :

- Rayon d'approvisionnement < 300 km
- Marché local plus restreint
- Des tensions actuelles sur le marché
- Valorisation agronomique du biochar impossible



- Signature de la convention de subventionnement GRDF lors du salon des maires avec les partenaires du projet : Limoges métropole, Idex et EQTEC

- Lancement par la métropole de Limoges de pré études environnementales sur le pôle ASTER



- Obtention d'un financement pour les études préliminaires de la part de la Région Nouvelle Aquitaine
- Attente de la publication de l'AAP début 2024
- Adaptation du projet à l'étude au vu des possibles contraintes de l'AAP et notamment la recherche d'alternatives à la plaquette forestière
  - Bois B potentiellement disponible mais avec des rayons d'approvisionnement sans doute plus importants
  - CSR ?
  - Finalisation des études APS en attente du cahier des charges de l'AAP

# Questions ?





LIMOGES MÉTROPOLE  
**TRANSITION  
ÉNERGÉTIQUE**

19 rue Bernard Palissy - CS 10 001  
87 031 LIMOGES CEDEX 1

05 55 45 79 00

accueil@limoges-metropole.fr

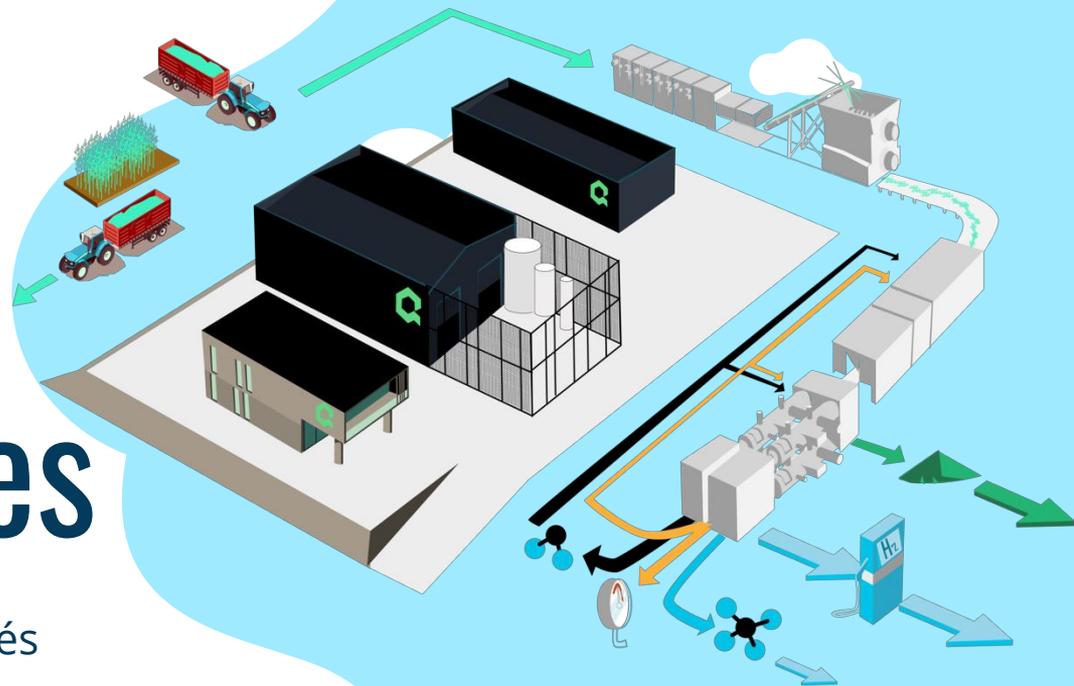
[limoges-metropole.fr](https://www.limoges-metropole.fr)





# Le projet Qairos Energies

L'agriculture au service des souverainetés





# QAIROS ENERGIES: répondre à deux enjeux majeurs



## La crise de l'énergie



IMPACT ENVIRONNEMENTAL & MOBILITÉS

IMPACT GÉOPOLITIQUE & DÉPENDANCE

IMPACT ÉCONOMIQUE & INSTABILITÉ



## La crise du monde agricole



APPAUVRISSMENT DES SOLS

STRESS HYDRIQUE

BESOIN DE DIVERSIFICATION

**SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE,  
ENERGÉTIQUE ET INDUSTRIELLE**



# Parlons du Chanvre ...

**TÊTE DE ROTATION (+10% BLÉ SUIVANT)**

**CULTURE ZÉRO PHYTO (DIVERSIFICATION)**

**NÉCESSITE PEU D'EAU (-66% VS MAÏS)**

**CAPTURE RAPIDE DU CO<sub>2</sub> (15T /HA)**

**PIÈGE À NITRATE (DÉPOLLUTION NAPPES)**



# Productions à l'hectare vue de la culture

## Graines

50% huile, 50% tourteau  
valeur protéinique équivalent colza



Tête  
d'assolement  
céréales

## Paille

Fibres (20%)  
(débouchés industriels)

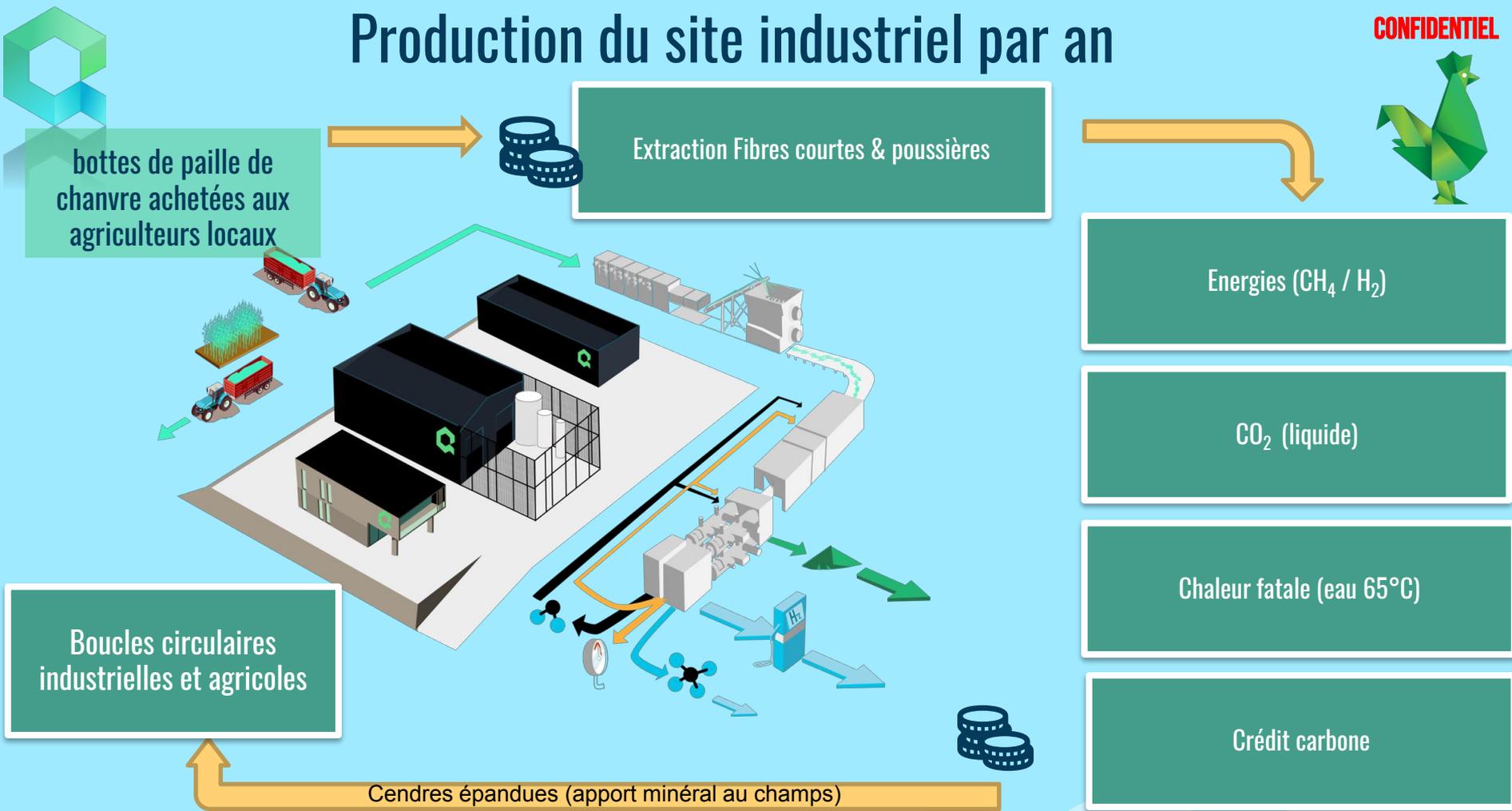
Résidus de défibrage (80%)  
(débouchés restreints,  
majoritairement paillage /  
litière / bâtiment)

Pas de culture possible sans  
débouché industriel pour  
90% de la plante !

Racines profondes  
Cycle de l'azote naturel



# Production du site industriel par an



**PARLONS**

**PROCESS INDUSTRIEL**

- **OPÉRANT**
- **FIABLE**
- **TOTALEMENT ÉQUIPÉ**



## **CE QU'IL FAUT RETENIR**

**EN CHIMIE CE QUI SE STRUCTURE FACILEMENT  
ET RAPIDEMENT SE DÉSTRUCTURE TOUT  
AUSSI FACILEMENT, C'EST LE CAS DU  
CHANVRE**

# Le process

INRAE



2020 : Qualification labo

...

Pureté et rendements gaz validés en laboratoire



2021 : qualification démonstrateur

...

Pureté et rendements validés à l'échelle industrielle



2022 : qualification ACV

...

Validation de l'Analyse du Cycle de vie



...

Premières commandes d'unités industrielles



# SCHÉMA GLOBAL

IMPLANTATION CULTURE  
RÉCOLTE ET  
VENTE SÉPARÉE  
GRAINES ET FLEURS

**01** EXTRACTION DES FIBRES  
PAPÈTERIE, TEXTILE, INDUSTRIE

**02** BROYAGE  
LE CHANVRE EST BROyé POUR  
ASSURER UN PROCESS OPTIMAL

**03** SÉCHAGE ET MÉLANGEUR  
POUR UNE PARFAITE VALORISATION

GAZÉIFICATION  
PROCESSUS AUTOTHERME

CENDRES MINÉRALES

HYDROGÈNE

MOLÉCULES DE SYNTHÈSE

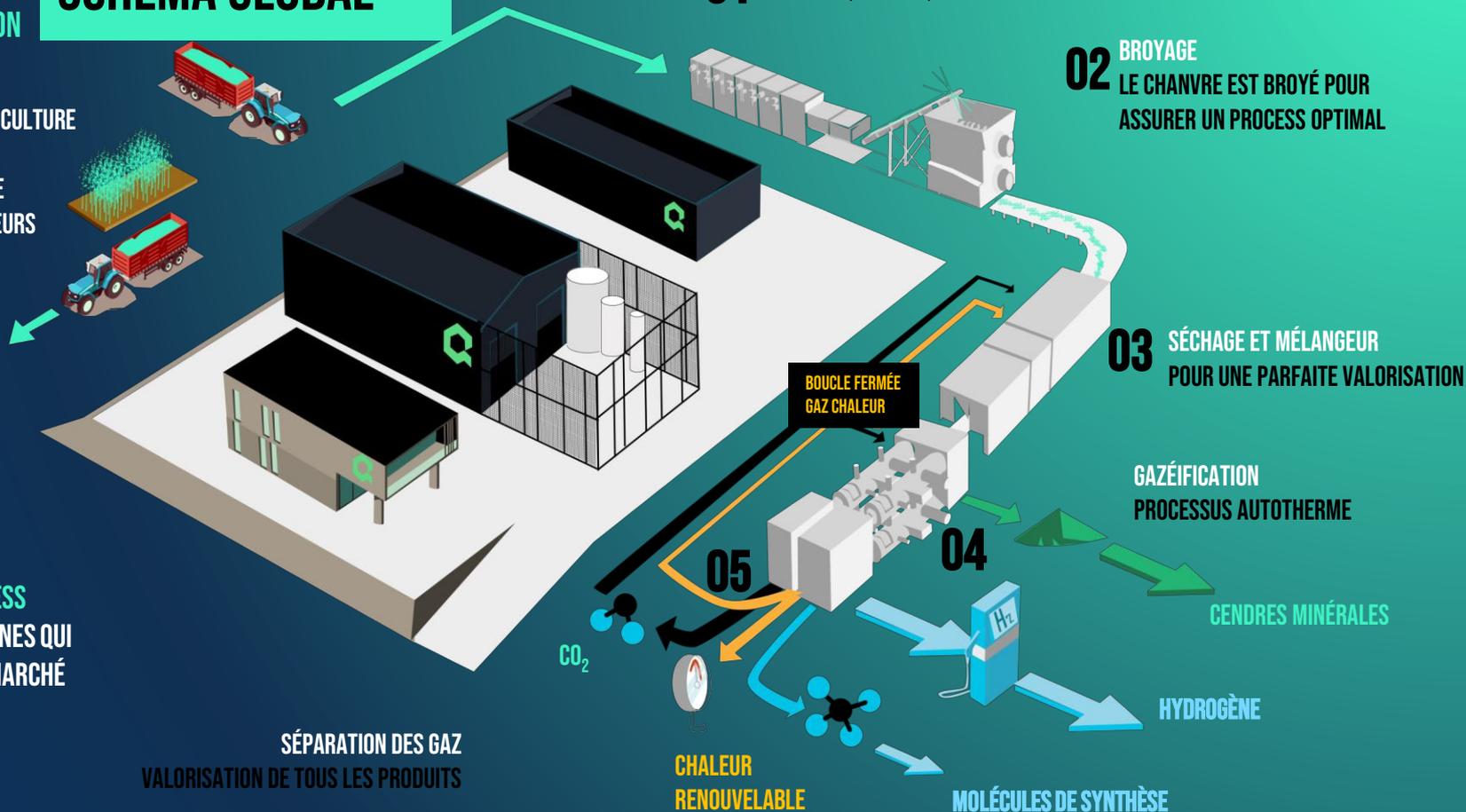
TOUT NOTRE PROCESS  
UTILISE DES MACHINES QUI  
EXISTENT SUR LE MARCHÉ

SÉPARATION DES GAZ  
VALORISATION DE TOUS LES PRODUITS

CHALEUR  
RENOUVELABLE

BOUCLE FERMÉE  
GAZ CHALEUR

CO<sub>2</sub>





# Chiffres clés

**UNE UNITÉ = 1500 HECTARES**  
(RENDEMENT MOYEN 8T/HA)

150 exploitations impliquées, 30 ETP directs

29 000 Tonnes de CO<sub>2</sub> évités par an

## SOUVERAINETÉ ÉNERGÉTIQUE

**200 000 HECTARES DE CHANVRE =**

- + 150 000T d'hydrogène par an (1/6 production actuelle d'H<sub>2</sub>)
- + 5 TWH de biométhane injecté (5% du gaz russe importé en 2021)

## SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE



**200 000 HECTARES DE CHANVRE =**

100 000T de tourteau (graines pressées)  
remplacent 3% du soja importé en 2022

## SOUVERAINETÉ INDUSTRIELLE



**200 000 HECTARES DE CHANVRE =**

300 000T de fibre cellulosique  
soit 1/6 des fibres importées en 2022



# AWARDS



Solar Impulse –  
Avril 2020

Solar Impulse  
Efficient solutions



Member of

WORLD ALLIANCE  
for EFFICIENT SOLUTIONS

by SOLARIMPULSE  
FOUNDATION



CRE  
– Mars 2021

Lauréat Bac à Sable  
Règlementaire –  
injection méthane



Ministère de  
l'Industrie –  
Septembre 2022

Prix du jury catégorie  
production ENR



The Arch – Mars  
2023

Lauréat des 100  
solutions européennes





# Merci!



questions?

Jean FOYER

06 15 41 68 58

[jfoyer@qairos-energies.com](mailto:jfoyer@qairos-energies.com)

Les Chênes

72540 Mareil-en-Champagne



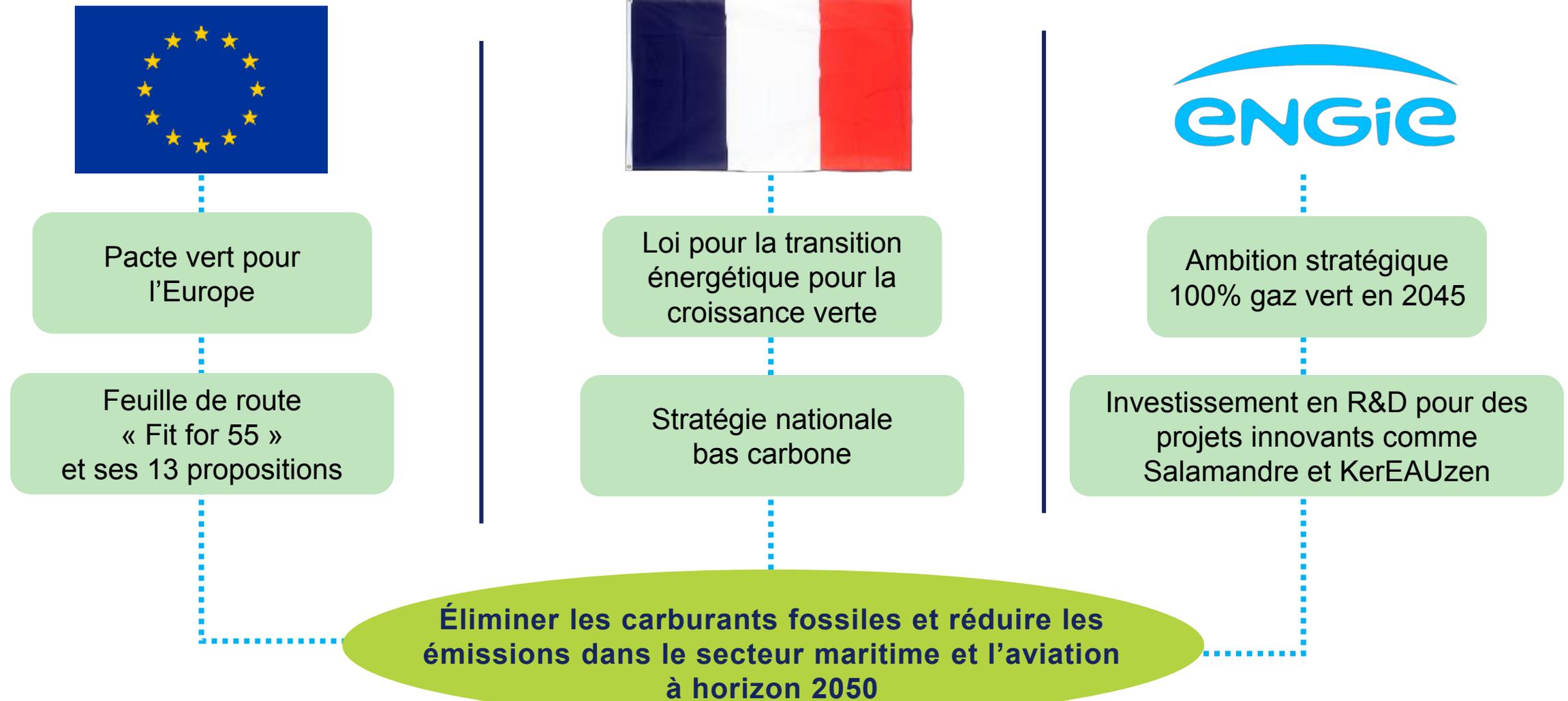


# **SALAMANDRE par ENGIE au HAVRE**

Construction d'une unité de production de gaz renouvelable de synthèse



# Une ambition partagée pour la transition énergétique



# Salamandre, la première unité de production de gaz renouvelable de synthèse s'installe au Havre



Le fruit de 10 ans de R&D sur la **pyrogazéification** et la **méthanation**.



Une solution pour **décarboner** les transports lourds.



**CMA CGM**, principal partenaire d'ENGIE en tant qu'actionnaire et acquéreur de la production.

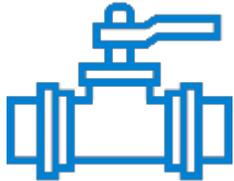


Une capacité de **production** de **11 kt/an**, soit **170 GWh/an**.



*Le site d'implantation sur la zone industrialo-portuaire du Havre*

# Une innovation pour accélérer la transition énergétique



## Réduction des émissions de gaz à effet de serre en remplaçant le gaz fossile

- La production de Salamandre sera **80% moins émettrice de CO<sub>2</sub>** que celle du gaz fossile
- Sur 10 ans d'exploitation, **600 kt de CO<sub>2</sub>** sont évités grâce à leur utilisation dans le process de KerEAUzen



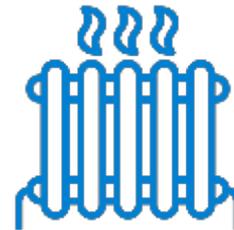
## Transition énergétique des transports lourds, en particulier maritimes

- **CMA CGM** acquerra l'intégralité de la production de l'unité
- L'armateur veut atteindre **Zéro Emission Nette** pour sa flotte de bateaux en 2050



## Réduction et valorisation des déchets

- Salamandre valorisera chaque année **70 000 tonnes de déchets** impossibles à recycler
- Ces déchets seront soustraits à l'**incinération et à l'enfouissement**



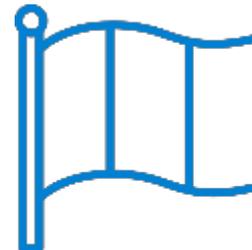
## Possible utilisation pour tous les usages du gaz

- Le gaz produit présente les **mêmes caractéristiques** que le gaz naturel
- Il peut ainsi servir de **carburant**, pour l'**industrie**, pour le **secteur domestique**, pour **produire de l'électricité**



## Economie circulaire locale

- Le projet crée une **chaîne de valorisation énergétique** en circuit court
- Il s'insère dans le **tissu industriel et économique local**.



## Renforcement de la souveraineté énergétique nationale

- Du fait de l'utilisation de matières premières facilement disponibles, Salamandre est **aisément répliquable**.
- La technologie permettra à terme de **limiter les importations de gaz fossile** dont la France est encore fortement dépendante.

# Une technologie basée sur les déchets

## Bois-déchet grade B

Bois faiblement traité ou traité non-dangereux (peints ou vernis) issu des filières :

- de l'ameublement
- de la menuiserie
- de l'emballage non SSD (sortis du statut des déchets)
- de la démolition



## Combustibles solides de récupération (CSR)

Déchets solides non dangereux

= déchets municipaux, industriels et commerciaux, de construction et de démolition refusés au tri pour des raisons techniques

Ils sont préparés, traités et homogénéisés par le fournisseur avant d'être valorisés sur le site.



70 000 t/an de déchets valorisés pour produire le gaz renouvelable de synthèse

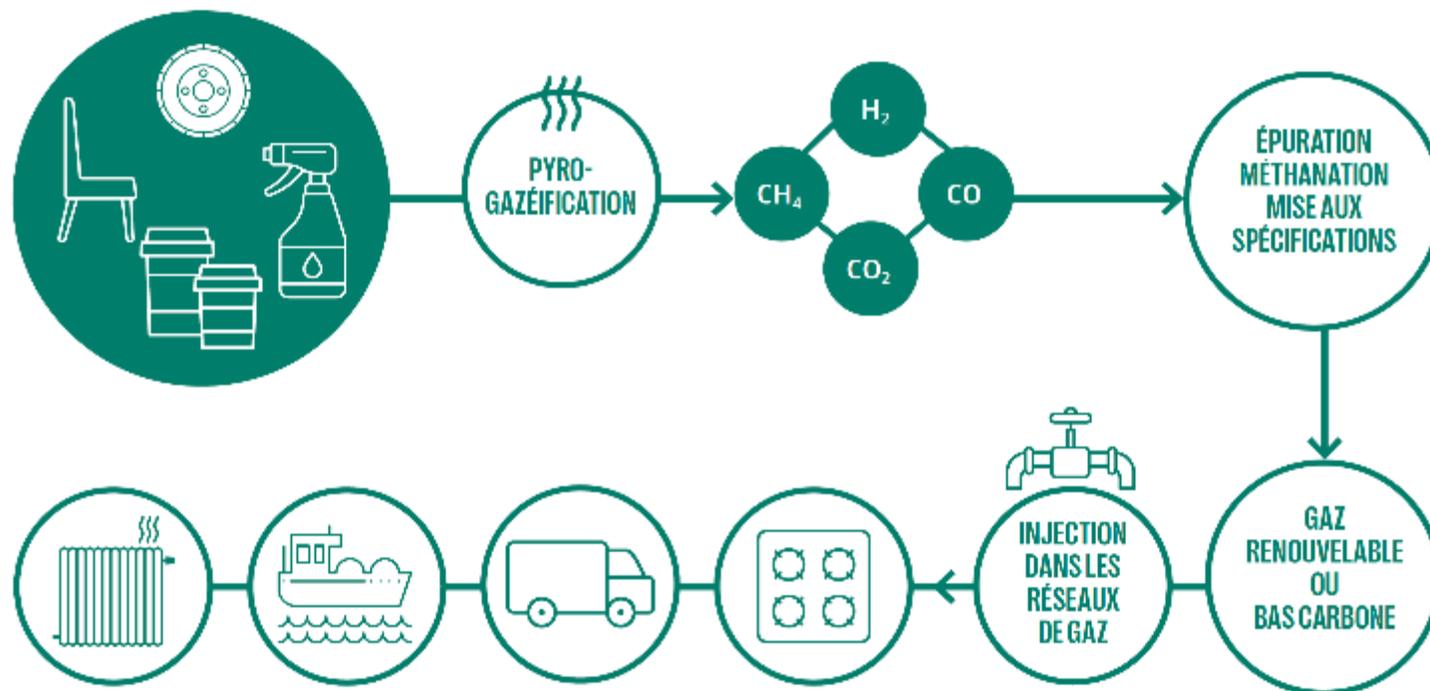


Les déchets seront collectés dans un rayon de 150 km autour du Havre pour favoriser les circuits courts



# La technologie en 3 étapes

Au cœur de la technologie, trois procédés perfectionnés pendant 10 ans de recherche au sein du démonstrateur Gaya



## Pyrogazéification

Les matières sèches (bois-déchets et CSR) sont chauffées à environ 800° en l'absence d'oxygène. La gazéification produit du syngas, mélange de méthane (CH<sub>4</sub>), d'hydrogène (H<sub>2</sub>) et d'oxydes de carbone (CO/CO<sub>2</sub>).

## Épuration

Le syngas est épuré par différents procédés physiques et chimiques pour éliminer les polluants contenus dans les déchets.

## Méthanation

Par un procédé de réaction catalytique, l'hydrogène et le carbone sont transformés en méthane pour obtenir un gaz homogène aux caractéristiques similaires au gaz conventionnel.

# Un modèle d'écologie industrielle



70 %

BOIS-DÉCHET

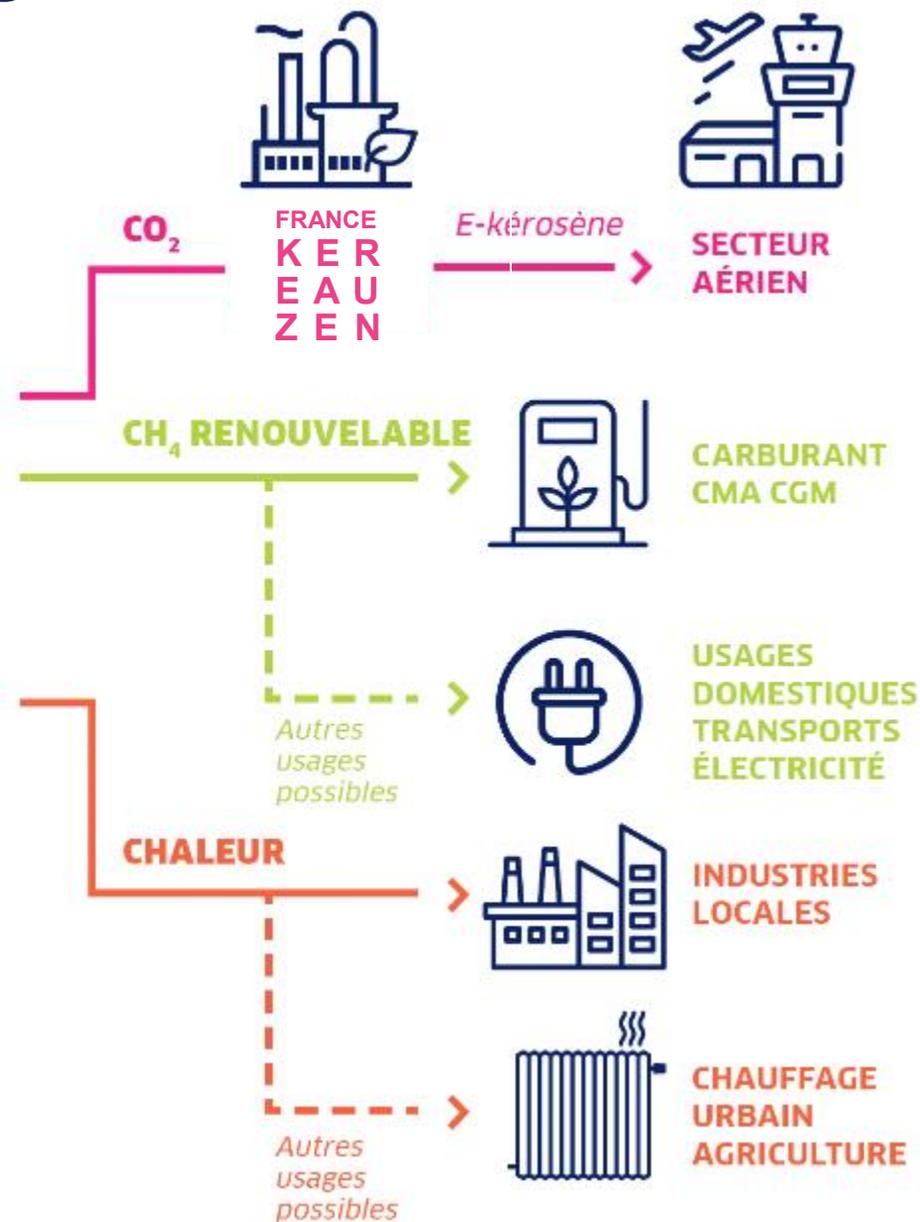
CSR



30 %



L'écologie industrielle est un modèle visant à optimiser et valoriser les ressources présentes sur un territoire, notamment les déchets.



# Un partenariat pour la décarbonation du transport maritime

## Le transport maritime, un secteur difficile à décarboner

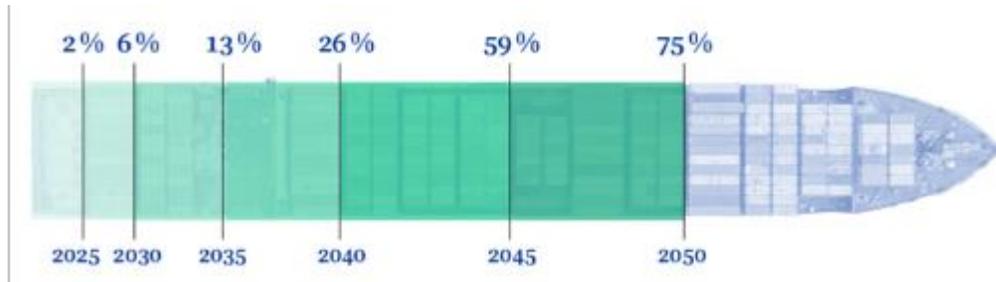


Des émissions en hausse constantes, qui représentent 3% des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial



Un secteur dépendant des énergies fossiles : gaz naturel, produits pétroliers...

La réglementation européenne FuelEU Maritime obligera les navires de plus de 5 000 tonnes de jauge brute faisant escale dans des ports européens à réduire l'intensité des gaz à effet de serre de l'énergie utilisée à bord comme suit :



*Réduction annuelle moyenne de l'intensité en carbone par rapport à la moyenne de 2020.*



## L'ambition CMA CGM en partenariat avec ENGIE

Produire 200 000 tonnes de gaz renouvelables dans le monde d'ici 2030



Atteindre le Net Zéro Carbone en 2050



# Des synergies sur la zone industrialo-portuaire havraise

## Salamandre s'inscrit dans une boucle d'économie circulaire locale

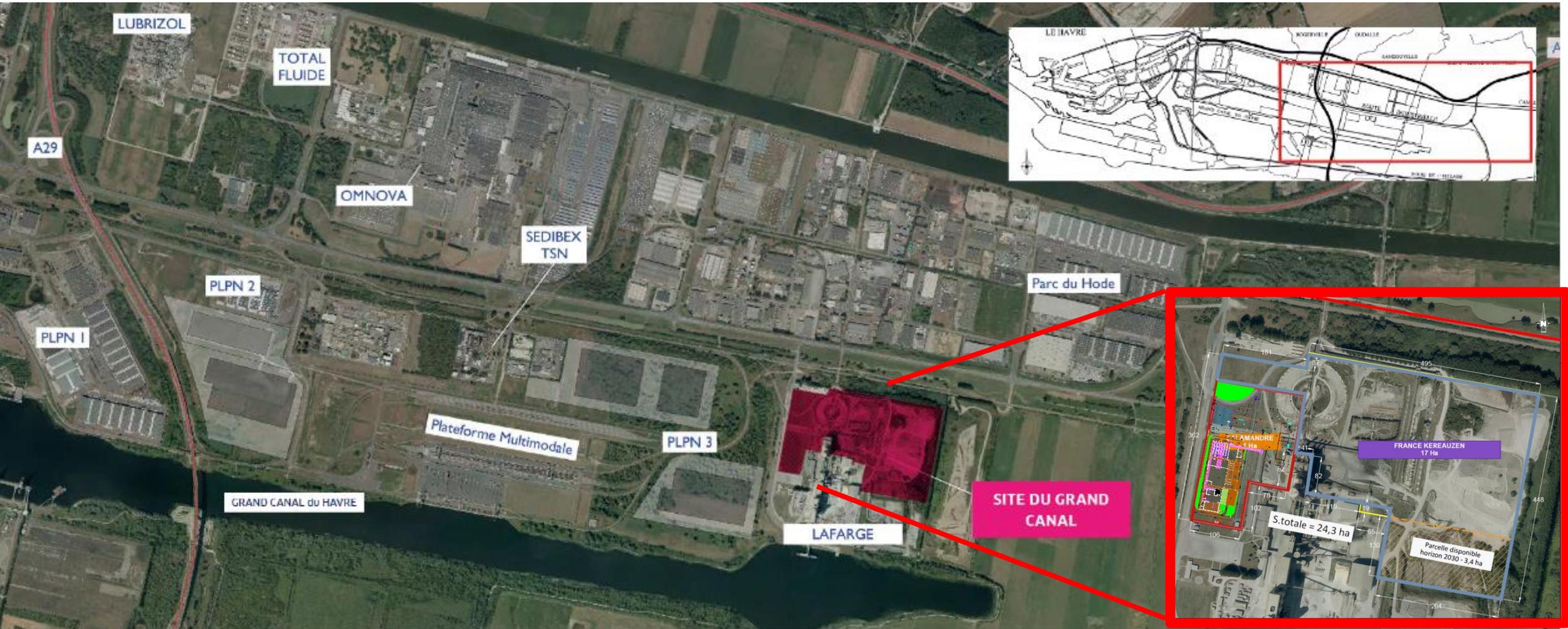


La chaleur dégagée par Salamandre pourra être utilisée par les autres industries de la zone-industrialo portuaire, qui bénéficieront à leur tour d'une source d'énergie renouvelable.



France KerEAUzen, autre projet porté par Engie au Havre, utilisera le CO<sub>2</sub> biogénique de Salamandre en le combinant à de l'hydrogène renouvelable pour produire de l'e-kérosène à faible teneur carbone.

# L'implantation sur la ZIP du Havre



# Les chiffres clefs

**11\*** De gaz  
renouvelable  
produit  
**Kt/an**



**170\*** D'équivalence  
énergétique  
**GWh**



**80\*** d'émissions de GES  
évitées par rapport  
au gaz fossile  
**%**



**50\*** emplois directs  
**150\*** emplois indirects



**40\*** De chaleur  
produite  
**GWh**



**20\*** De capacité  
installée  
**MW**



**70K\*** De déchets  
recyclés  
**tonnes**

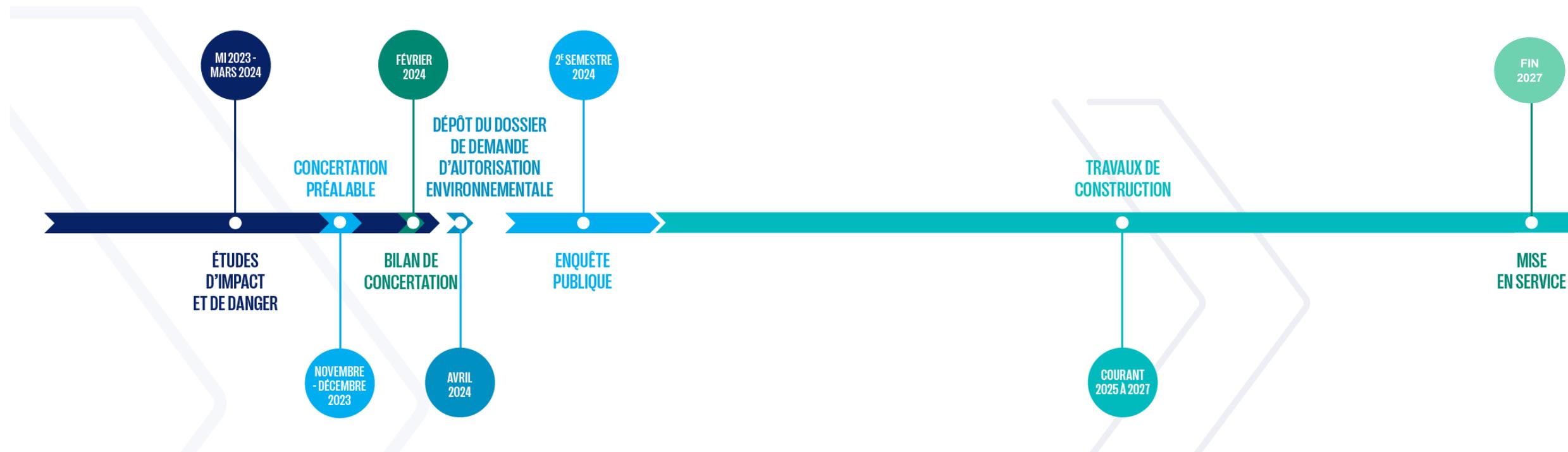


**175\*** D'euros  
investis  
**M**



\*Estimations

# Le calendrier du projet





[engie.com](https://www.engie.com)



# Gasification for the flexible production of SNG and rDME; the BUTTERFLY project

Berend Vreugdenhil (TNO)



# TNO – Energy and Materials Transition Unit



Sustainable subsurface



Climate and air quality



Circular economy



CO<sub>2</sub> Neutral Industry



Renewable Energy



System transition



# Biomass – a versatile feedstock

TNO – EMT focusses on utilizing a broad range of feedstocks for the production of high value fuels, chemicals and materials



waste



wood



(agro) residues

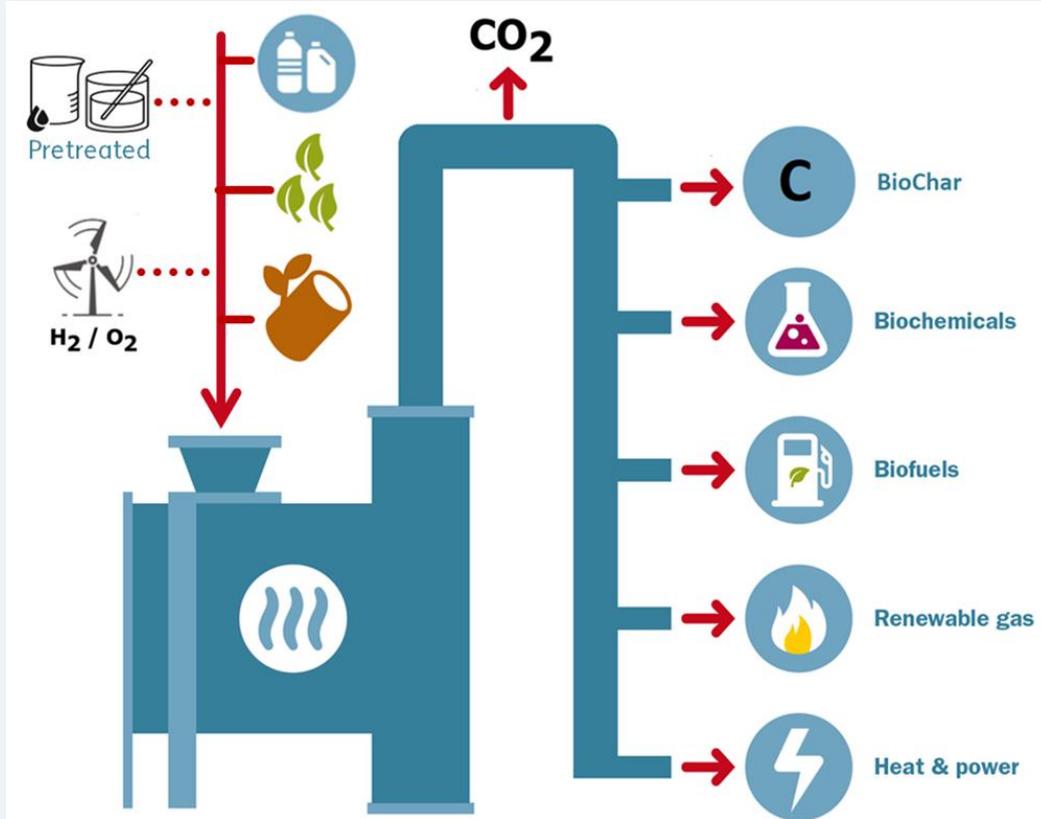


energy crops



aquatic

# Thermo-chemical conversions

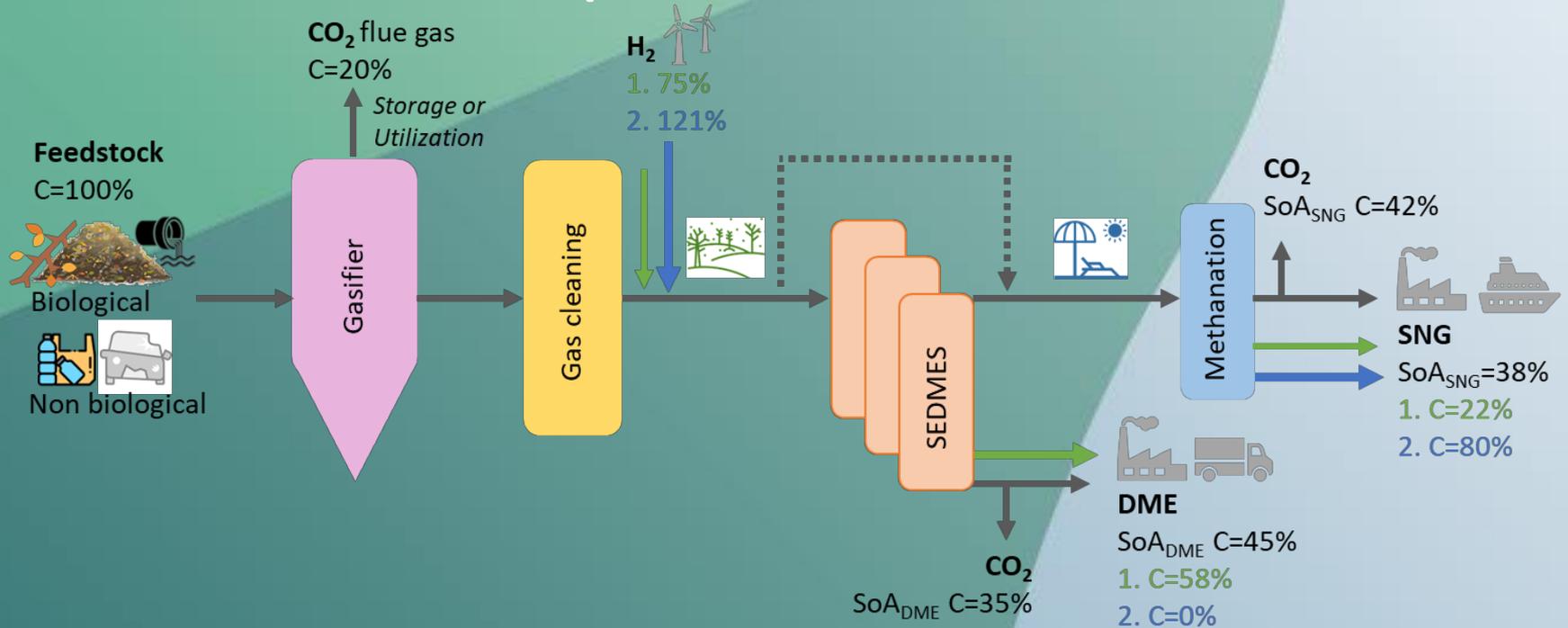


TNO Technology development

- Enerchar
- MILENA
- Fabiola
- SEDMES
- Torwash™

To be discussed over the break ☺

# BUTTERFLY – The concept in brief



# BUTTERFLY project in brief



- Flexible production of SNG and renewable DME
- Support scale-up and role out of transition technology (GAYA, Torwash, SEDMES)
- Derisk at small scale the effect of new feedstocks and implementation of the SEDMES technology for GAYA
- Evaluate products obtained with the large scale demonstrators
- Provide TEA and LCA support for the role out of technology



# BUTTERFLY consortium



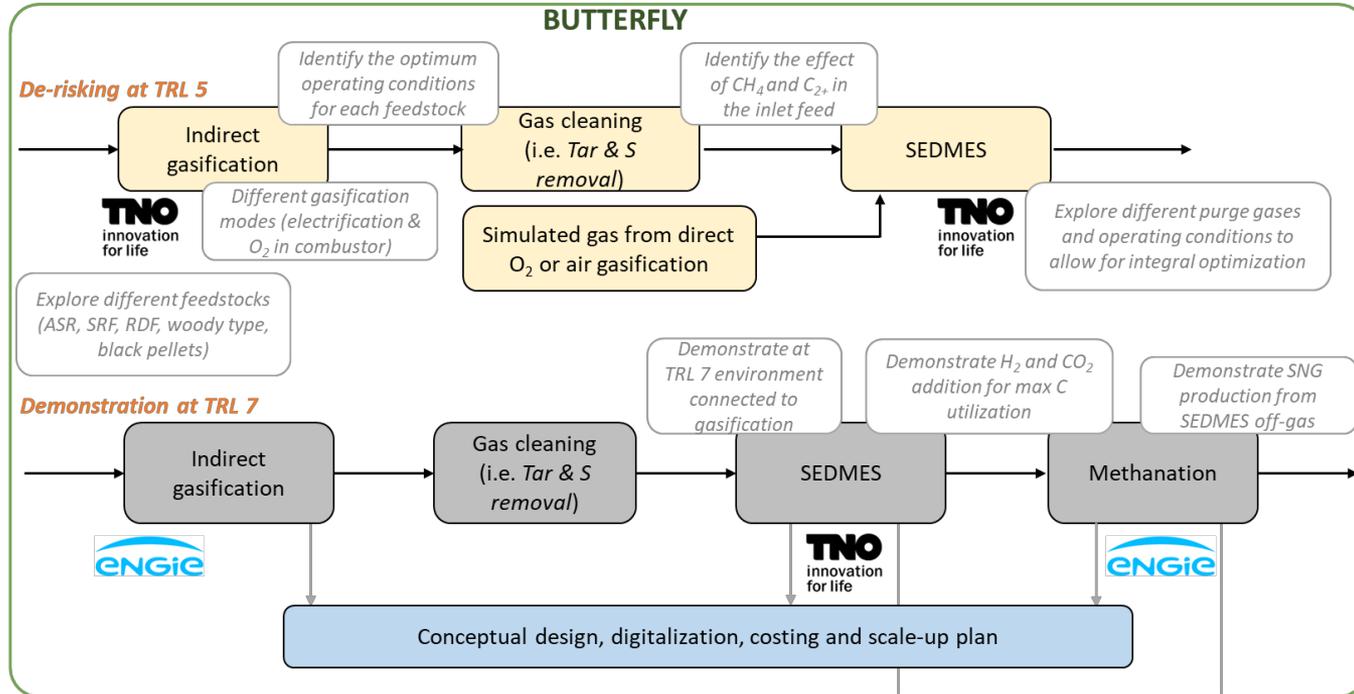
Feedstocks



toriwash



Feedstocks



## ADVISORY BOARD



## SYSTEM STUDIES & DISSIMINATION



## END USERS & BUSINESS CASES





# TNO TRL 5 support of the complete value chain

- Create a physical connection between two important line ups.
- Validate various feedstocks and map the impurities, translate to the Gaya implementation
- Model the effect of cyclic operation, flexible operation, and integration with renewable power

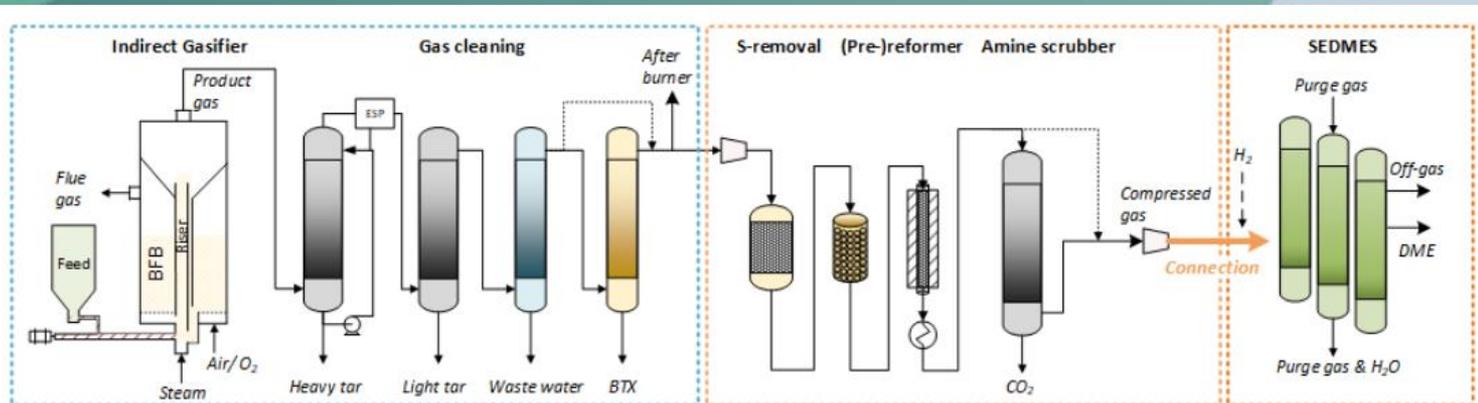
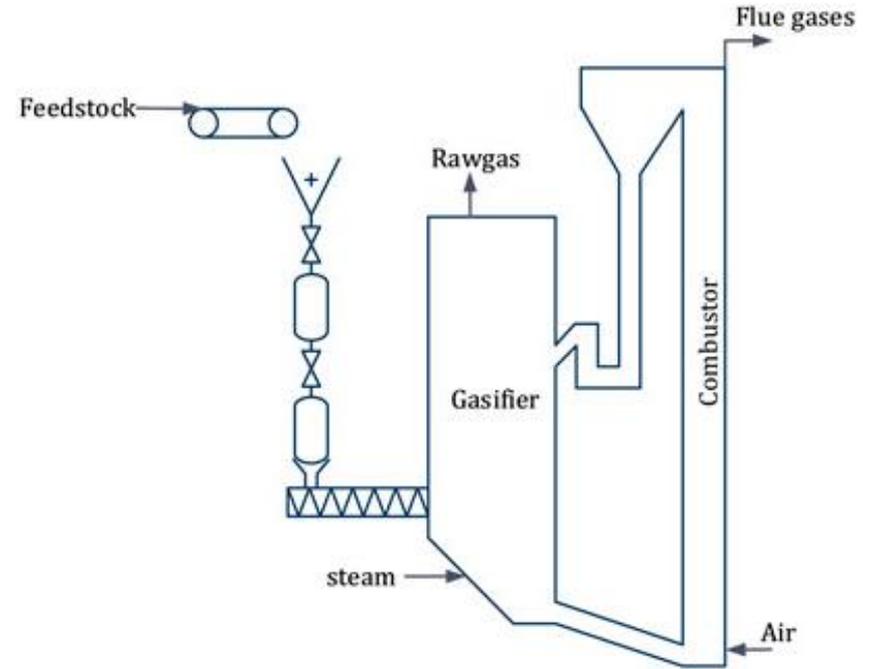
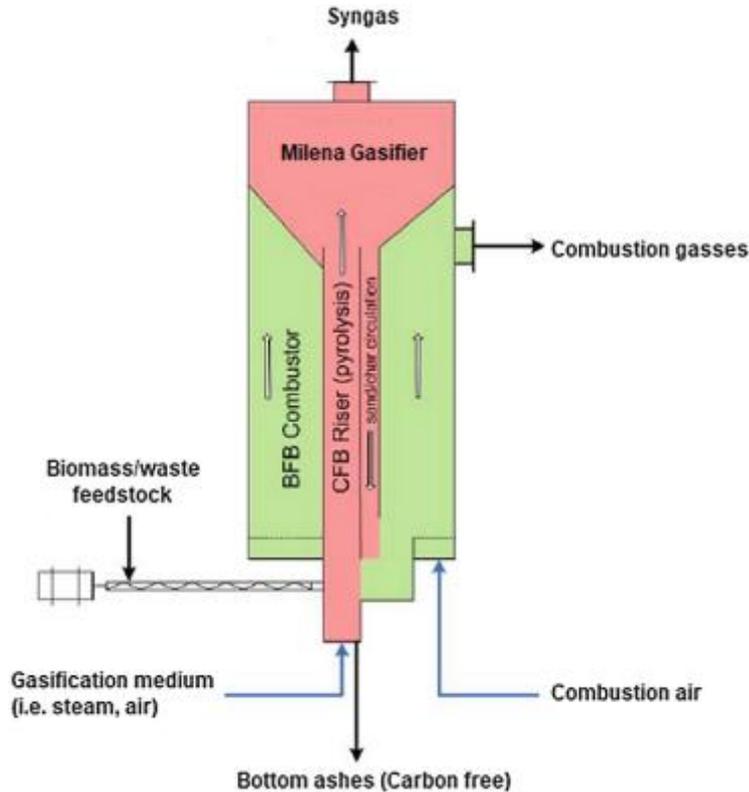


Figure 7 – Line-up for TRL5 testing



# Spot the differences to understand our focus!



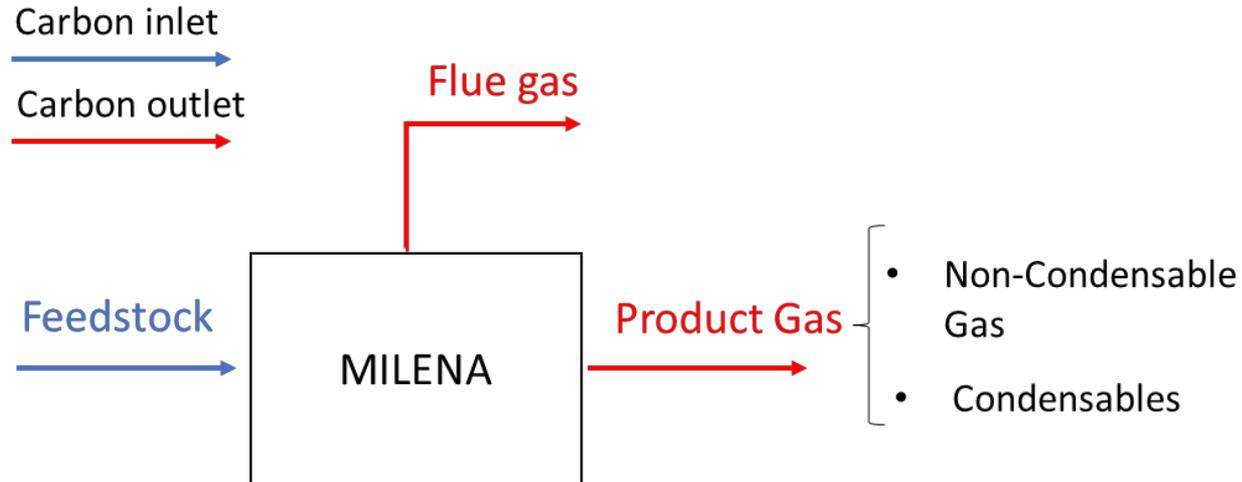
## Feedstock screening → mapping the gas compositions



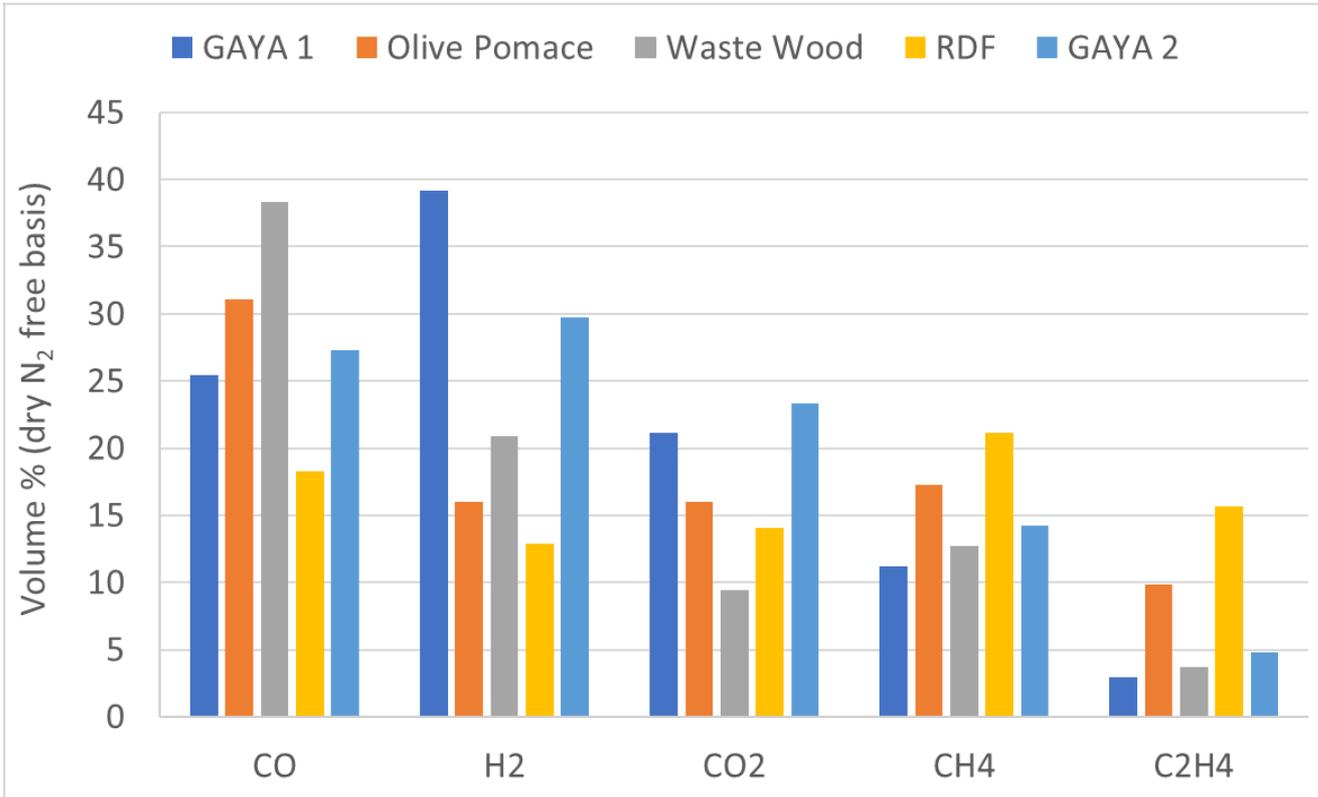
		Waste Wood	Olive Pomace	RDF
Br	mg/kg db	< 10	< 10	87
Cl	mg/kg db	511	1139	11693
F	mg/kg db	< 10	< 10	55
S	mg/kg db	354	1293	5884
Ash (550°C)	% db	1.7	5.7	16.1
Volatiles	% db	81.3	78.6	77.4
Humidity	% ar	3.1	8.7	4.1
HHV	MJ/kg db	16/8	20.6	25.1
C	% db	49.3	53.2	54.9
N	% db	0.8	1.4	0.8
H	% db	4.9	6.2	6.8
O	% db	38.1	30.6	18.6

Sulphur highest in RDF  
Nitrogen highest in Olive Pomace

## Carbon accounting to understand the process

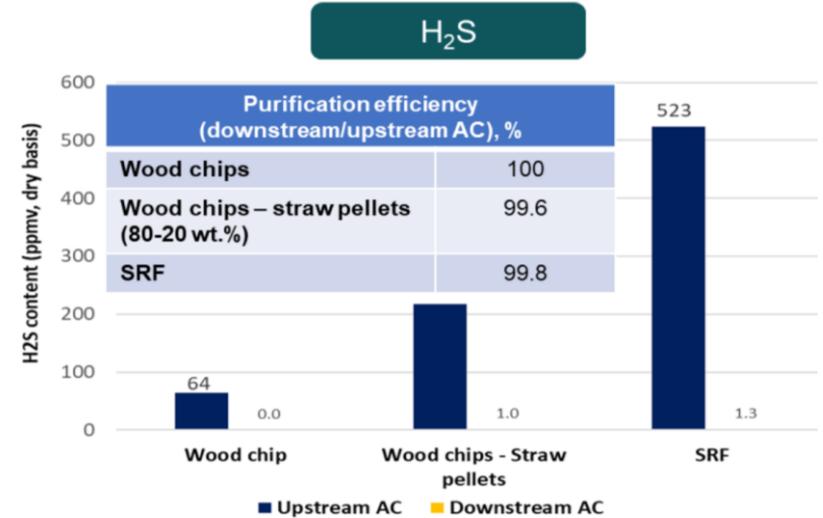
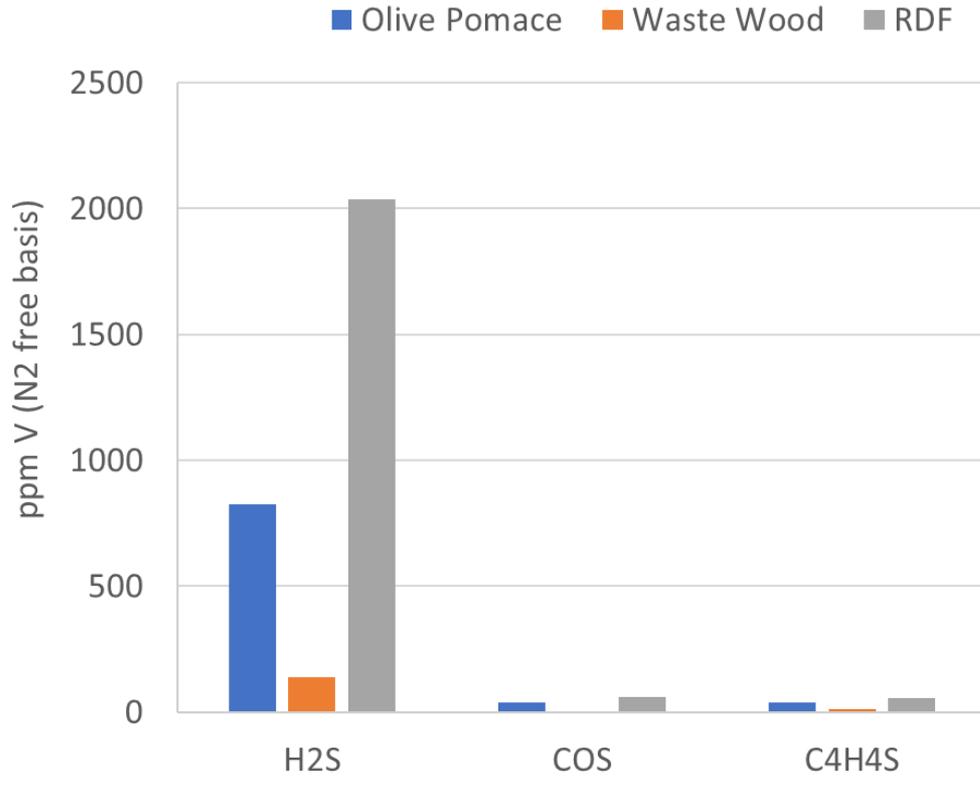


# Comparison to Gaya gas compositions

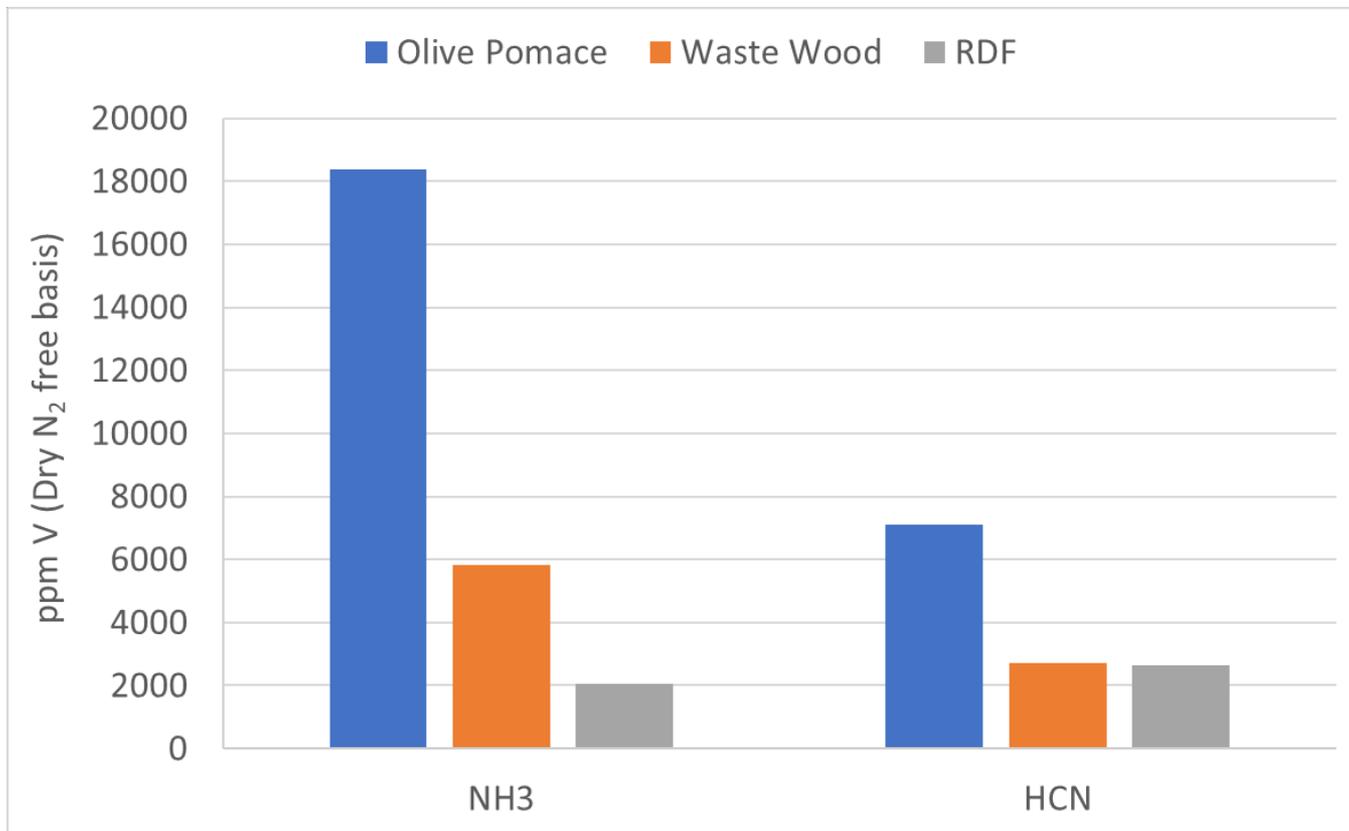


- Effect of residence time
- CO – CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>
  - Higher hydrocarbons

# Fate of sulphur components



# Fate of nitrogen components



## Conclusions

- Preliminary results are good. The discussions on how to translate MILENA results to Engie results are ongoing.
- Clear differences observed, for N-species the fate of it all is an open question
- The main gas composition looks similar, with the big shift in CO, H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> due to catalytic activity

## Way forward

- Increase types of feedstock testing in MILENA
- Realization of the physical connection between gasification and SEDMES technology
- Demonstration on TRL 7 plant in France for the production of both SNG and rDME
- Follow-up presentation at the EUBCE 2024 in Marseilles

# Thank you!



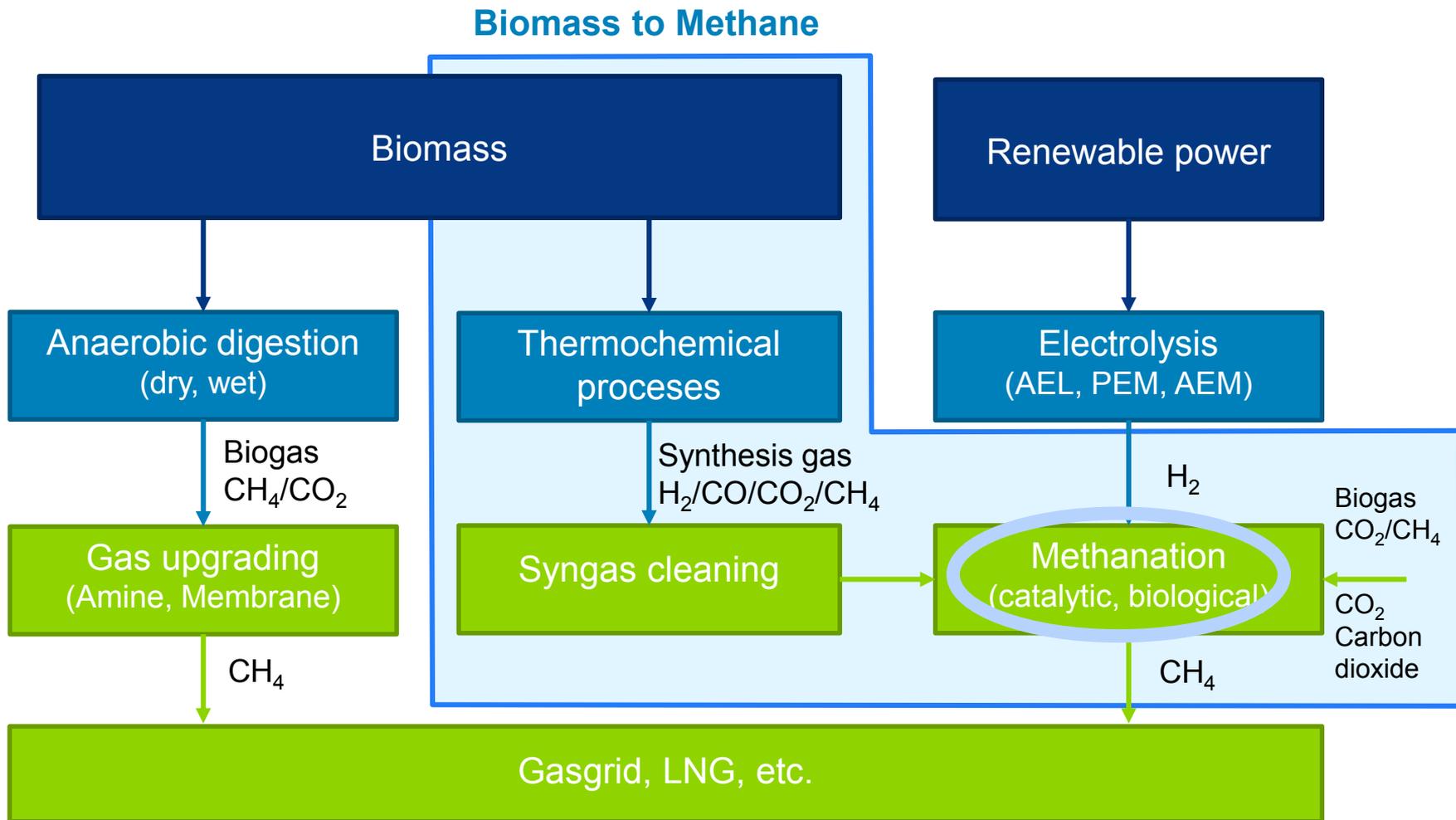
BUTTERFLY

Les étapes clés d'un  
projet de production de  
méthane de  
synthèse à partir de  
pyrogazéification

Key steps in a Biomass  
pyrogasification to  
methane project



# Biomass-to-Methane, Power-to-H<sub>2</sub>, Hydrogen-to-Methane



## Methanation basics

- Thermodynamic reaction



- 1 mol of CO<sub>2</sub> ⇔ 4 mols of H<sub>2</sub>
- 1200 Nm<sup>3</sup>/h of CO<sub>2</sub> ⇔ 4800 Nm<sup>3</sup>/h of H<sub>2</sub>
- Exothermic reaction producing heat (steam) and CH<sub>4</sub>  
=> Calorific value of CH<sub>4</sub> vs. Calorific value of H<sub>2</sub> \* 4

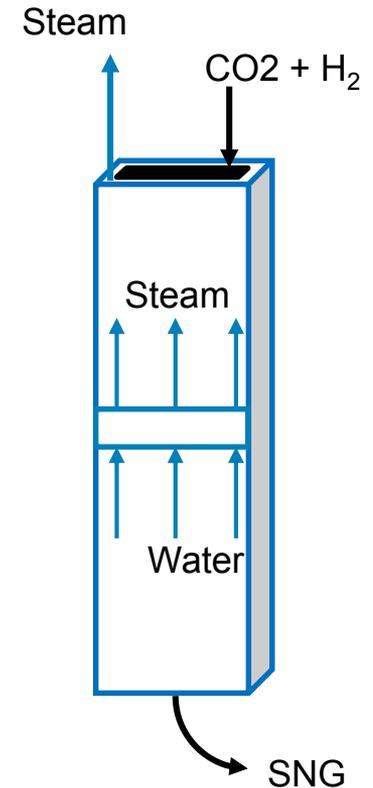
- With calorific values of

- H<sub>2</sub> = 3 kWh/Nm<sup>3</sup> (LHV)
- CH<sub>4</sub> ~ 10 kWh/Nm<sup>3</sup> (LHV)

- Thermodynamic energy conversion (if no heat recovery):

$$\mu \sim 10 / (4 * 3) \sim 83\% \text{ (LHV)}$$

$$(\sim 78\% \text{ HHV})$$

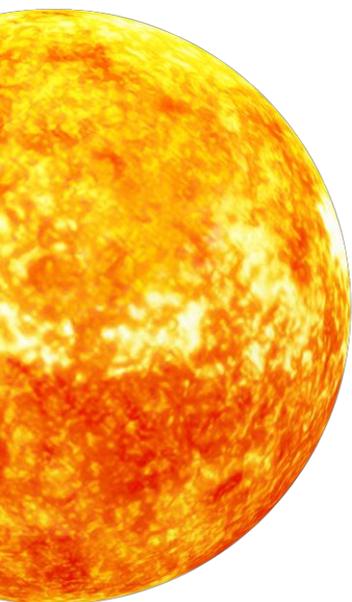


# Biomass to Methane projects: Challenges to consider

- | For economic feasibility:
  - | Long-term supply contracts
  - | Which products:
    - | BioChar
    - | Methane
    - | LBG
    - | CO2
  
- | For technical feasibility:
  - | Catalysts used in catalytic methanation are very sensitive to impurities
  - | The quality of syngas
  - | The design of the syngas ultra-purification process
  - | The maturity level of pyro-gasification technologies
  - | The quality of the feedstock (virgin wood, A wood, B wood...)
    - | Quality & Stability
  - | Feedstock Supply & Logistics

# Conditions for success

| An alignment of 3 planets:



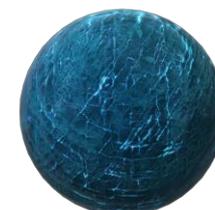
+ *Methanation  
Technology  
from HZI  
(Catalytic or  
Biological)*



Syngas  
Ultra-Cleaning



Pyro-gasification  
Technology



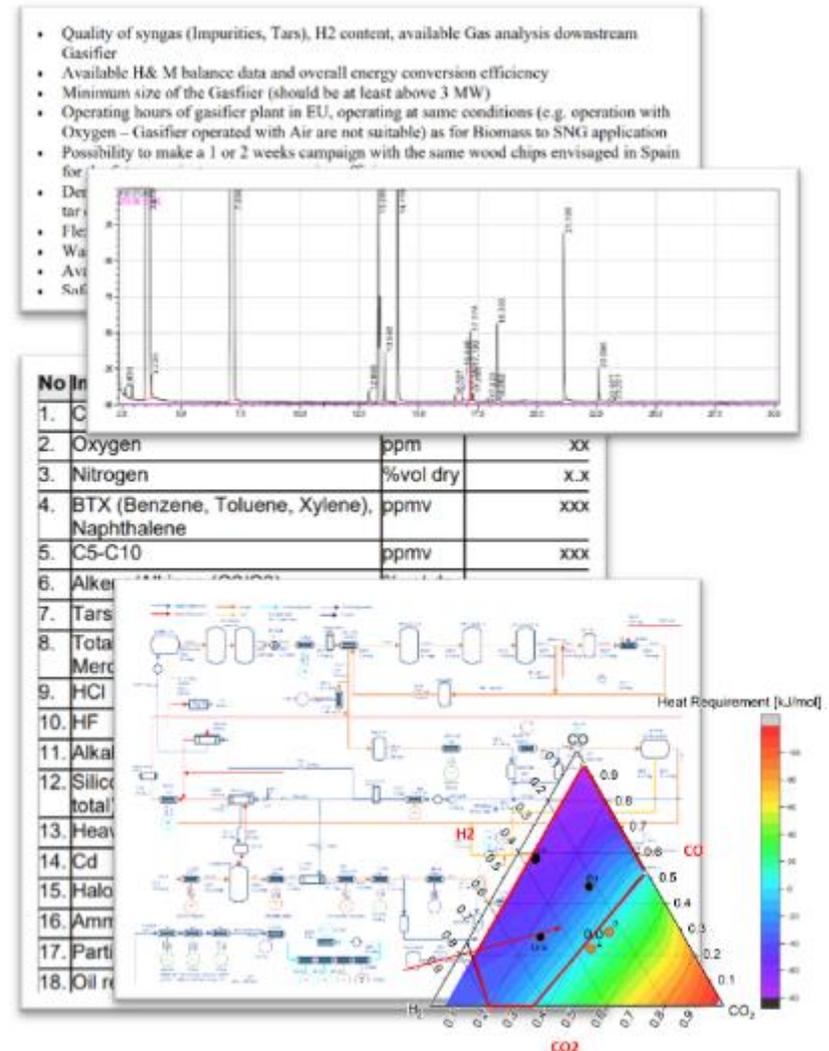
Biomass

## HZI involvement in Biomass to Methane projects

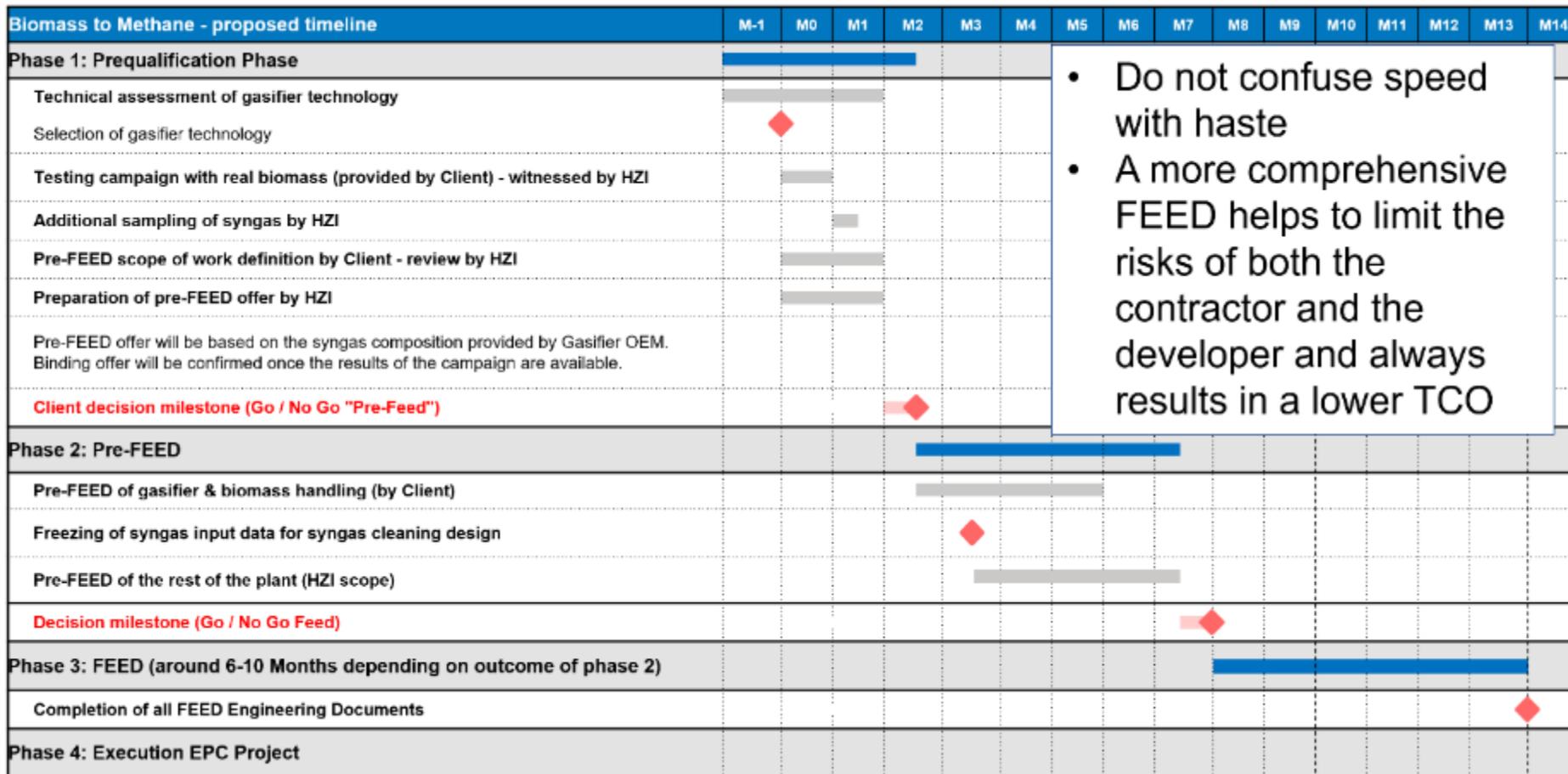
- | Different options proposed:
  - | Option 1: EP supply of Pythia6000 (complete methanation tower) + membrane purification-
  - | Option 2: EP supply of syngas cleaning + Pythia6000 + membrane purification
  - | Option 3: EPC supply of syngas cleaning + Pythia6000 + membrane purification
  
- | Options 2 and 3 are subject to chargeable studies, generally as follows:
  - | Feasibility + pre-FEED then FEED
  - | Or pre-FEED then FEED
  - | Pre-FEED main outcome is a non binding budgetary offer
  - | FEED main outcome is a binding EP or EPC offer

# Key steps

- | The first step is to choose the gasification technology
  - ...
  - | Several selection criteria
    - | The 1<sup>st</sup> : the quality of the syngas
      - | Test campaign to be carried out with the future biomass
        - | Accurate measurement by impurity sampling (detection, sampling method)
- | ... before launching the technical feasibility study of the complete installation
  - | Pre-FEED
  - | FEED
- | Allotment: a seemingly promising idea, but in reality, not very effective
  - | Maximizing energy efficiency requires energy integration of the entire facility

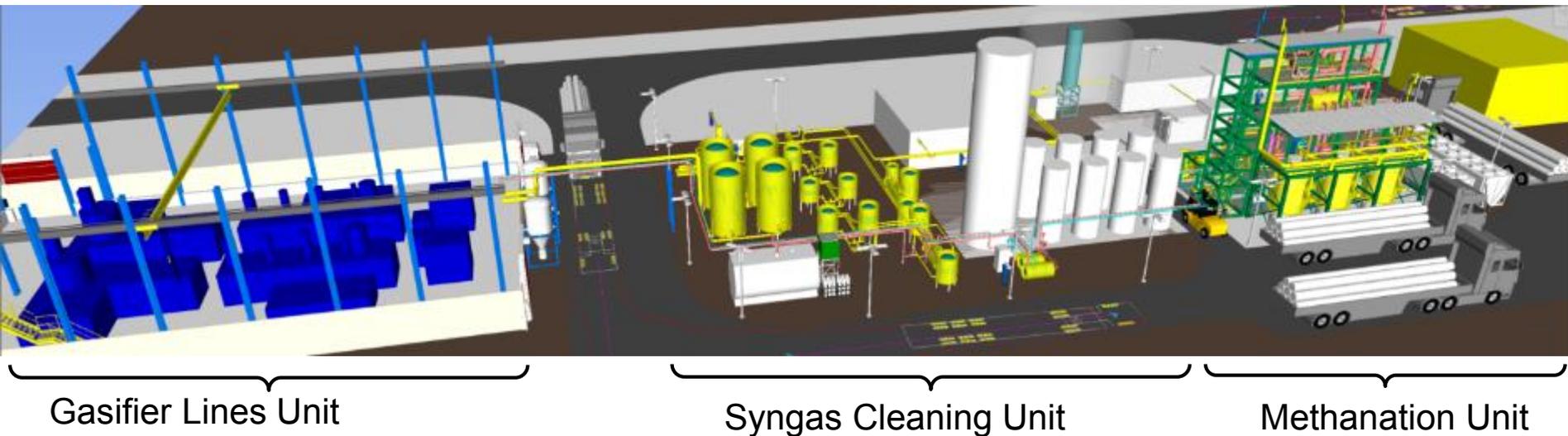
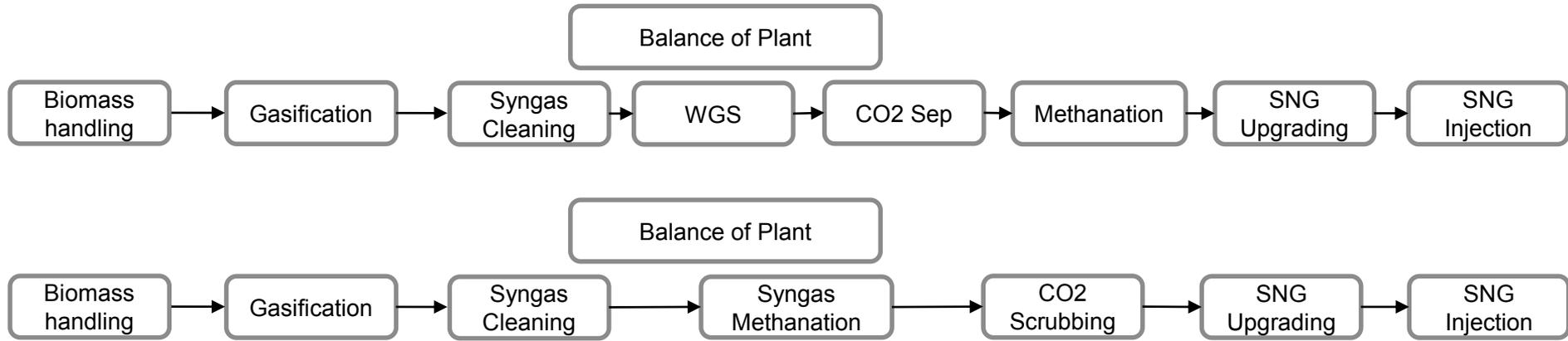


# Typical project schedule involving pre-Feed and Feed



- Do not confuse speed with haste
- A more comprehensive FEED helps to limit the risks of both the contractor and the developer and always results in a lower TCO

# Typical process steps of a Biomass Gasification to Syngas to Methane project



# HZI Catalytic Methanation standard turn-key plant: Pythia6000

Methane purity

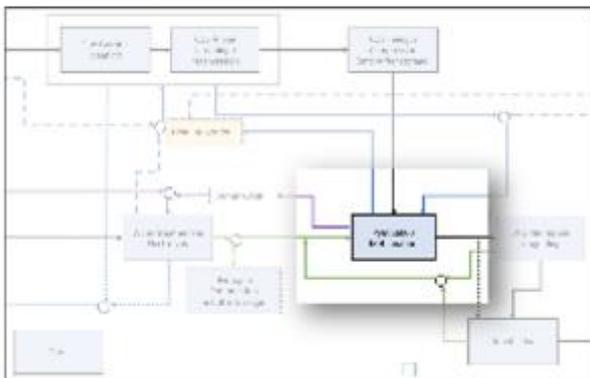
> 96 % (gas purification  
as add-on)



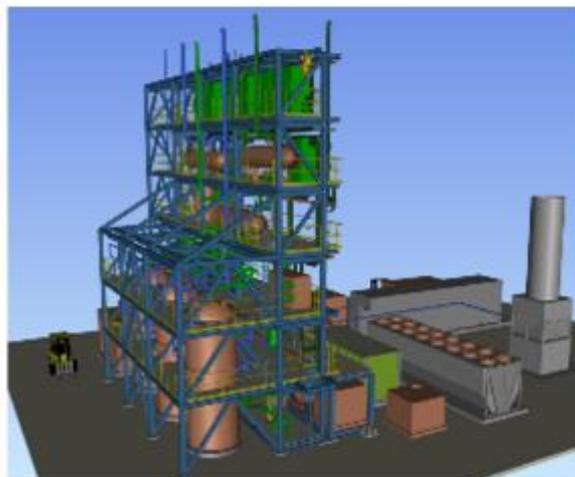
# HZI Catalytic Methanation standard turn-key plant: Pythia6000

## At the heart of Power to gas plant

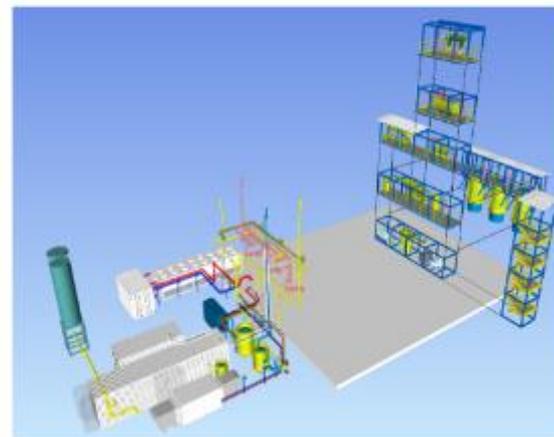
- Optimised heat & water integration



## Compact design

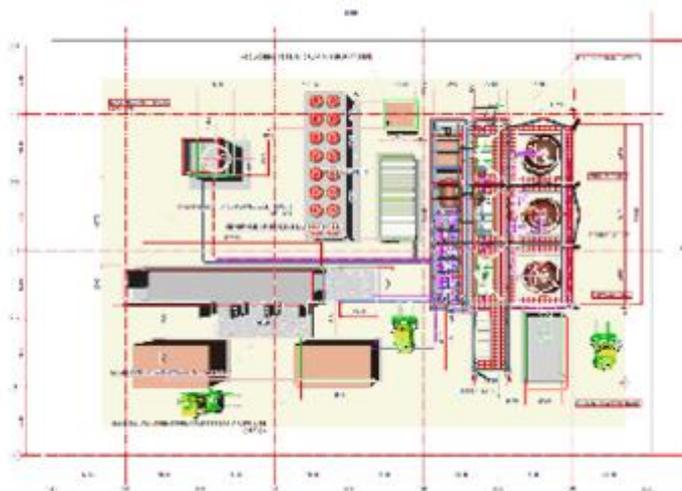


## Modular design reduced erection cost



## Reliability and low opex

- One step methanation, robust temperature control
- Minimum moving parts
- Minimum electrical consumption
- No oil cooling (improved safety and reduced maintenance)
- Gravity flow
- High temperature heat extraction
- Demineralised water and high-pressure steam as by-products



## Industrial proven proprietary reactor technology & Catalyst



Thank you !

