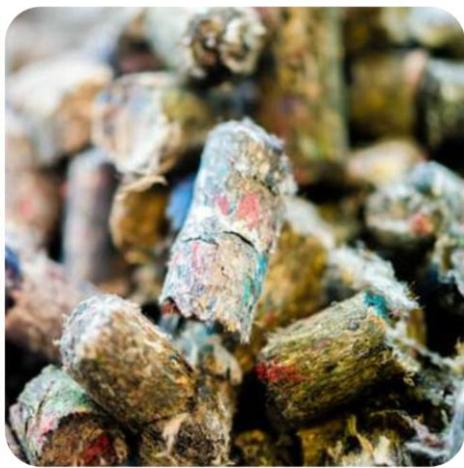


La Pyrogazéification pour injection

Valoriser localement nos déchets en
gaz durable et accessible pour
décarboner tous les usages

Chourouk NAIT SAIDI

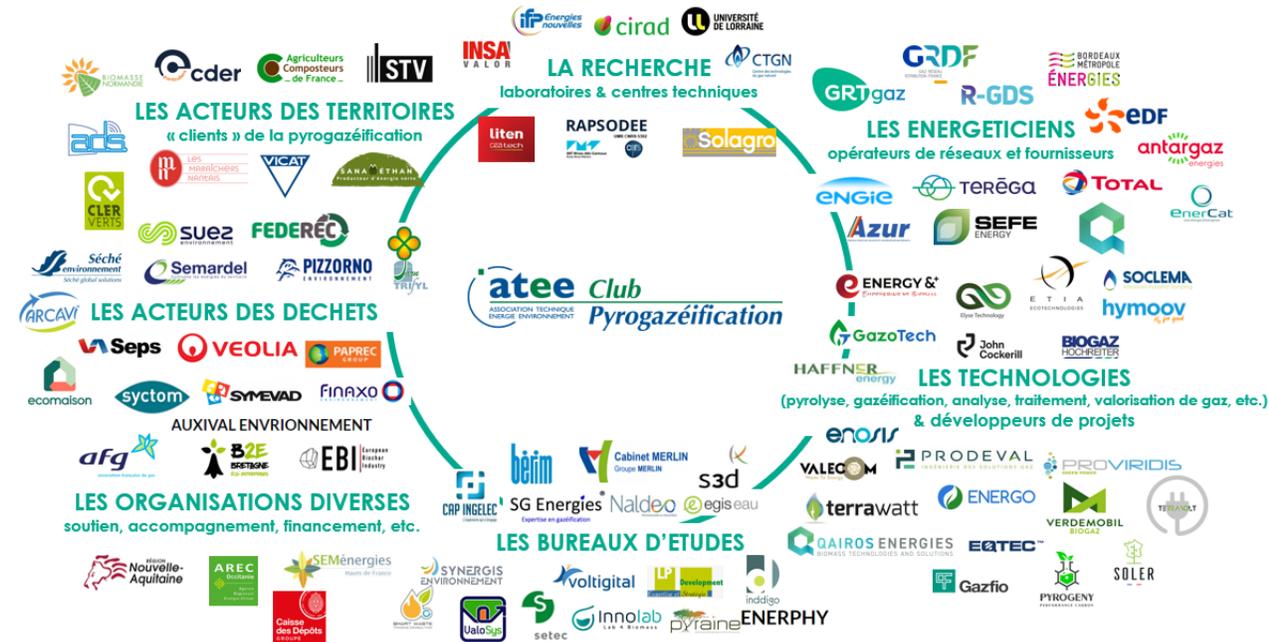
Déléguée Générale Club Pyrogazéification – ATEE



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
Club Pyrogazéification – ATEE

email: c.naitsaidi@atee.fr
Tel : 07 52 62 58 29

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 du GT Injection gaz
de synthèse



Clotilde VILLERMAUX

Chef de Projet Pyrogazéification

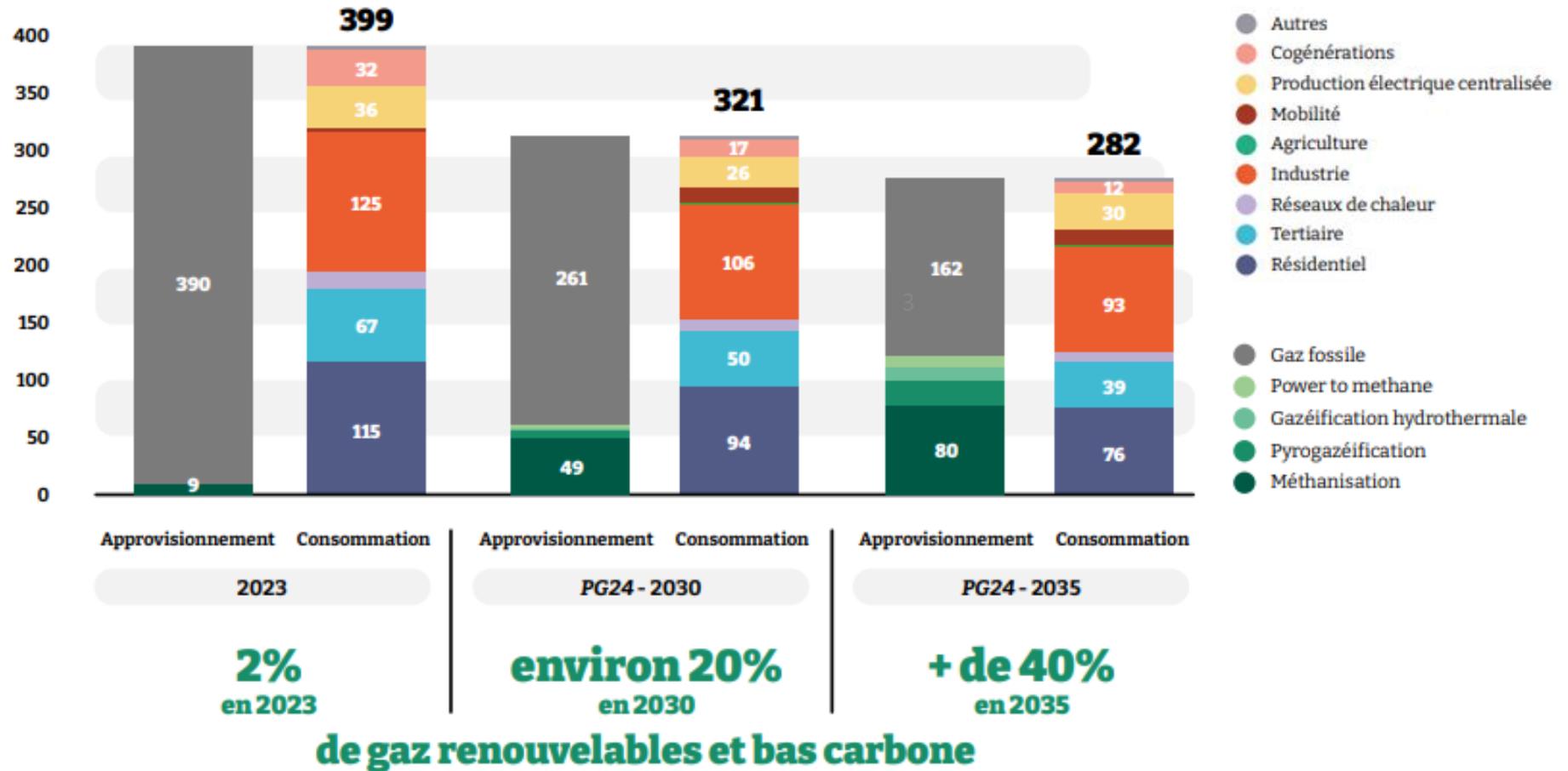
clotilde.villermoux@natrangroupe.com



VALORISER LES RÉSIDUS SOLIDES DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE RENEUVABLE LOCALE

Scénario Perspectives Gaz 2024 : approvisionnement et consommation en 2030 et 2035

TWh PCS



@Source L'édition 2024 des Perspectives Gaz

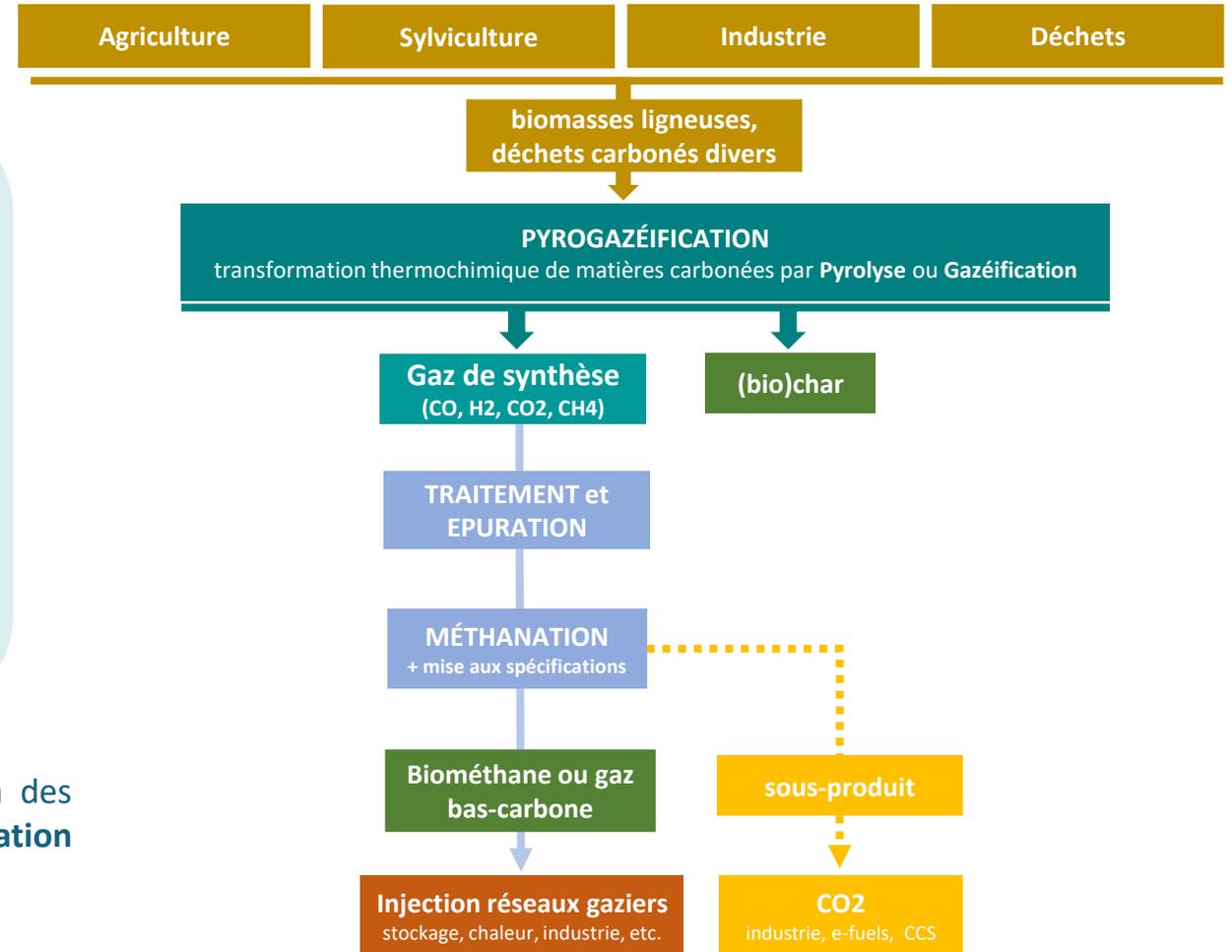
VALORISER LA BIOMASSE et LES DECHETS DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE RENEUVELABLE LOCALE

Une grande diversité de ressources



⇒ **Complémentarité 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 ».

La pyrogazéification, une solution de décarbonation énergétique



VALORISER LA BIOMASSE et LES DECHETS DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE RENOUVELABLE LOCALE

Une solution à la **problématique de gestion des déchets**, un exutoire pour des déchets peu ou mal valorisés.

Une technologie qui peut **s'adapter à un large spectre de ressources** pour permettre une **valorisation optimale**.



VALORISER LA BIOMASSE et LES DECHETS DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE RENOUVELABLE LOCALE

La biomasse

L'ADEME a identifié une trajectoire pour la valorisation de la biomasse par pyrogazéification pour production de biométhane dans son avis d'expert sur « la biomasse un enjeu stratégique pour la transition écologique ».

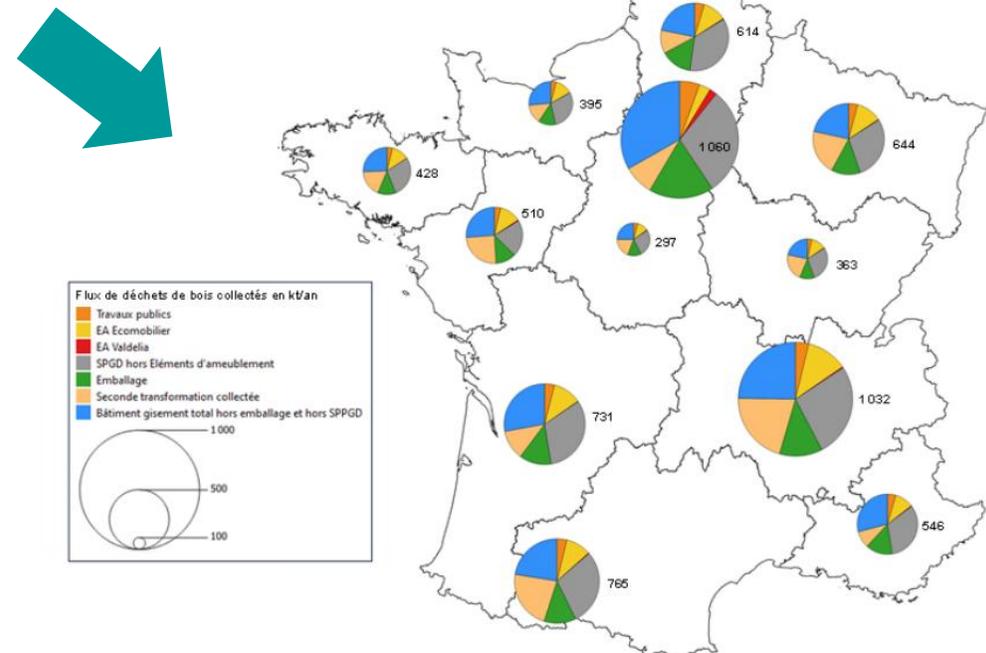
- **Horizon2030** : Pour atteindre les objectifs 2050 de production de gaz (scénarios S2 et S3 ADEME), le potentiel de Pyrogazéification pour production de biométhane issue de biomasse est de l'ordre de 1 TWh.
- **Horizon 2050** : Sans tenir compte de la valorisation des CSRs qui complétera le potentiel de production, la pyrogazéification de biomasse contribue à hauteur d'une 30aine TWh.

Secteur	Classes principales déchets	Exemple de déchets générés
Produits et matériaux de construction du bâtiment	BR1, BR2	Chutes de chantiers, éléments de menuiserie, éléments de charpentes, éléments d'agencement...
Éléments d'ameublement	BR1, BR2	Mobiliers ménagers, mobiliers professionnels
Entreprises de la 2 nd transformation	A, BR1, BR2	Chutes de production (de PMCB ou de meubles), copeaux, poussières de bois...
Emballages	A	Palettes, caissons, cagettes...
Génie civil	BR2, C	Poteaux, Equipements routiers (glissières en bois), traverses de chemin de fer...
Agriculture	BR2	Clôtures, pieux...



La production de déchets de bois s'élève à 8,7 Mt.

Figure 6. Flux de déchets de bois collectés par région (en tonnes/an)



Les chiffres indiquent le tonnage global collecté, en bennes dédiées ou en mélange

VALORISER LA BIOMASSE et LES DECHETS DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE RENOUEVELABLE LOCALE

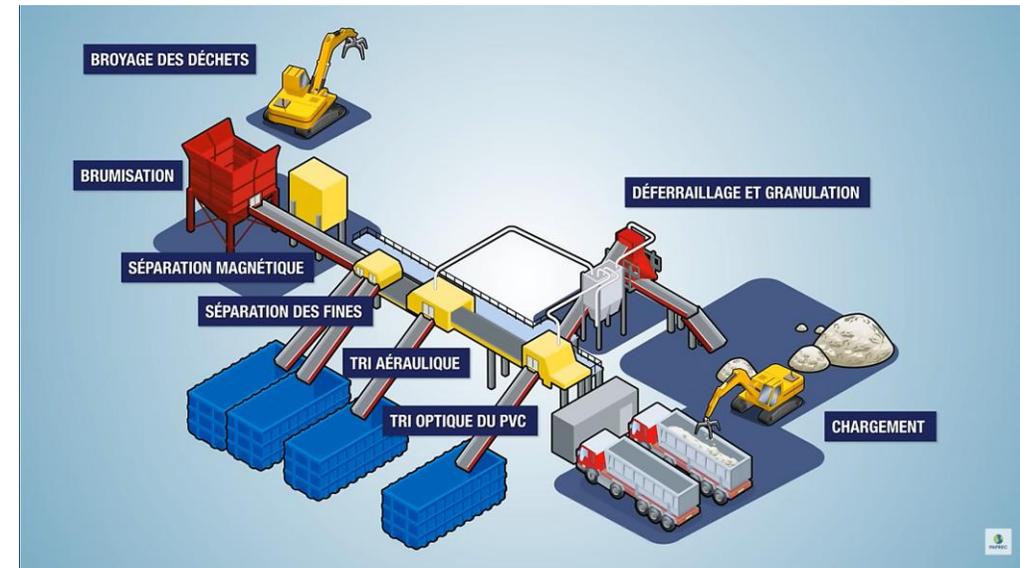
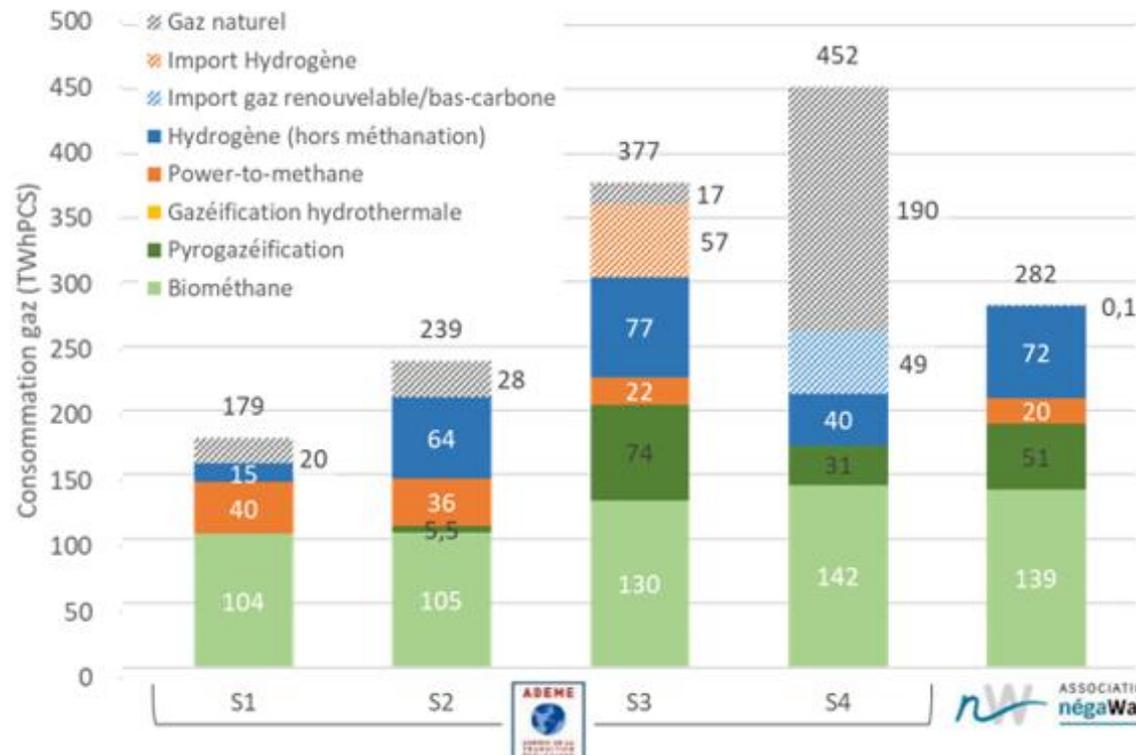
Les déchets non biogéniques : CSR, plastiques non recyclables

8 millions de tonnes de déchets non biogéniques non dangereux non inertes admis en installation de stockage qui peuvent être valorisés par pyrogazéification.

Les déchets éligibles à la production de CSR sont ceux n'étant pas valorisés, non dangereux et non polluants - à l'image du bois B, des papiers, de certains plastiques, des textiles ou encore de mousses.

→ La France est appelée à payer 1,5 milliards en 2024 à la commission européenne (taxe sur le non recyclage et valorisation du plastique).

SCÉNARIOS DU MIX GAZIER EN FRANCE À HORIZON 2050 [TWh PCS]



https://www.youtube.com/watch?v=5XxzXBOWsV4&t=110s&ab_channel=PAPREC

LES TECHNOLOGIES SUR LE MARCHÉ adapté pour l'injection

KEW



EQTEC



CHARTECH



Spanner – Charwood



ABSL



Clean Carbon Conversion



Gava (Engie)



Liste non exhaustive de technologies sur le marché

LA PYROGAZÉIFICATION DANS LE PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE FRANÇAIS UN FUTUR PROMETTEUR EN 2023, ENCORE À CONCRÉTISER EN 2025

La loi d'accélération de la production d'ENR, mars 2023, a introduit les gaz bas-carbone par pyrogazéification d'intrants mixtes.

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

Le projet de la SFEC et PPE3 a identifié que pour la production de biogaz d'autres procédés innovants, comme la pyrogazéification, la gazéification hydrothermale ou la méthanation, font actuellement l'objet d'expérimentations et pourraient contribuer à moyen terme à la production de biogaz.

- La pyrogazéification **est explicitement cité sous la rubrique objectifs nationaux et mesures des énergies bas-carbone – volet biogaz** :
- En 2035, la production de biogaz par méthanisation a un objectif de production entre 50 et 85 TWh.



Développer un programme de soutien aux nouvelles technologies de biométhane en débutant par des démonstrateurs commerciaux de taille industrielle.

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.

- **L'État, les territoires et les acteurs industriels doivent collaborer** pour structurer durablement cette filière et pour une valorisation optimale des ressources.



Mettre en place à court terme les contrats d'expérimentation pour la production de biométhane et gaz bas carbone utilisant les technologies innovantes afin de soutenir les premières unités commerciales.

Arrêté de définition des seuils GES du gaz bas carbone.



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

Ce dispositif pourrait être inspiré des mécanismes déjà initiés pour soutenir la méthanisation par exemple.



Des objectifs de production clairement intégrés dans les scénarios prospectifs orientant la politique énergétique de la France.



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

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



14 countries have gasification installations

Germany, France, Italy and Finland are the countries with the most gasification plants



Gasification products:

- Power, heat, steam: 85% of all installations
- Synthetic Natural Gas (SNG)
- Methanol
- Fischer-Tropsch fuels and Sustainable Aviation Fuel (SAF)

Majority of planned/under construction installations will upgrade to SNG



195 biomass and waste gasification plants across Europe

- 141 plants at operational level
- 54 plants under development



MÉCANISMES DE SOUTIENS ET SUBVENTION POUR LES PROJETS DE GAZÉIFICATION DES FLUX DE DÉCHETS (BIOMASSE ET CSR)

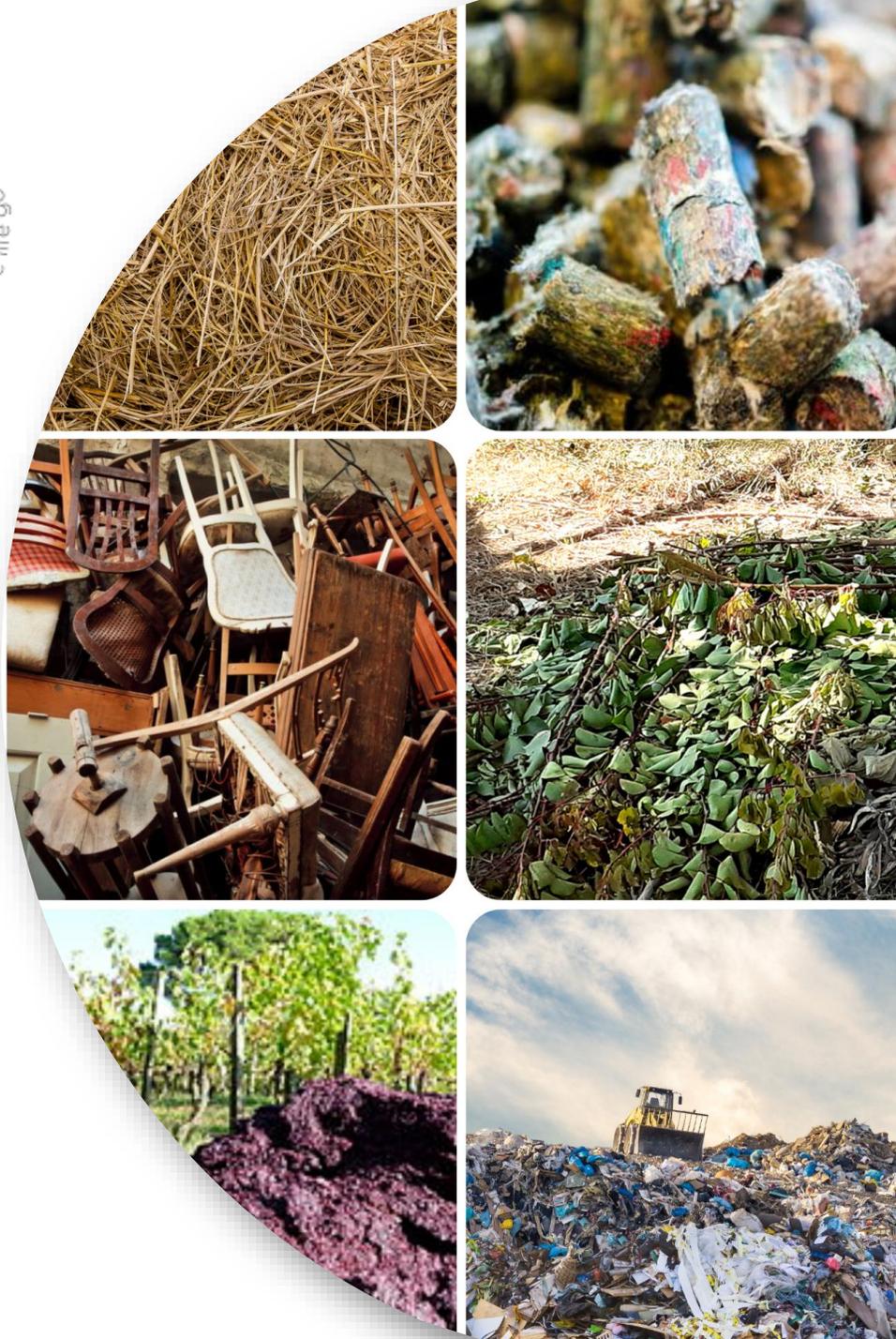


Casper VAN MOURIK

Senior Policy Advisor



Ministerie van Klimaat en
Groene Groei





Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

Subsidy for the gasification of waste streams

2025-02-05

Casper van Mourik, senior
policy advisor renewable heat
at the Ministry of Climate
Affairs and Green Growth



Table of contents



The carbon chain in our National Plan Energy System



The green gas blending obligation act



Why do we subsidize gasification?



The Dutch innovation ecosystem



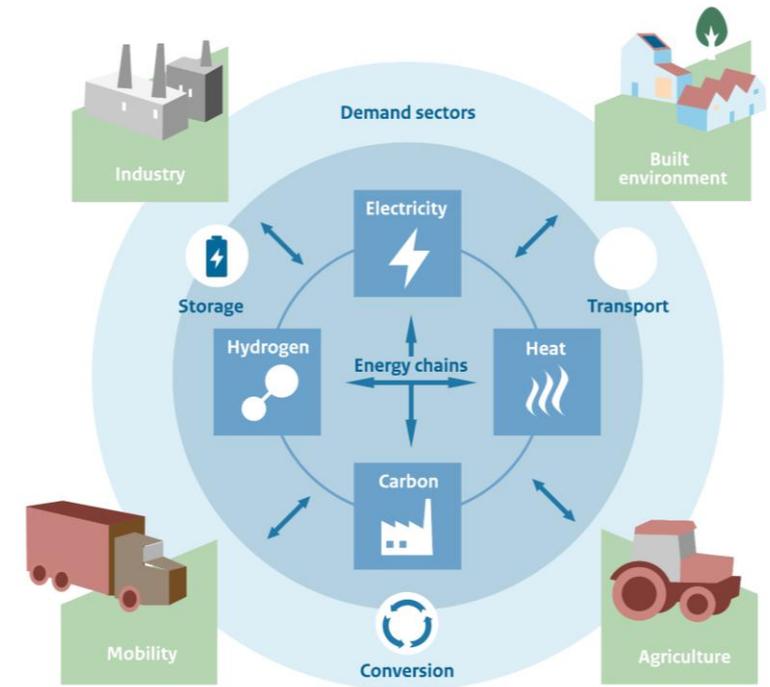
DEI+ gasification of waste streams



IEA task 33 country report of gasification in the Netherlands

Gasification is an important technology for the carbon chain

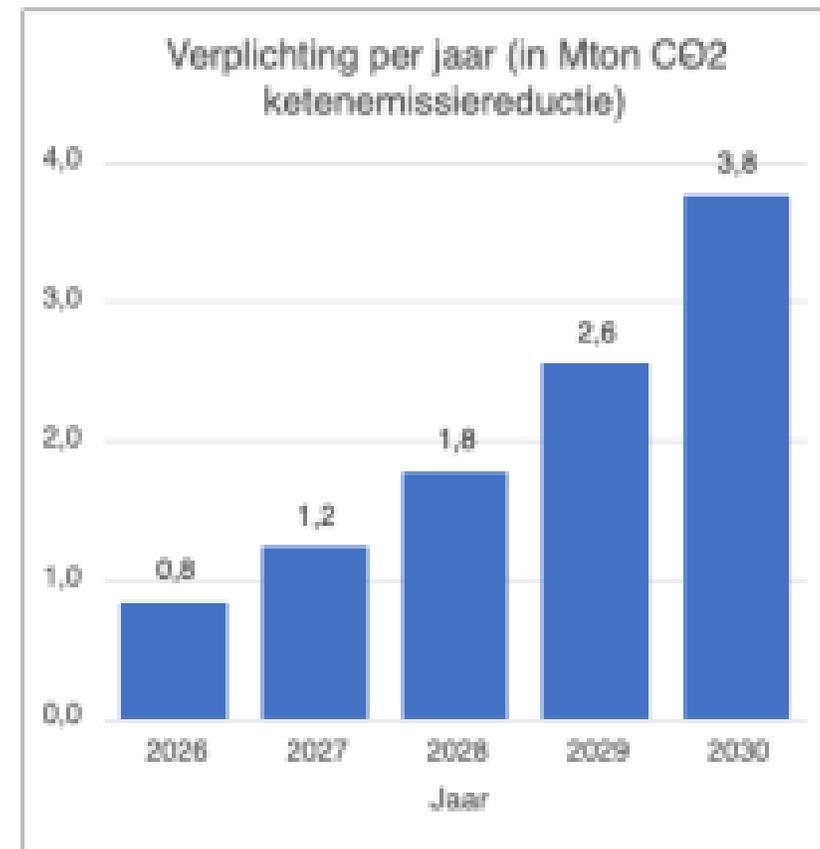
- In December 2023 we published our National Plan Energy System. The plan identifies four energy chains, among them the carbon chain.
- In accordance with the aim to achieve a circular economy, the goal is to minimize or ideally phase out fossil carbon by 2050.
- Potential sources of renewable carbon:
 - Bio-based materials
 - Secondary raw materials
 - Synthetic carbon carriers
- Gasification is an important conversion technology to increase the supply of renewable carbon





Green gas blending obligation act

- > The Dutch government proposed a green gas blending obligation to reduce 3,8 Mton of CO₂ chain emissions in 2030 or ± 1,1 billion cubic meter (bcm).
- > We have estimated that about 0,4 bcm of this target will need to be met by gasification
- > In 2023 we produced 0,28 bcm biomethane in the Netherlands
- > The proposal is set to start in 2026 but still has to be approved by the Dutch parliament.
- > In [December 2024](#) and [January 2025](#) we sent letters to parliament regarding the notification procedure and the expected costs for consumers (in Dutch).





Why do we subsidize gasification?

- > We believe the main barriers for gasification are technological risks and high capital costs (similar to this excerpt from a recent [EBA whitepaper](#)).
- > Additional capex (capital expenditures) subsidy can decrease the cost of capital.
- > If new projects are demonstrated, the technological risks of new plants will decrease over time.
 1. **High Capital Costs:** initial investment for setting up gasification plants is high, which can be a barrier to entry for many investors.
 2. **Technological Risks:** as gasification technologies are complex and require advanced engineering and operational expertise, the risk of technological failures and operational issues can deter investment.

Research

Development

Demonstration

Scaling up

Realization/ Large-scale roll-out

NWO

(Top Sector Energy)

Grant for fundamental research and knowledge development for the climate and energy transition

MOOI

(Top Sector Energy)

Subsidy for large-scale, multidisciplinary innovation projects that lead to more sustainable energy systems, built environments and industry

EKOO

(Top Sector Energy)

Subsidy for small-scale innovation projects that lead to more sustainable energy systems, built environments and industry

TNO contribution

Annual contribution to the implementation of applied research carried out by TNO in the field of climate and energy

International co-funding opportunities

Active role and cofunding in Horizon Europe, Clean Energy Transition Partnerships (min €8 mln per year), Innovation Fund

Generic innovation schemes (Ministry of Economic Affairs)

General arrangements for innovation in industry. This also includes many innovation projects that contribute to the climate and energy transition (examples: Innovation Box, WSBO, MIT, PPP allowance)

DEI+

Subsidy for pilot, demonstration and scale-up projects of energy and climate innovations

Climate Fund measures from the Early Phase Scale-up plot

OWE & IPCEI H2

Subsidy for scaling up the production, use, transport/storage of hydrogen

SDE++

Subsidy for large-scale renewable energy production and CO2-reducing measures

SCE

Subsidy for energy cooperatives and owners' associations for the production of renewable energy

EIA

Investment deduction for entrepreneurs for measures that lead to lower CO2 emissions

ISDE

Subsidy for homeowners and businesses for measures that lead to less CO2 emissions

WIS

Subsidy for investments in heat networks for existing homes and buildings

VEKI

Subsidy for unprofitable investments in making the industry more sustainable with proven techniques

NIKI (in development)

Subsidy for large investments in innovative techniques in industry that lead to lower CO2 emissions



DEI+ gasification of waste streams (1/2)

- › In 2024 and 2025 we expanded our Subsidy Demonstration Energy Innovation (DEI+) with a separate budget for [gasification of waste streams](#).
 - We had a market consultation in 2023 to investigate the market interest in the scheme. Even though there was a lot of interest, the 2024 call came too early for potential projects.
- › The DEI+ is focused on capex. It is possible to apply for up to 30 million euro per project, with a total budget of 109 million euros.
- › The DEI+ can be combined with *opex-arrangements*: the biomethane blending obligation, the RED or the Dutch [SDE++](#)-subsidy for large scale energy production.
- › The subsidy intensity depends on the type of project but does not exceed 45%*.
 - *55% for medium enterprises, 65% for small enterprises.



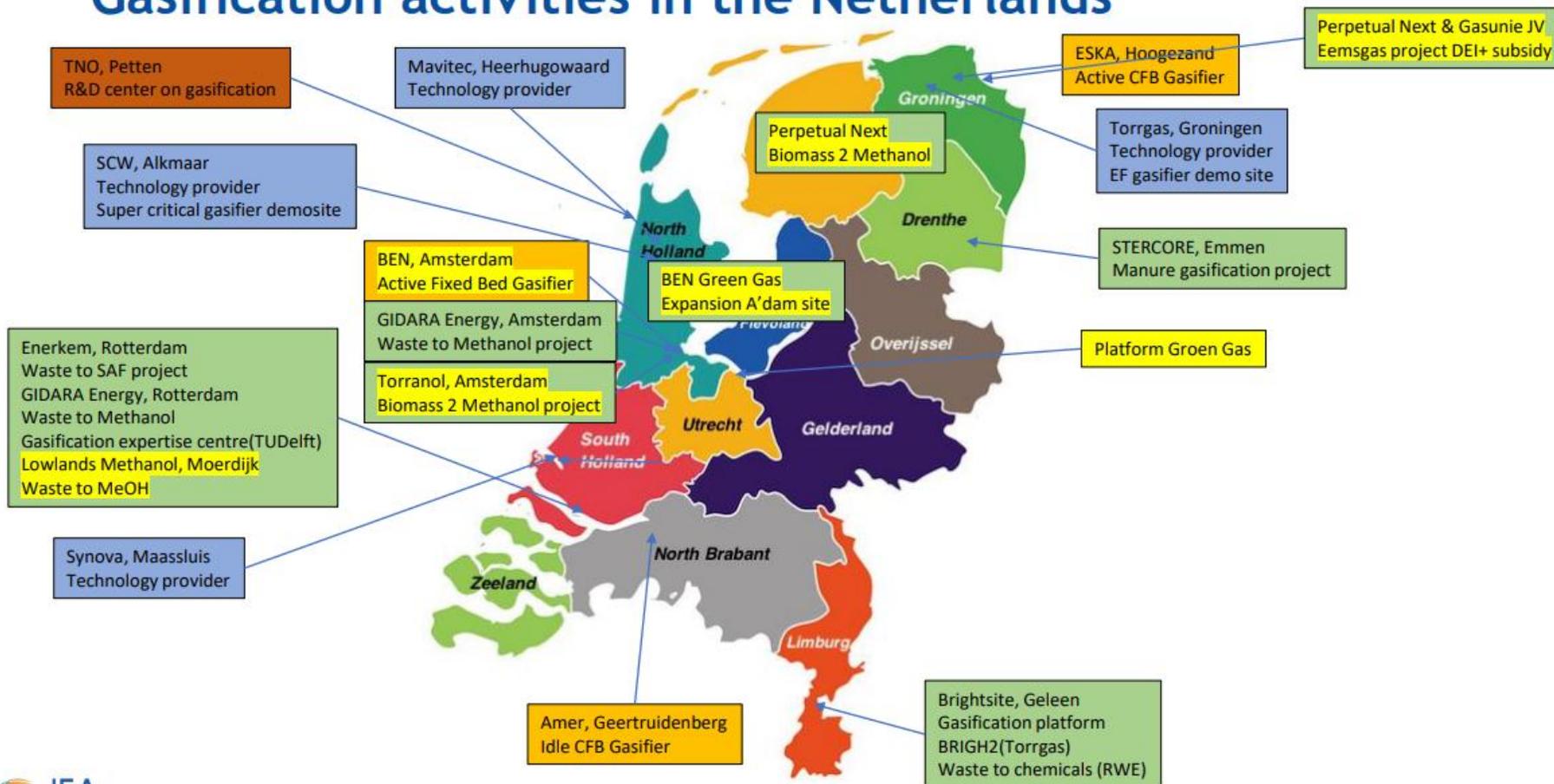
DEI+ gasification of waste streams (2/2)

- › The scheme applies to projects that produce biomethane, methanol, syngas or Sustainable Aviation Fuels.
 - The production of (primarily) hydrogen, recycled carbon fuels or CHP (combined heat and power) are excluded from the DEI+.
- › The biogenic feedstocks must comply with the sustainability criteria of [annex IX](#) of the Renewable Energy Directive (RED). Mixed municipal waste is also included, as long as at least 40% of the feedstock is of biogenic origin.
 - Only the biogenic fraction of mixed municipal waste is eligible for subsidy.
Example: if you gasify a waste stream which is 50% biogenic, 50% of the capex can be subsidized.
- › The entire process is eligible for subsidy: pre-treatment, torrefaction, gasification, gas cleaning and gas upgrading.

*55% for medium enterprises, 65% for small enterprises.

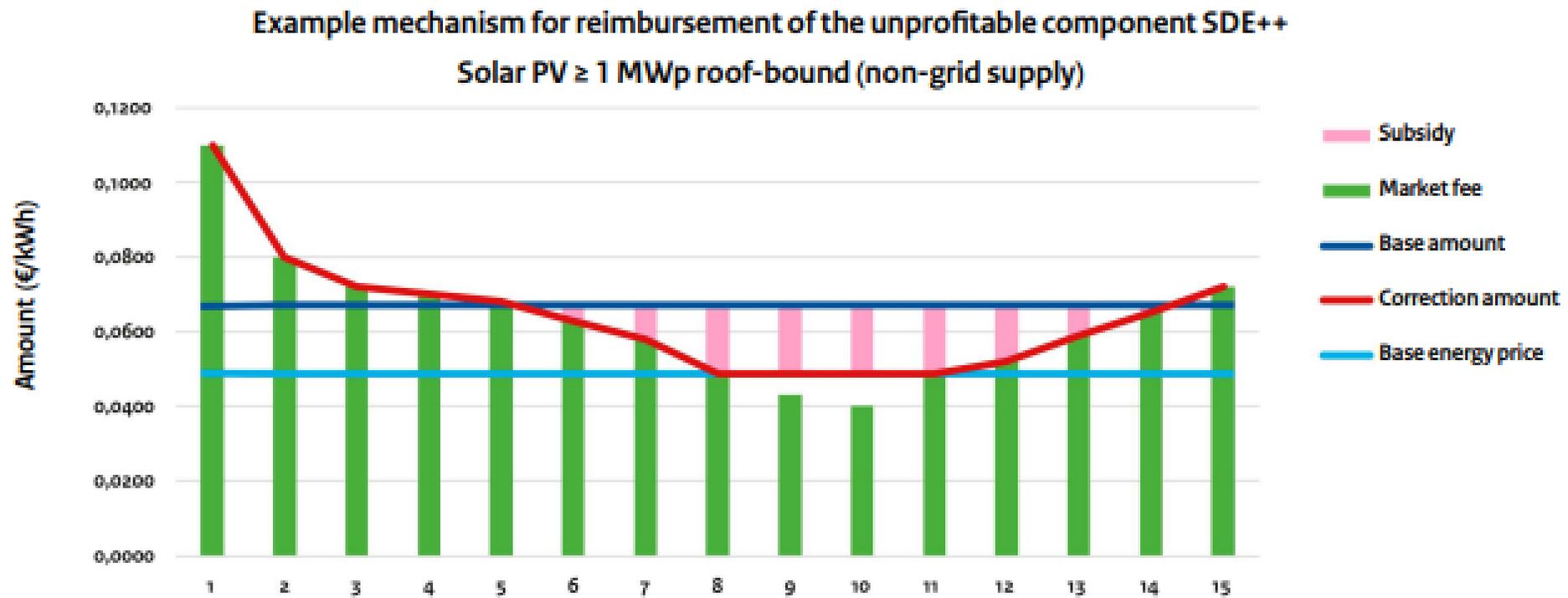
IEA task 33 country report (October 2024)

Gasification activities in the Netherlands





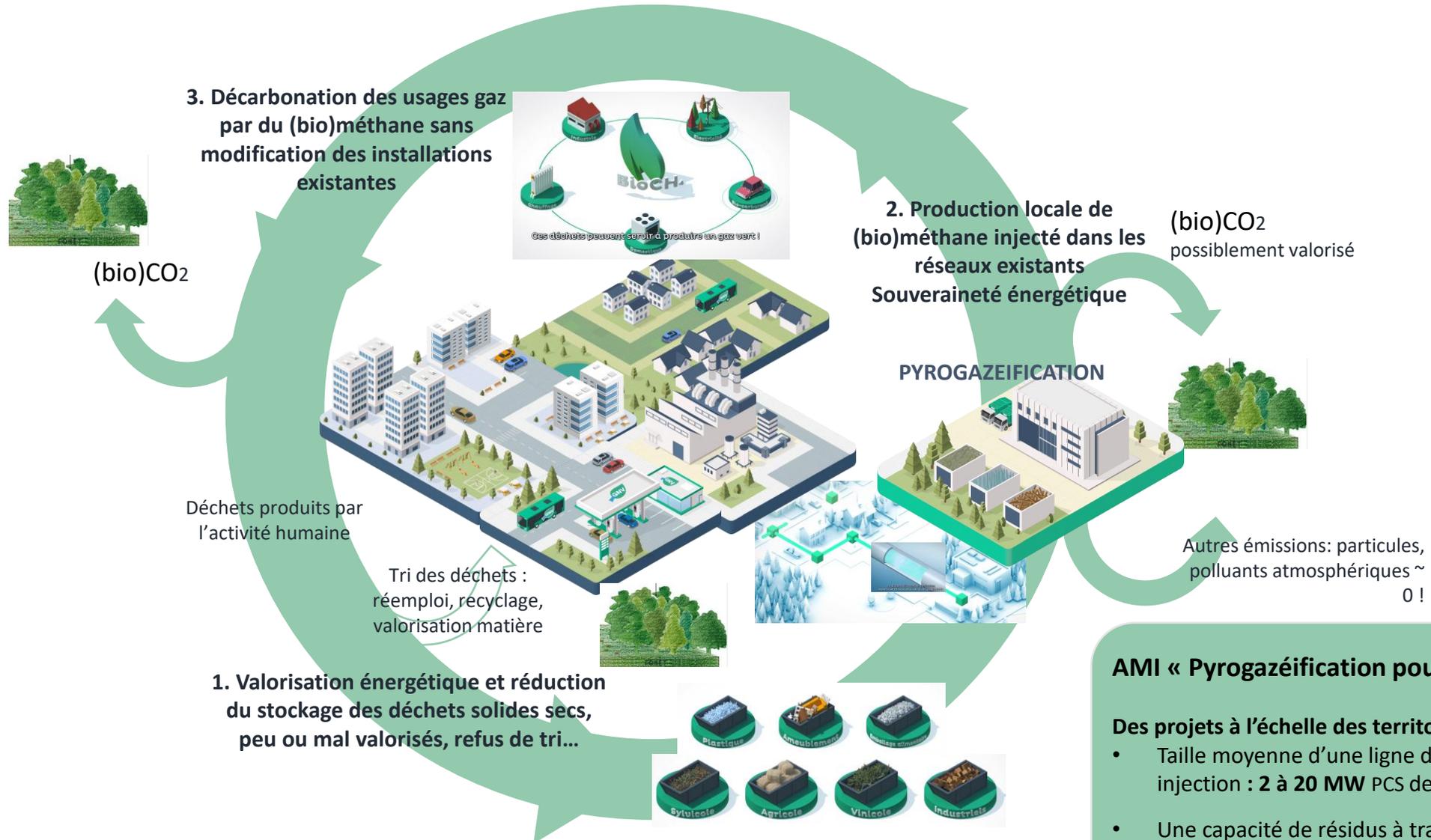
Annex: example of the SDE++-mechanism





**Pyrogazéification pour production de biométhane et gaz bas-carbone :
Porteurs de projets et opérateurs de réseaux
sont prêts**

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 Nm³/h)
- Une capacité de résidus à traiter de **~10 à 70 kT/an par installation**



Une réponse aux objectifs de valorisation des déchets

Les préparateurs de CSR sont prêts, mais le décollage de la demande se fait toujours attendre (FEDERREC, Chiffres Clés 2023)

Capacités de production française :
2,5 millions de tonnes de CSR
(objectif Plan Déchet atteint)



Production réelle française :
20% du potentiel de production réellement produit
15% seulement sont consommées en France



Cimenterie



Chaufferies CSR

Ces chiffres démontrent que les exutoires actuels sont loin d'être à la hauteur des ambitions de développement de la filière CSR

Les perspectives de la filière pyrogazéification de CSR pour production de biométhane et gaz bas-carbone doivent répondre à cet enjeu (ADEME, Transition(s) 2050, 2024)

La pyrogazéification pour injection apporte une réponse aux enjeux sociétaux qu'il faut adresser dès à présent



Enjeux déchets

- Variété de matières résiduelles
- Valorisation de résidus locaux
- Limitation du transport de déchets

Enjeux socio-économiques

- Economie circulaire
- Projets à taille des territoires
- Création d'emplois non délocalisables
- Filière compétitive avec un soutien maîtrisé



Enjeux énergie

- Réseau gaz existant et maillé
- Production locale
- Multiples usages
- Energie non intermittente et stockable



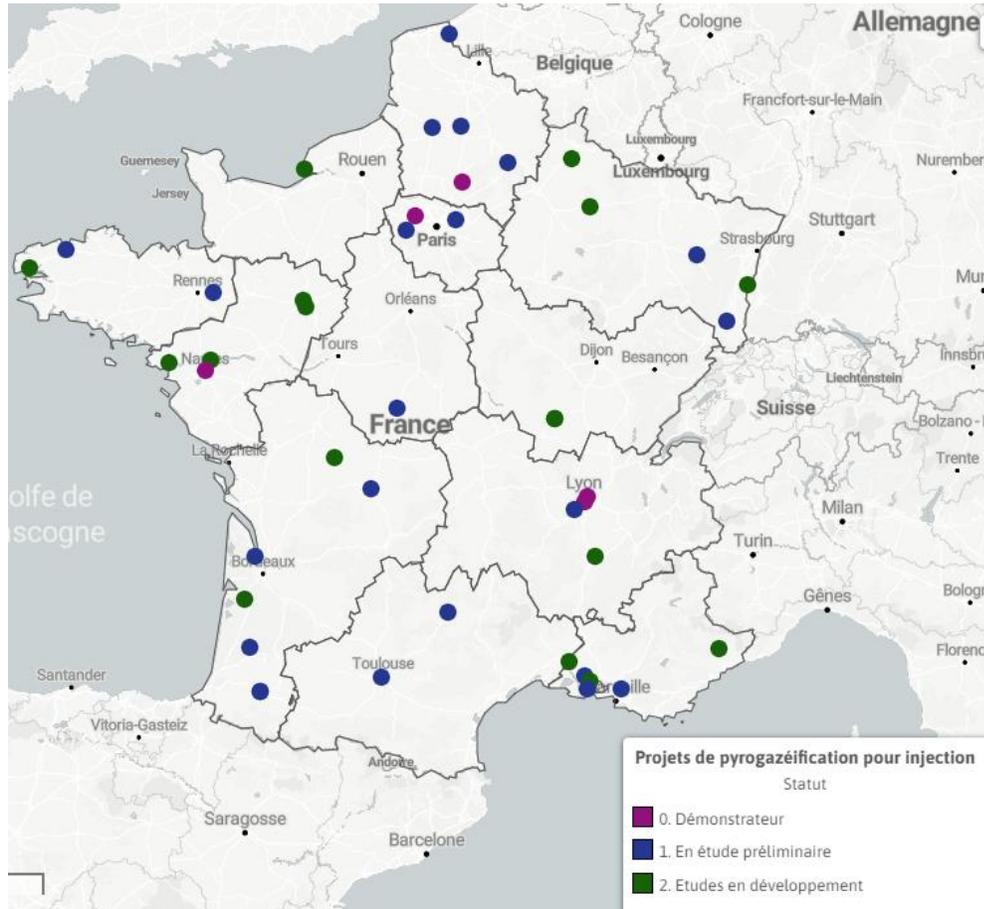
Enjeux environnementaux et sanitaires

- Diminution des émissions de GES
- Réduction voire suppression des fumées, particules
- Valorisation de CO2 biogénique



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

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



Plus d'une cinquantaine de projets industriels identifiés en territoire

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

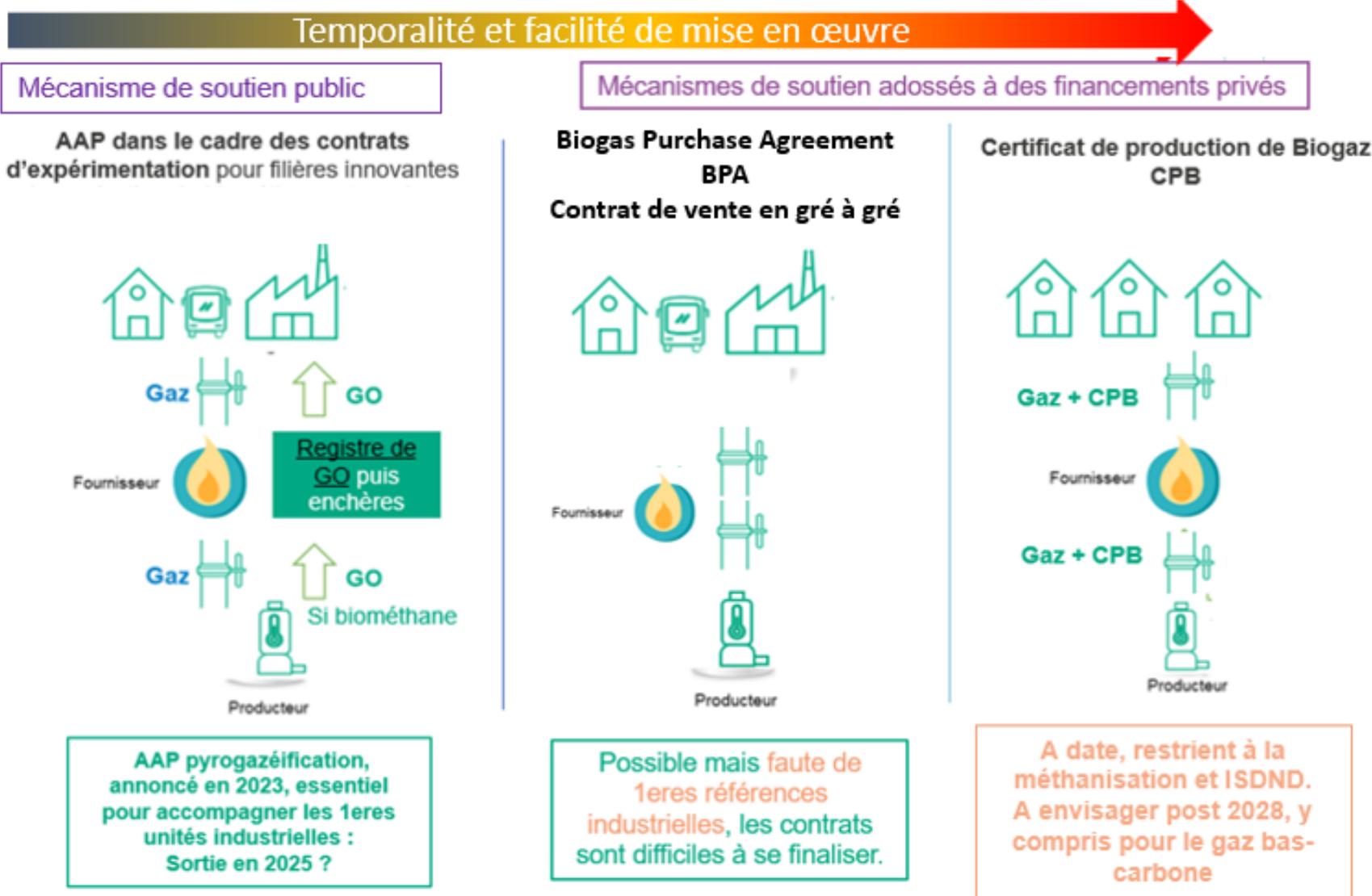
Lien vers la cartographie publique :

[Cartographie des projets sur internet](#)

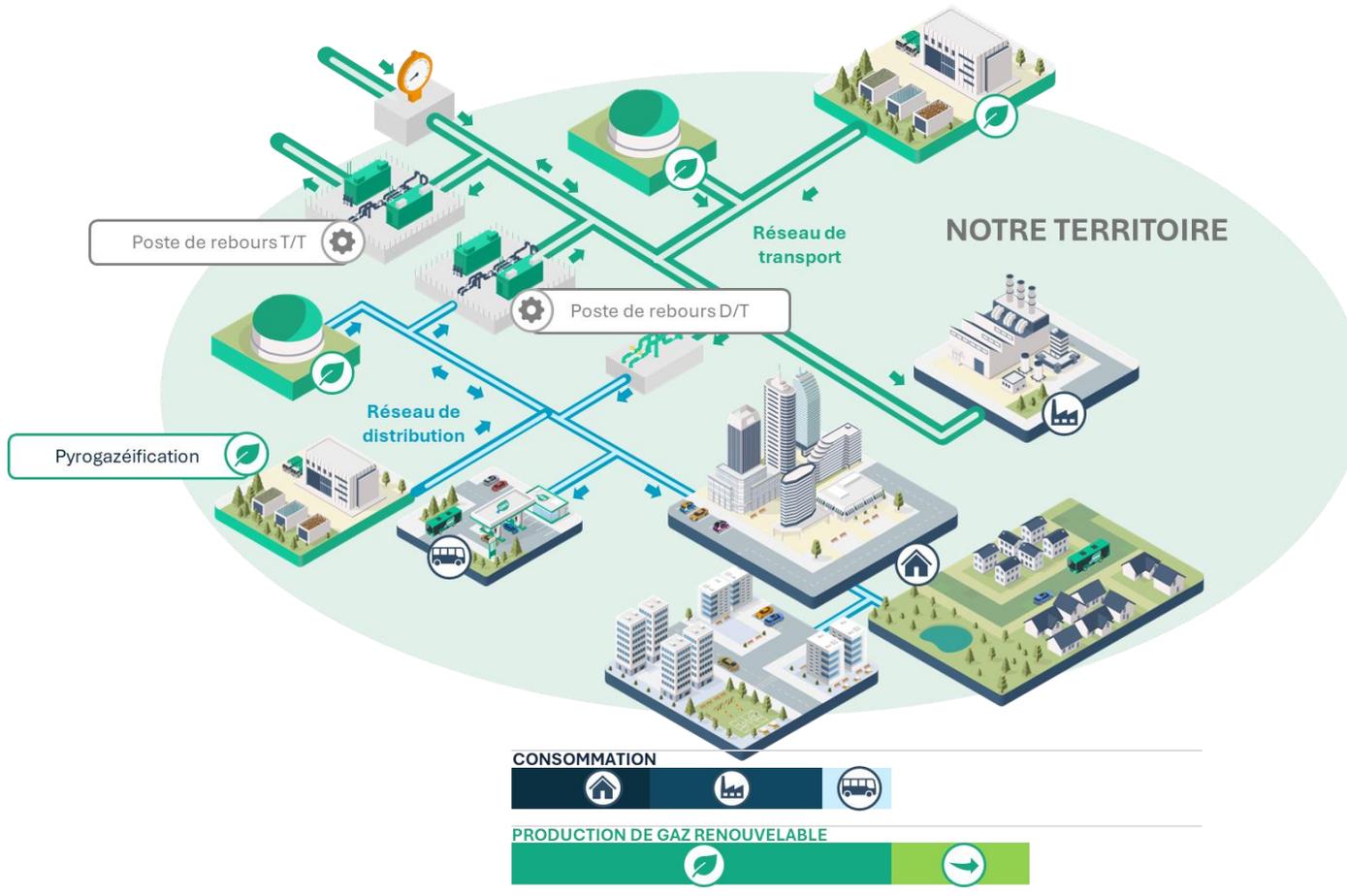
A date : **7 installations de pyrogazéification** figurent dans le registre de capacités relativement à l'injection de réseaux gaziers, soit **610 GWh PCS /an**

Quels leviers pour le lancement des projets pyrogazéification pour injection ?

Le contrat d'expérimentation avec un AAP dédié est l'outil le plus adapté pour une filière industrielle qui démarre



Le développement des réseaux permet l'accueil du biométhane et du gaz bas-carbone issu de pyrogazéification

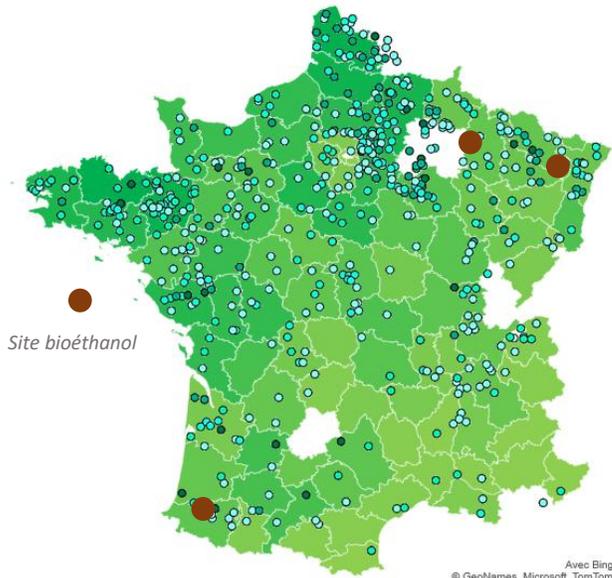


- Des **spécifications techniques d'injection communes** aux opérateurs, adaptés aux nouvelles technologies
- Les **gestionnaires de réseaux se concertent** pour définir le réseau de raccordement
- Par le droit à l'injection, vos projets bénéficient **d'une réfaction** de 60% sur le raccordement, plafonnée à 600 k€.
- Des **renforcements de réseaux** sont possible pour permettre l'injection de votre production (**rebours, maillage**)

Les opérateurs de réseaux vous accompagnent également sur la valorisation du CO₂, permettant de consolider votre business model

CO₂ issu d'un processus de fermentation

Un potentiel diffus mais des flux très purs en CO₂, et donc une économie très importante sur les coûts de capture



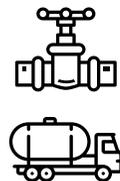
Potentiel de production de bioCO₂ par méthanisation et sur les sites de production de bioéthanol



- Récupération du méthane dans l'offgaz
- Valorisation du CO₂ : e-méthane, usage, stockage
- Création de boucle locale d'achat du CO₂ biogénique



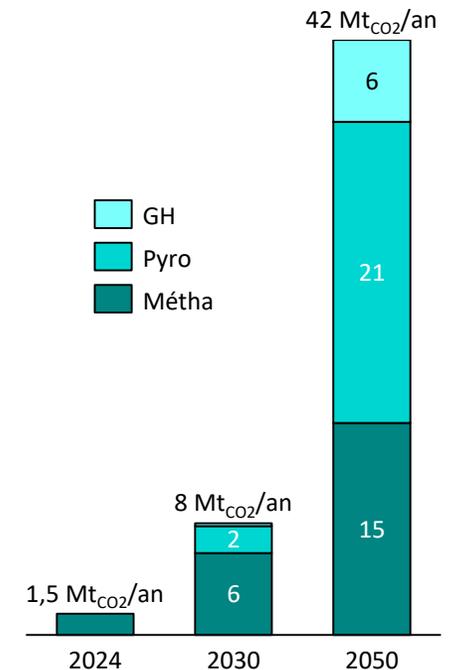
Cadre réglementaire européen favorisant l'intégration du CO₂ biogénique



Le schéma de collecte le plus pertinent dépend principalement de la configuration territoriale du projet

CO₂ issu de la pyrogazéification

Des flux purs en CO₂ et des volumes importants apportent un double intérêt à la valorisation



Filière pyrogazéification pour injection, tout l'écosystème français est prêt



- **Les opérateurs sont aux cotés des porteurs de projets en territoire**
 - Le verdissement du gaz est inscrit dans nos projets d'entreprise
 - Les opérateurs réseaux accompagnent les projets sur les modalités de raccordement
 - Dans l'accompagnement dans le développement des projets dans toutes ses étapes



- **Il est impératif d'avoir rapidement des conditions économiques favorables et adaptées au démarrage des premières unités industrielles**

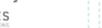
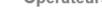


- **Les projets de pyrogazéification continuent à progresser et à se renforcer**
 - Chaque étape vers l'industrialisation permet d'accroître la connaissance de la filière
 - Chaque expérience individuelle profite à l'ensemble de la communauté



ASSOCIATION TECHNIQUE ENERGIE ENVIRONNEMENT
Pyrogazéification

GT Injection gaz de synthèse

Équipementiers	Bureaux d'étude	Acteurs du déchet / recyclage	Acteurs d'influence nationaux et régionaux
        	         	          	     
		Porteurs de projets	Opérateurs de réseaux et acteurs gaziers
		       	          



MERCI!



Clotilde Villermaux : Chef de Projet Pyrogazéification chez naTran (ex-GRTgaz) – clotilde.villermaux@natrangroupe.com



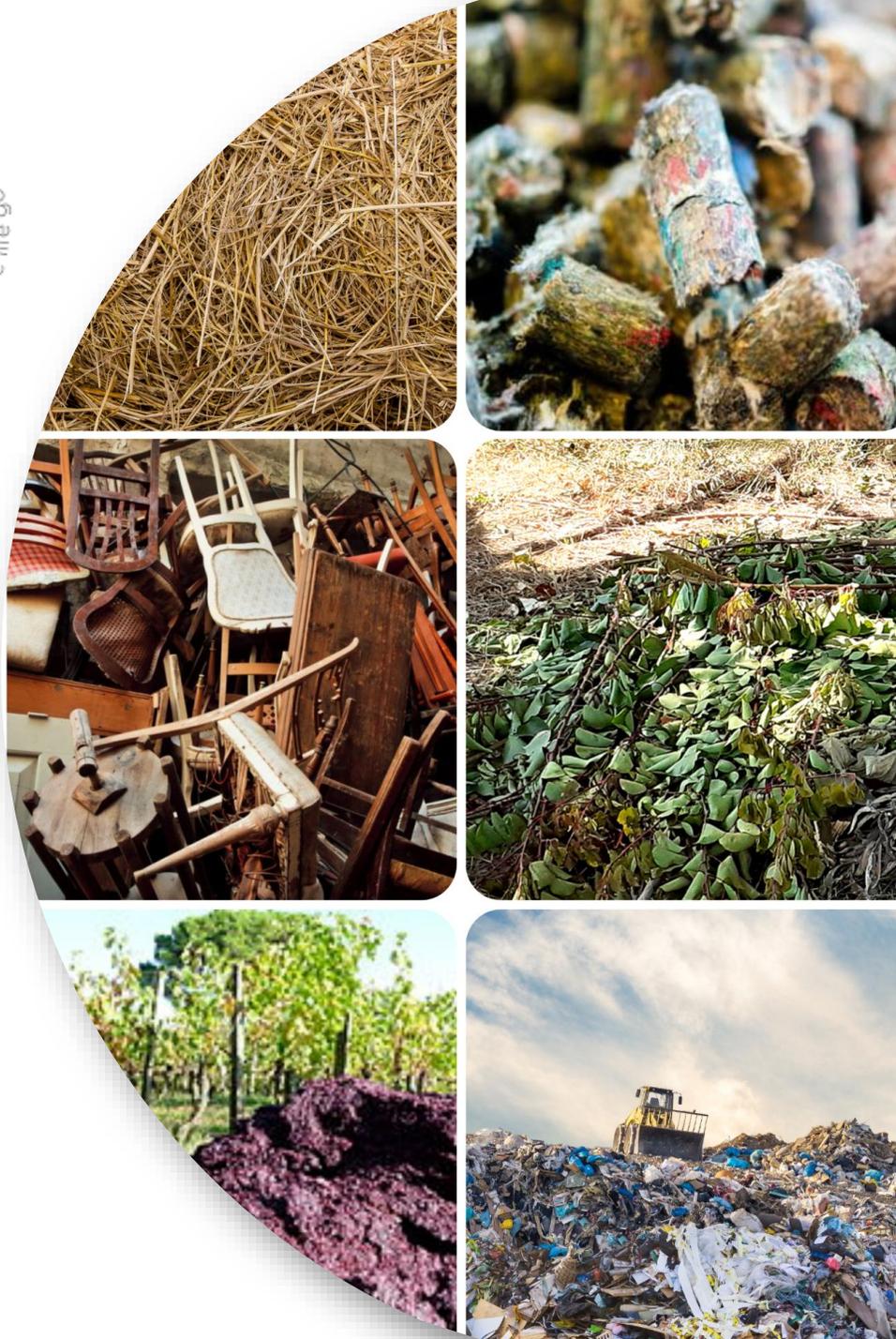
Victor Chapotard : Chef de projet Stratégie chez GRDF – victor.chapotard@grdf.fr

Comment intégrer une technologie innovante dans les territoires ? L'exemple de la pyrogazéification pour injection



Arnaud DIARA

Chef de Projets





BIO 360

Comment intégrer une technologie innovante dans les territoires ? *L'exemple de la pyrogazéification pour injection*

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

NaTran (ex-GRTgaz) et GRDF travaillent à catalyser l'émergence de la filière, avec pour objectifs :

- Réussir le passage à l'échelle industrielle de la filière pyrogazéification
- Faire émerger une nouvelle vague de projets
- Dans le but d'atteindre la **neutralité carbone** du gaz transporté dans les réseaux de GRDF et NaTran (ex-GRTgaz)

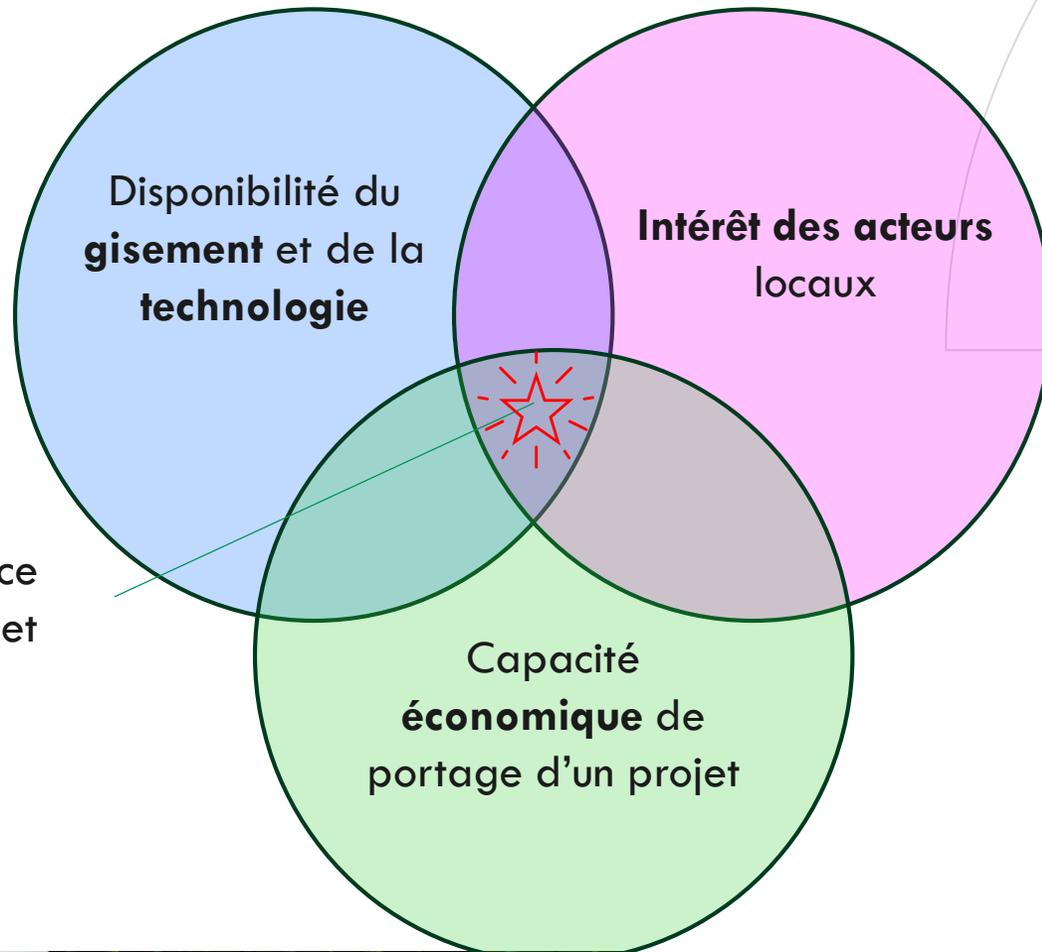
Objectifs de l'étude :

- Identifier les acteurs et alliés de la filière
- Quantifier l'opportunité de développement industriel
- Alimenter un cluster territorial pour structurer l'émergence de projets de pyrogazéification



PRINCIPE MÉTHODOLOGIQUE

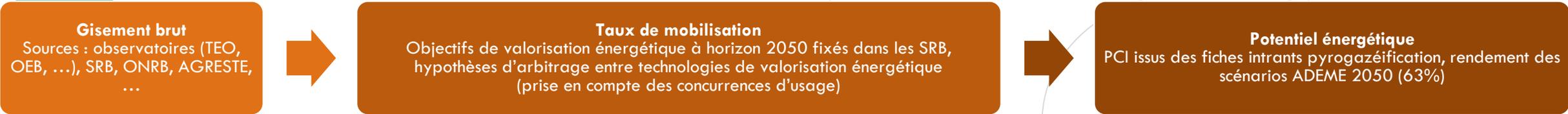
L'émergence d'un projet industriel dépend de multiples facteurs (technico-économiques, politiques, ...). Trois facteurs clés sont proposés pour identifier l'opportunité d'un projet :



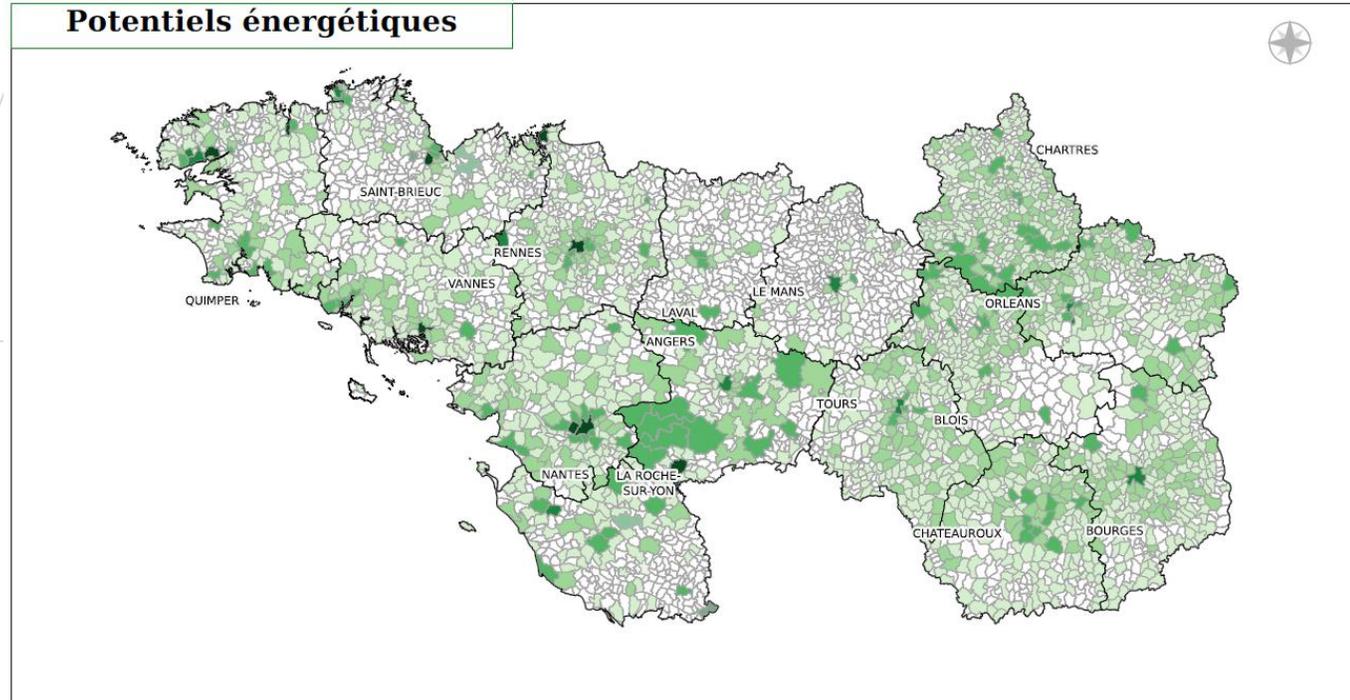
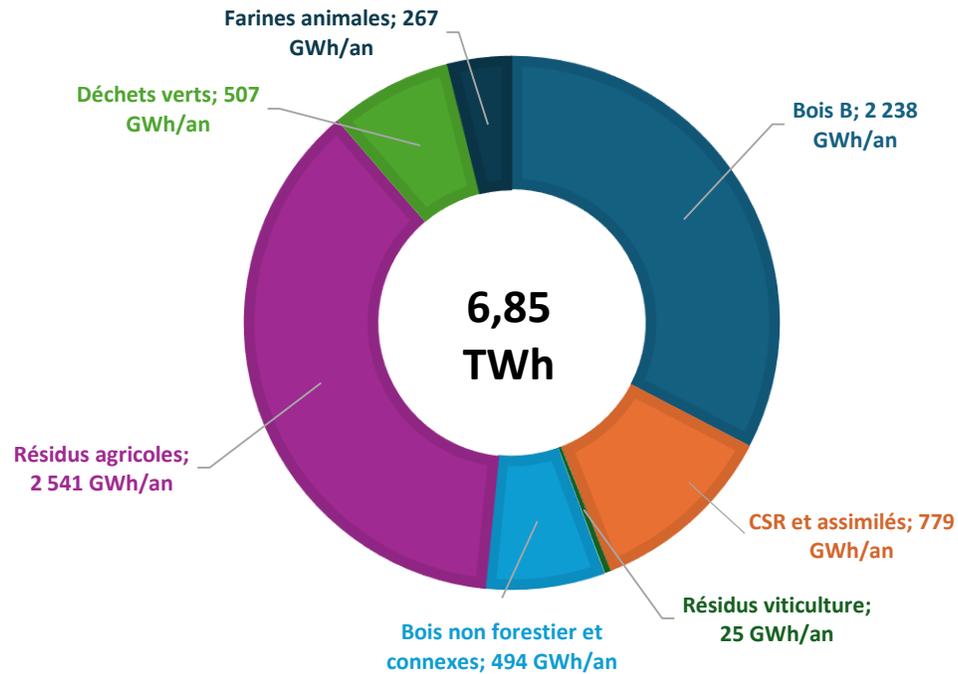
- **Disponibilité du gisement et de la technologie :**
 - Gisement : évaluation des potentiels énergétiques
 - Maturité technologique démontrée : Présence d'acteurs technico-économiques & TRL 7-8
- **Intérêt des acteurs locaux :**
 - Analyse du contexte local des acteurs (problématiques industrielles, détenteurs de gisement (focus déchets) par une méthode top-to-bottom
 - Concertation avec les acteurs locaux à prévoir sur les zones d'opportunité identifiées
- **Capacité de portage de projet :**
 - Identification des porteurs de projet potentiels
 - Identification des problématiques
 - Analyse à prévoir au cas par cas des opportunités identifiées

POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE IDENTIFIÉ DANS LE GRAND OUEST

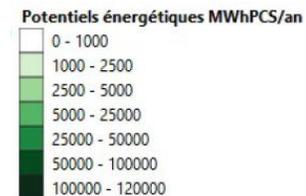
Méthodologie



POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE DES GISEMENTS MOBILISABLES POUR LA PYROGAZÉIFICATION (HORIZON 2030)

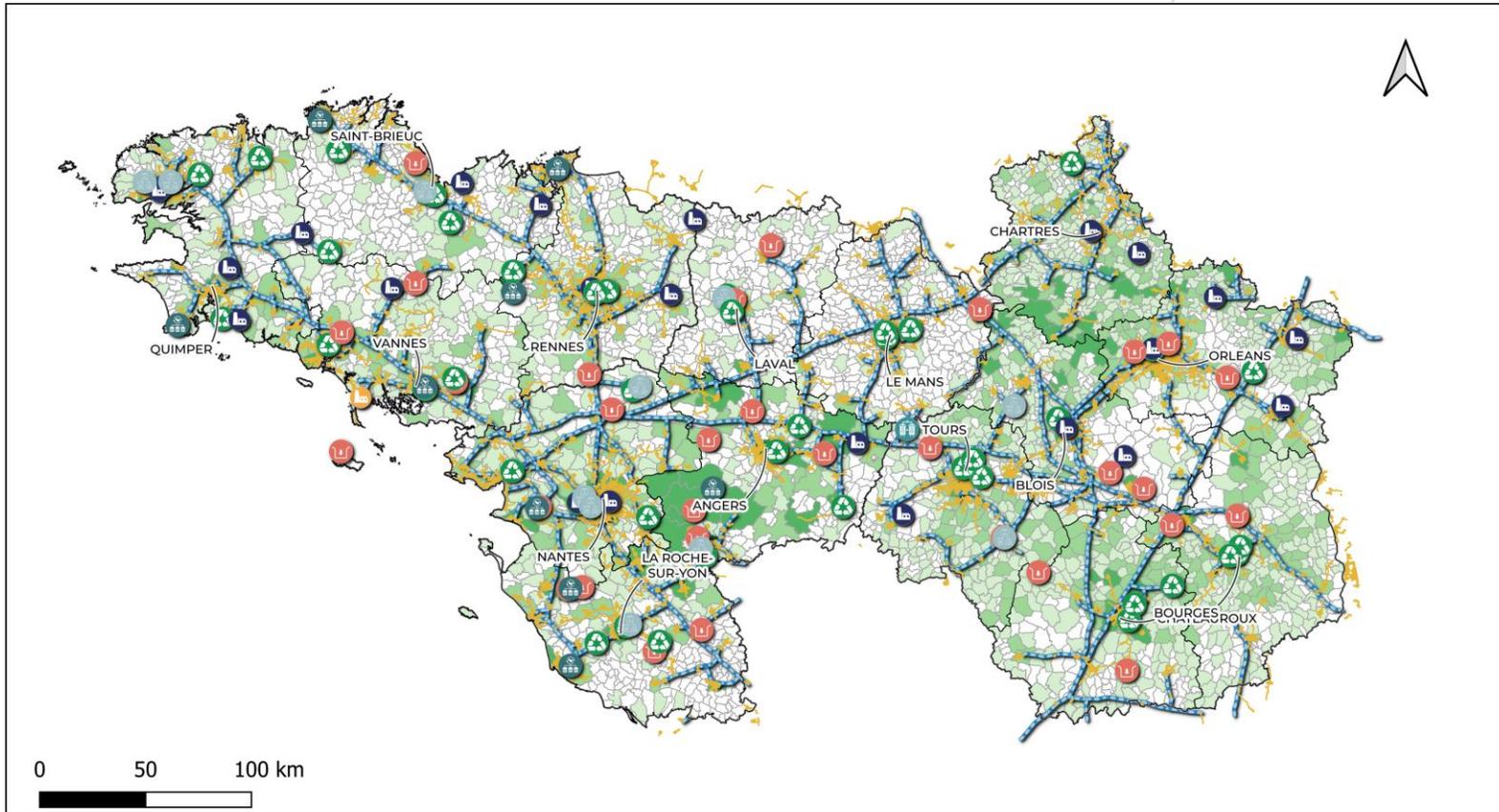


Potentiel énergétique pour la pyrogazéification et zones d'intérêt identifiées Grand Ouest



- S'ajoute un potentiel de récupération de chaleur de 1,09 TWh/an
- Production de CO2 captable : 1 825 020 t/an

ACTEURS DE LA VALORISATION DES DÉCHETS : LES INSTALLATIONS



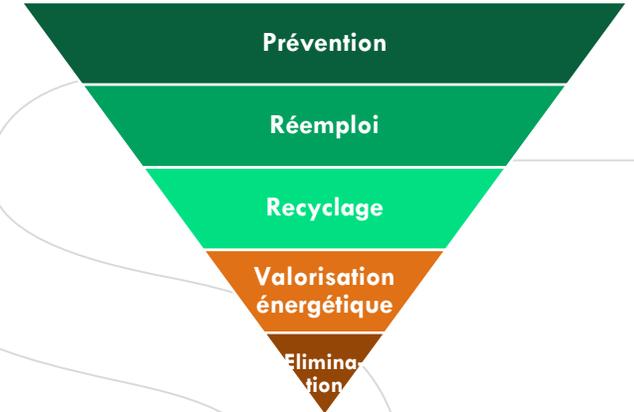
Installations de valorisation de déchets Grand Ouest

- Chaufferie CSR
- Incinération avec valorisation énergétique
- Incinération sans valorisation énergétique
- Préparation de CSR
- Stockage en ISDND
- Tri
- Tri Mécano-Biologique (TMB)

- Réseau GRTgaz
- Réseau GRDF

Sources : setec énergie environnement, IGN, GRTgaz, GRDF, INSEE, SINOE 2024

Hiérarchie de traitement des déchets



Données disponibles dans l'étude (Lizmap)

Installation de traitement

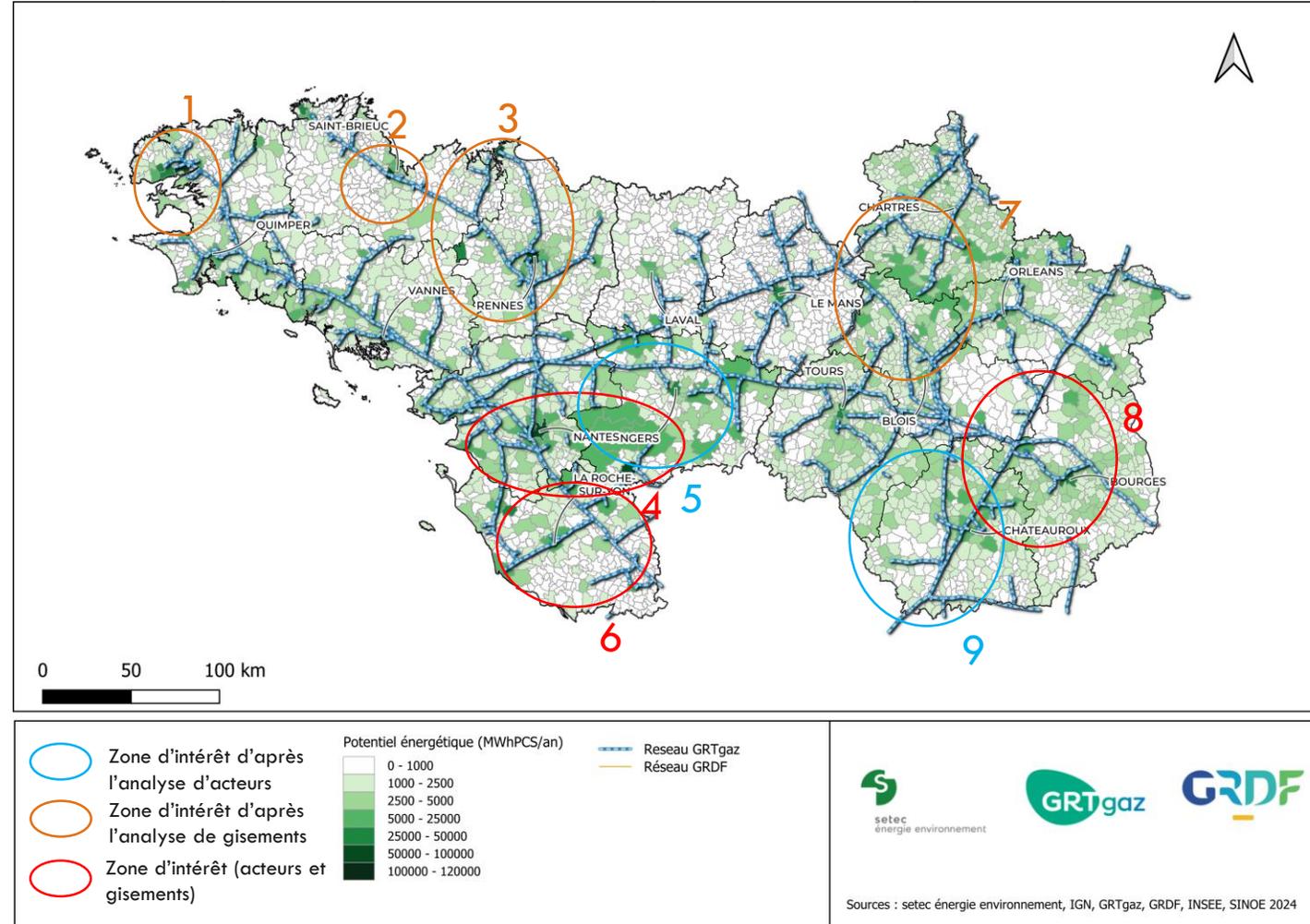
Champ	Valeur
id	72
id_1	79
URL fiche SINOE	http://www.sinoe.org/fiche_service/index/id/40736/simp/1
Nom de l'installation	Isdnd de la Croix Irtefle (La Vraie Croix)
Code service sinoe	40736
Département	Morbihan
Département	La Vraie-Croix
Type d'installation	Stockage en ISDND-Installations de stockage de déchets non dangereux
Type de valorisation	ISDND
Syndicat MOA	PRIVE
Exploitant	Séché environnement
Type de marché	Gestion privée
Année d'ouverture	2004
Année de démarrage	0
Année de fin d'exploitation	2032
capacite	80000
Type de sortants	NA

OPPORTUNITÉS POUR LA PYROGAZÉIFICATION POUR INJECTION

➤ Zones d'opportunité identifiées :

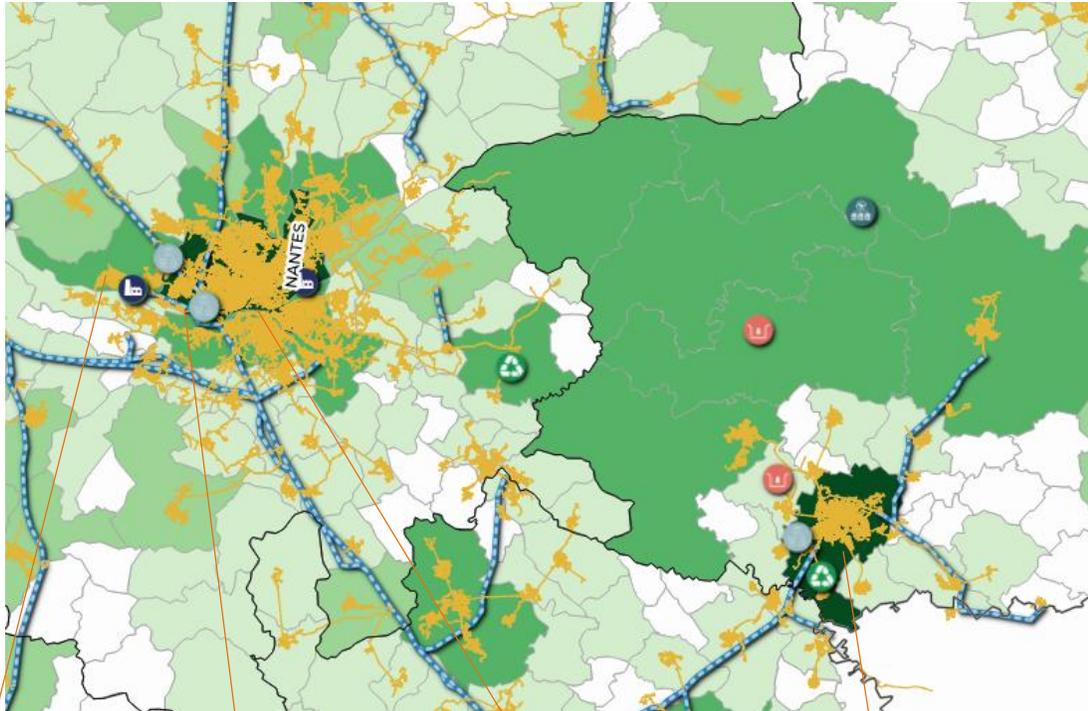
1. Brest
2. St Brieuc
3. Rennes
4. Nantes / Ancenis
5. Maine et Loire
6. Vendée
7. Loir et Cher / Eure et Loir
8. Cher / Loiret
9. Indre

➤ Certains gisements très concentrés facilitent l'émergence de projets (facilité de collecte, interlocuteurs identifiables, ...)



ZONE D'INTÉRÊT DE NANTES – ANCENIS

Nantes / Ancenis : 86 GWh/an de CSR préparés + déchets divers et produits connexes de scieries

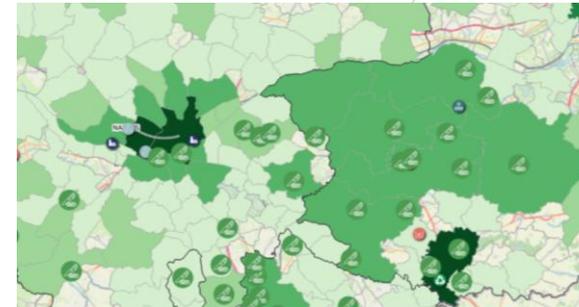


Couëron : 13 GWh/an de CSR préparés

St Herblain : 51 GWh/an dont 36,4 GWh/an de CSR préparés

Nantes : 86 GWh/an

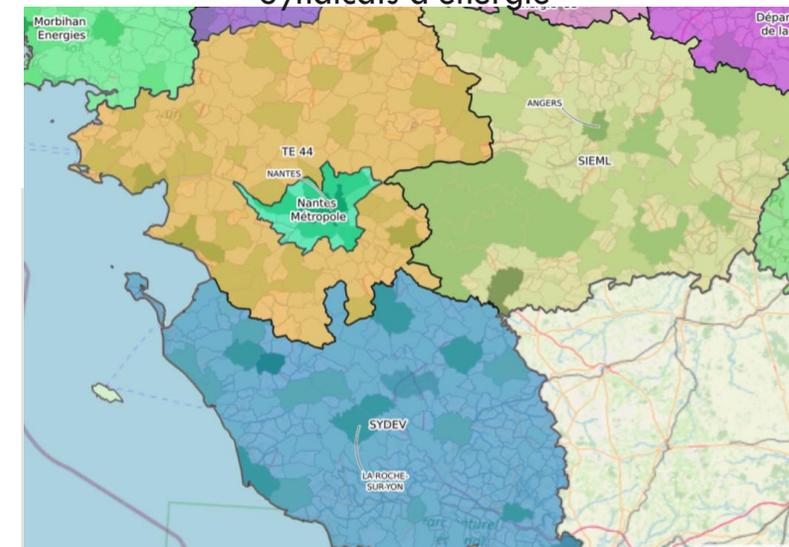
Cholet : 54 GWh/an dont 36,4 GWh/an de CSR préparés



nombreuses scieries
(source : ICPE 2410)

- Incinération avec valorisation énergétique
- Préparation de CSR
- Stockage en ISDND
- Tri
- Tri Mécano-Biologique (TMB)
- Farines animales
- Connexes de scieries
- Réseau GRTgaz
- Réseau GRDF

Syndicats d'énergie



MERCI

Pour votre attention

SETEC ÉNERGIE ENVIRONNEMENT

L'Acropole, 2 rue Crucy
44000 Nantes

Tél : +33 6 72 69 67 94

Email : david.birot@setec.com

<https://energie-environnement.setec.fr/>

GRDF

Tél : +33 6 74 35 04 19

Email : frederic.hanse@grdf.fr

www.grdf.fr

NATRAN (EX-GRTGAZ)

Tél : +33 6 70 76 66 28

Email : philippe.aubert@natrangroupe.com

www.natrangroupe.com



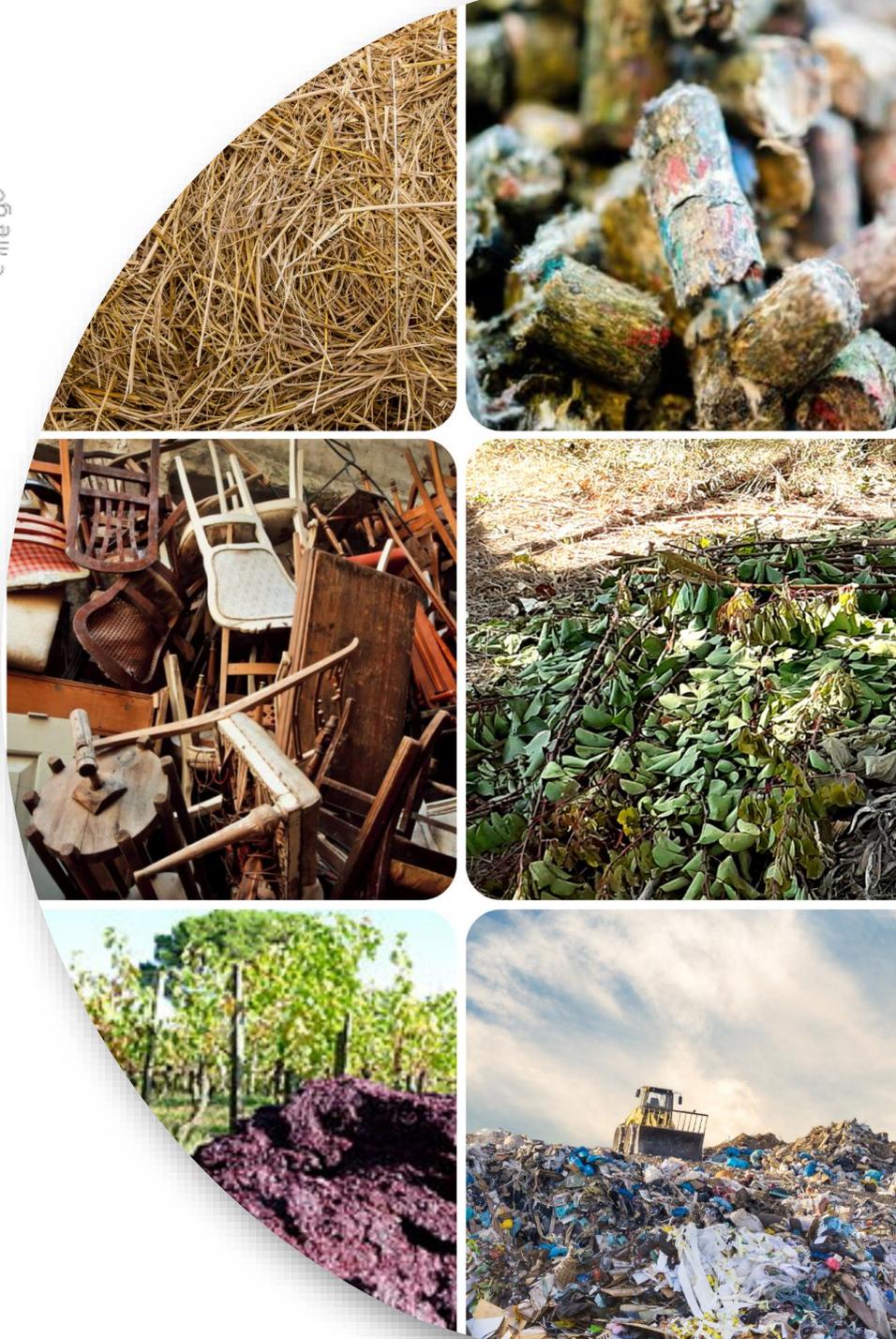
La R&D des projets de pyrogazéification - Le projet Cometha -



Vincent AUMAITRE
Directeur Délégué



Léo Mutzig
Ingénieur Projet Cometha



cométha

Partenariat d'innovation

Cotraitement des boues des eaux usées du SIAAP et de la fraction organique des ordures ménagères résiduelles du Sycotom

Partenariat d'innovation Sycotom - SIAAP



Syctom et SIAAP : 2 partenaires



Le Syctom, l'agence métropolitaine
des déchets ménagers



Le SIAAP, service public
de l'assainissement des eaux usées

Deux services publics avec des ambitions communes :

- garantir la continuité des services publics
- construire des outils industriels toujours plus performants
- contribuer à la transition énergétique
- développer des solutions innovantes

Les intrants

Fraction organique résiduelle (FO_r)
Boues des eaux usées
Fumier équin
Graisses

- **Des déchets organiques solides et liquides représentatifs des futurs besoins de traitement du Sycotom et du SIAAP**
- Des combinaisons variées d'intrants (proportions différentes, différents types de boues d'épuration, etc.) pour déterminer le mélange optimal

Phase 2 : Les sites d'implantation des pilotes

Unité pilote conçue, construite et exploitée par le groupement :

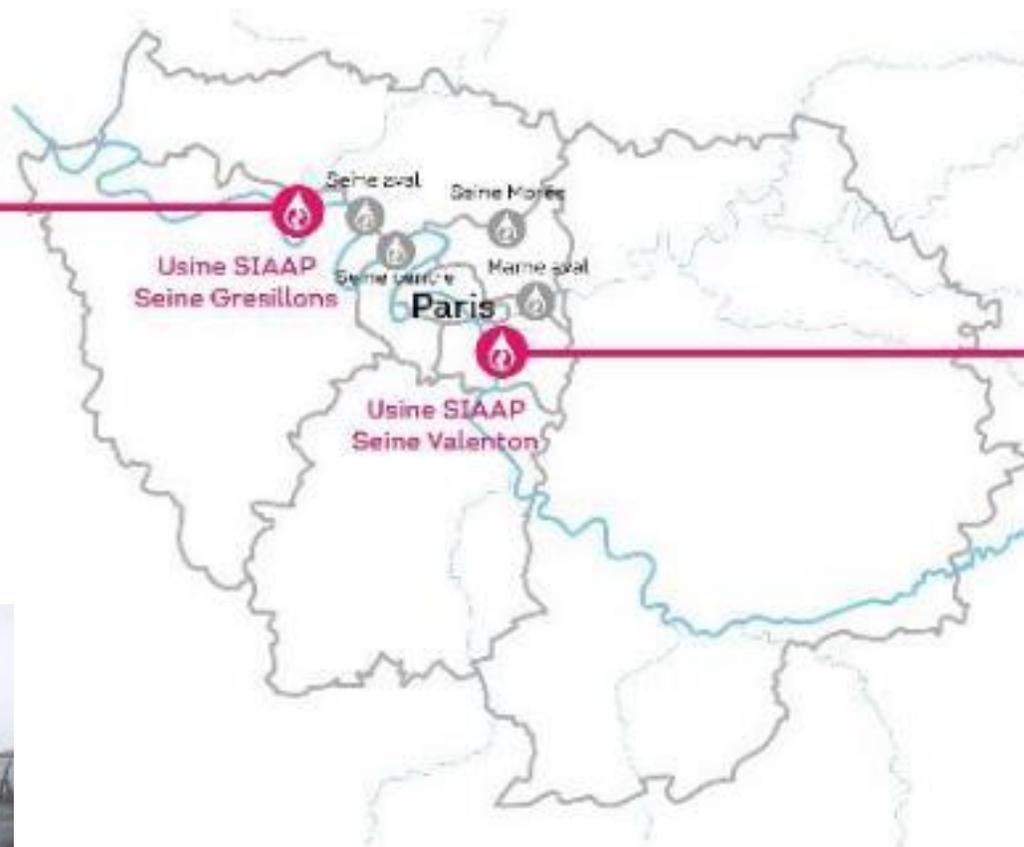
GICON

francebiogaz

tilia

DBFZ

Fraunhofer IGB



Unité pilote conçue, construite et exploitée par le groupement :

John Cockerill

Sources

UniLaSalle

utc

L'unité pilote de Seine Grésillons (SEG)



L'unité pilote de Seine Grésillons

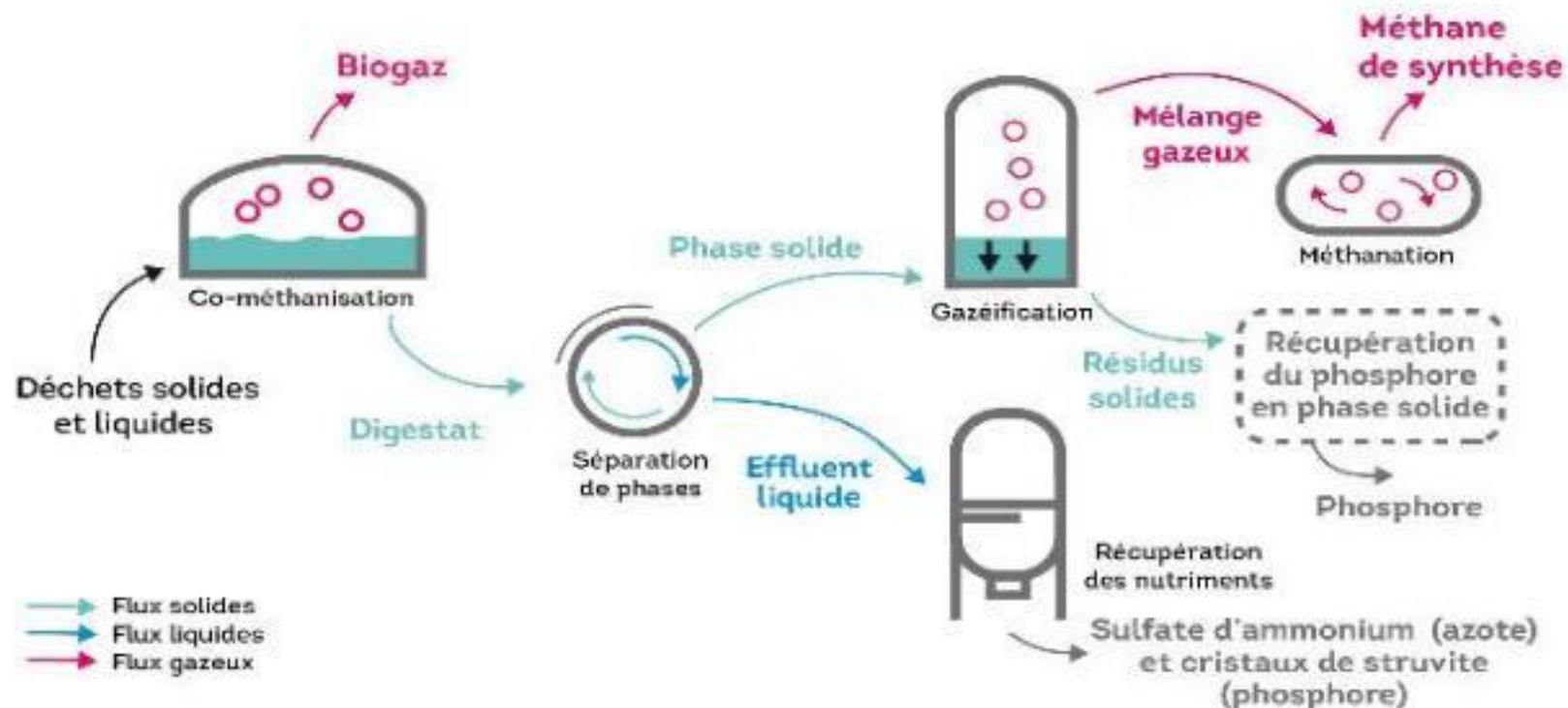


Phase 2 - Les objectifs du pilote SEG



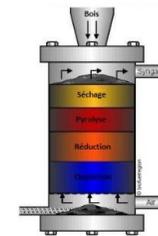
- Développement d'une solution innovante et durable pour le traitement des déchets organiques avec les débits suivants :
 - 152 t/a de fraction organique de déchets municipaux (FOR)
 - 200 t/a de boues du SIAAP
 - 40 t/a de fumier équin de Maisons Lafitte
 - 1 t/a de graisse du SIAAP
- Démontrer la **fonctionnalité technique** de la solution développée en phase 1 (laboratoire) à l'échelle pilote
- **Convertir l'énergie contenue dans les déchets en énergie stockable et utilisable** (qualité réseau) **avec une efficacité supérieure** à celle des procédés conventionnels
- Récupérer les **nutriments** (N, P)
- Réduire des matières résiduelles, de préférence des fractions inertes
- Déterminer tous les paramètres pour la conception d'une installation industrielle : -> échelle X 400 par rapport à l'unité pilote

L'unité pilote de Seine Grésillons

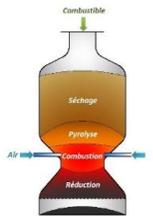


Gazéification

- Procédé thermo-chimique qui convertit le combustible solide en un combustible gazeux et ce, via l'injection en **quantité réduite et contrôlée** d'un agent oxydant (O_2 , air, vapeur d'eau...).
- Le produit de la gazéification est un gaz combustible riche en CO et H_2 : le « **syngaz** ».
- Technologie retenue pour l'installation pilote : **Lit fixe à flux continu**
 - Technologie robuste et éprouvée
 - Intrants sous forme de pellets (5 à 10 mm)
 - Relative tolérance aux fluctuations de qualité des intrants



Principes
d'un
réacteur à
contre-
courant
F. Mermoud
- Thèse 2006



Principes
d'un
réacteur
co-courant
F. Ricoul -
Thèse
2016

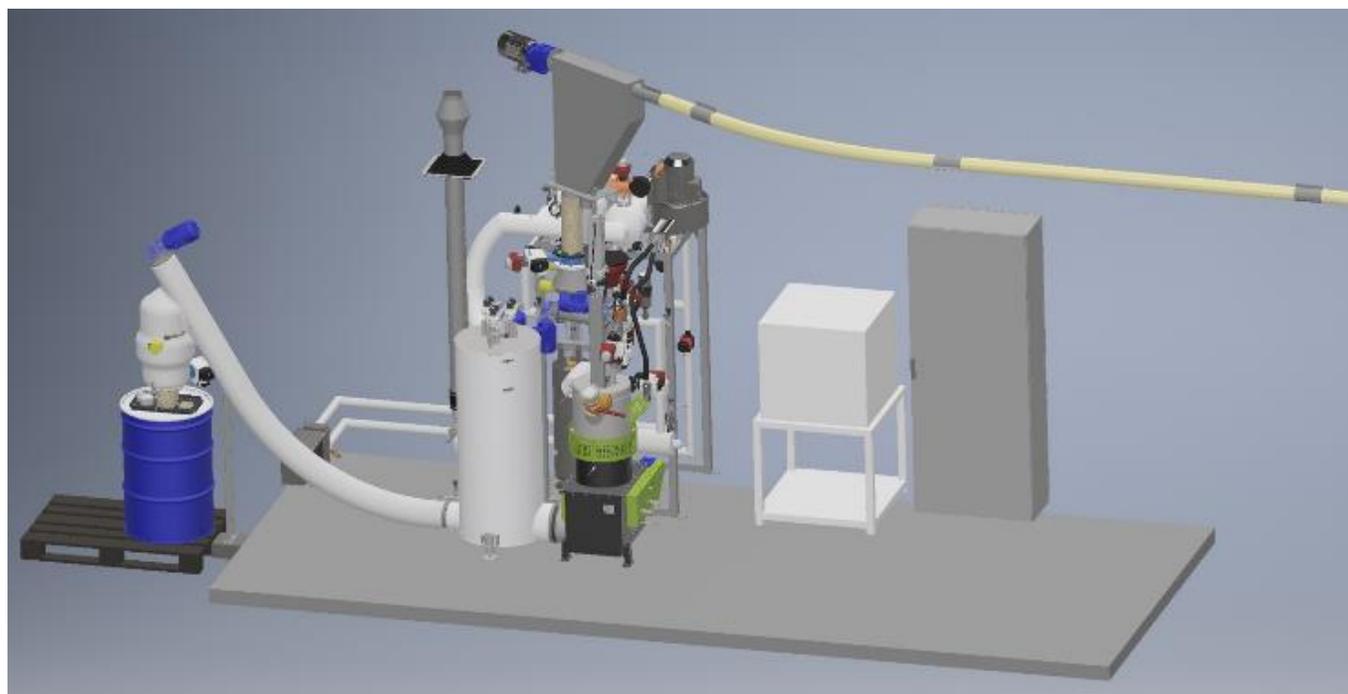
Source www.gazeification.info

Gazéification



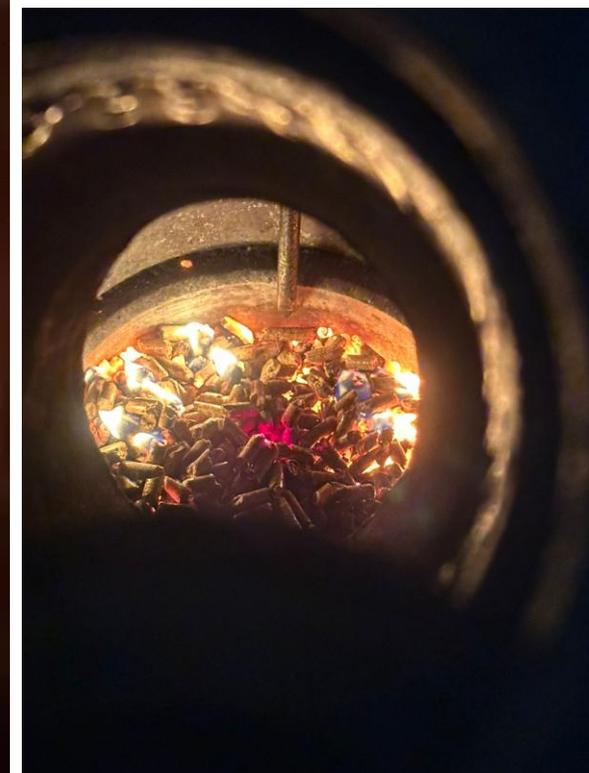
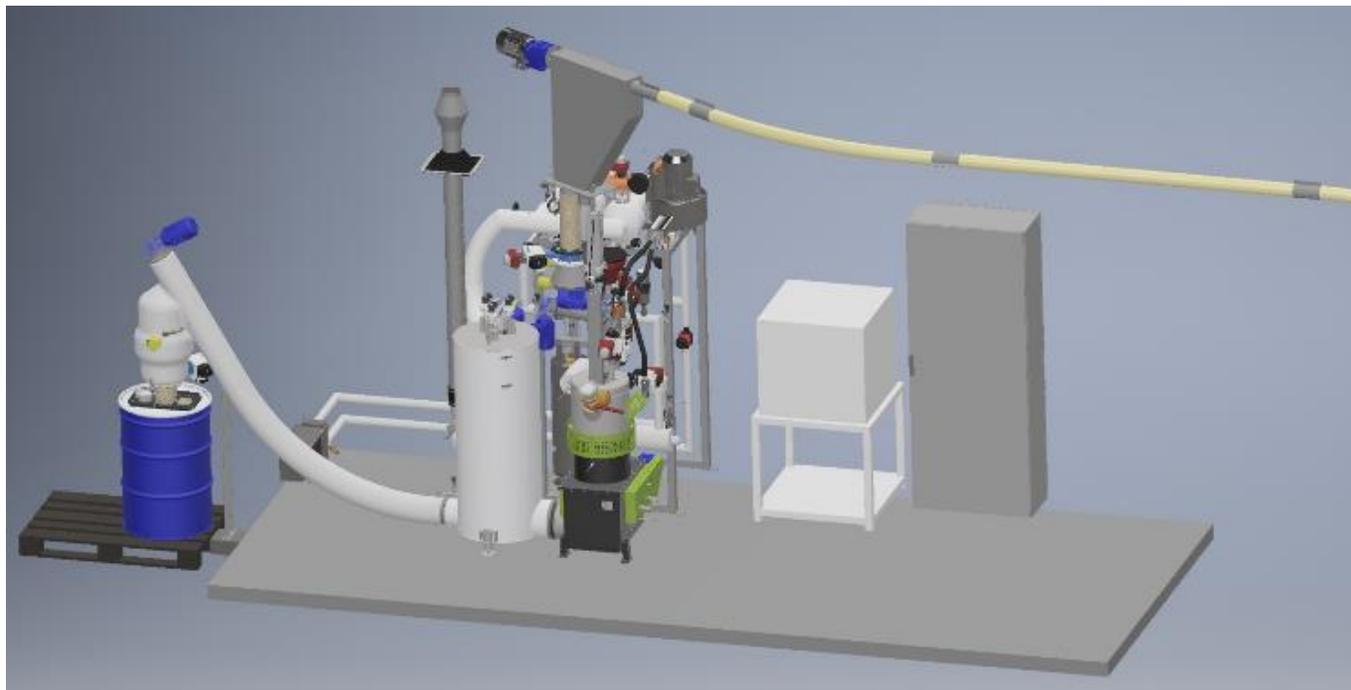
Digestat en pellets → $\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4 + \text{H}_2 + \text{goudrons} + \text{cendres}$

↓
syngaz



- agents de gazéification : **oxygène et vapeur d'eau**
- température : environ 1000 à 1200°C.

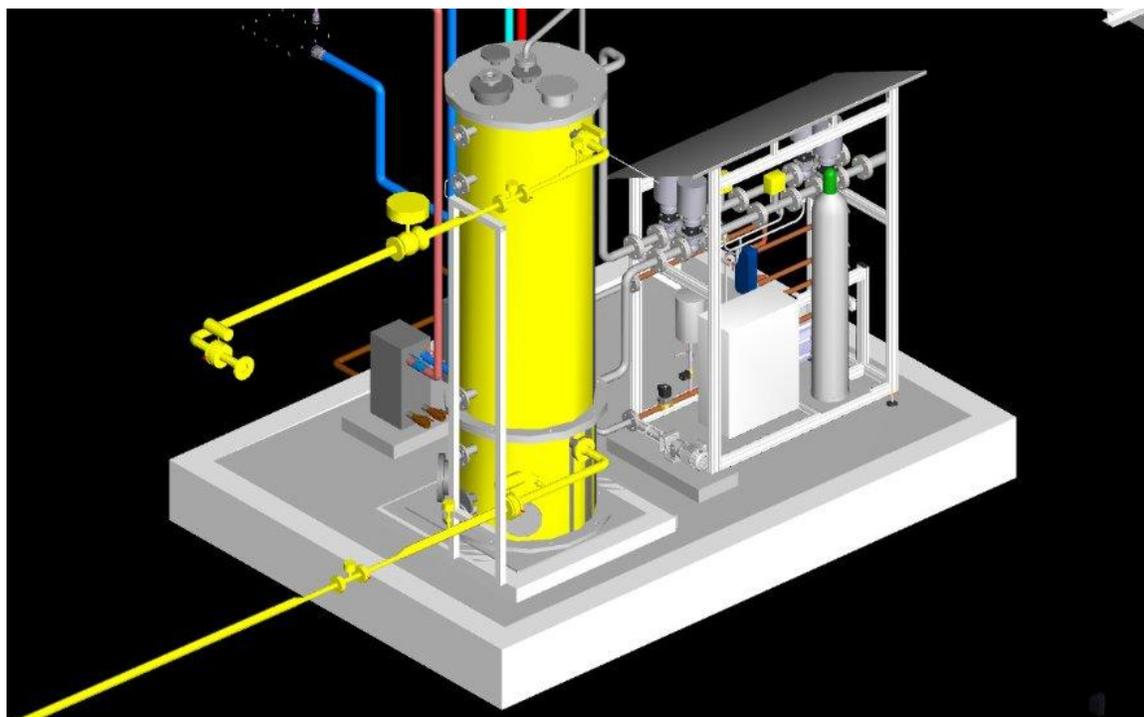
Gazéification



Gazéification premiers résultats



Water-Shift et Méthanation biologique

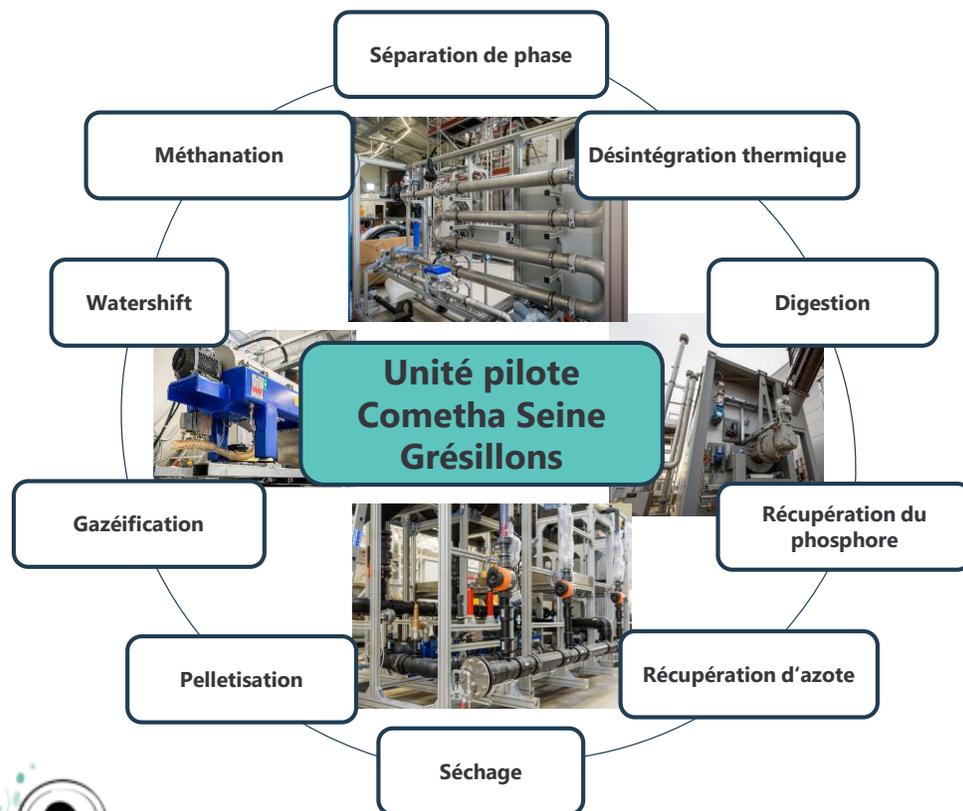


- Procédé biologique mésophile, température de 35 à 40°C
- H₂ et CO₂ transformés en CH₄ par une faune bactérienne

Cometha offre une chaîne de traitement diversifiée qui ouvre à de nombreux champs d'expérimentation

Utilisation possible de l'unité pilote :

- Centre de **compétences et de formation**
- Lieu **d'expérimentation** pour un appel d'offres d'innovation ou de recherche
- **Tests dédiés et choix d'une technologie** ou d'une chaîne de modules pour des intrants spéciaux/dédiés
- **Dimensionnement et validation** des performances d'une unité industrielle composée d'un ou plusieurs modules pour intrants spéciaux



Champs d'application

Nature des intrants

- Essais de divers intrants autres que les boues et FOR, par exemple la biomasse
- Combinaison d'intrants
- Performances pouvant être établies en exploitation continue

Digestion

- Digestion par digesteur à piston
- Hydrolyse thermique des boues ou d'un mélange de boues et de solides pour améliorer les rendements de la digestion anaérobie

Préparation des intrants et des digestats

- Séparation solide-liquide
- Séchage
- Granulation
- Déshydratation
- Désintégration

Récupération des nutriments

- Phosphore via 2 technologies du Fraunhofer IGB : E-phos & précipitation chimique
- Ammoniac par AmmoRe

Procédés thermochimiques

- Valorisation de divers digestats
- Caractérisation du Syngaz
- Valorisation et transformation du Syngaz en hydrogène
- Pyrolyse et gazéification d'intrants organiques et non organiques (plastiques)

Paramètres chimiques mesurables (non exhaustif)

- MS, MVS, azote Kjeldahl - NTK
- NH4-N- PO4-P, DCO, FOS/TAC, Acide, Carbone inorganique, Alcalinité

Pour en savoir plus

- Site internet cometha.fr
- Documents d'information téléchargeables :





Back Up

Où sont les innovations à développer ?



Calendrier du partenariat d'innovation : un fonctionnement par phase



PHASE 1 :

Recherche en laboratoire, essais et avant-projets sommaires



PHASE 2 :

conception, construction et exploitation de deux unités pilotes

2018

2019

2020

2021

2022

2023

2024

2025

PHASE 3 :

conception et construction d'une unité industrielle



Une phase 1 concluante

Une première phase en 2018-2019 pour la réalisation de **travaux de recherches & développement**, incluant de nombreux essais en laboratoire

- Performances démontrées :
 - Pertinence du mélange d'intrants
 - Expression de plus de 100% du BMP des intrants
 - Récupération des nutriments
 - Minimisation des sous-produits
 - Bilan énergétique positif
- Innovation : publication de 9 brevets et d'un article scientifique

Quelques photos des travaux menés en Phase 1

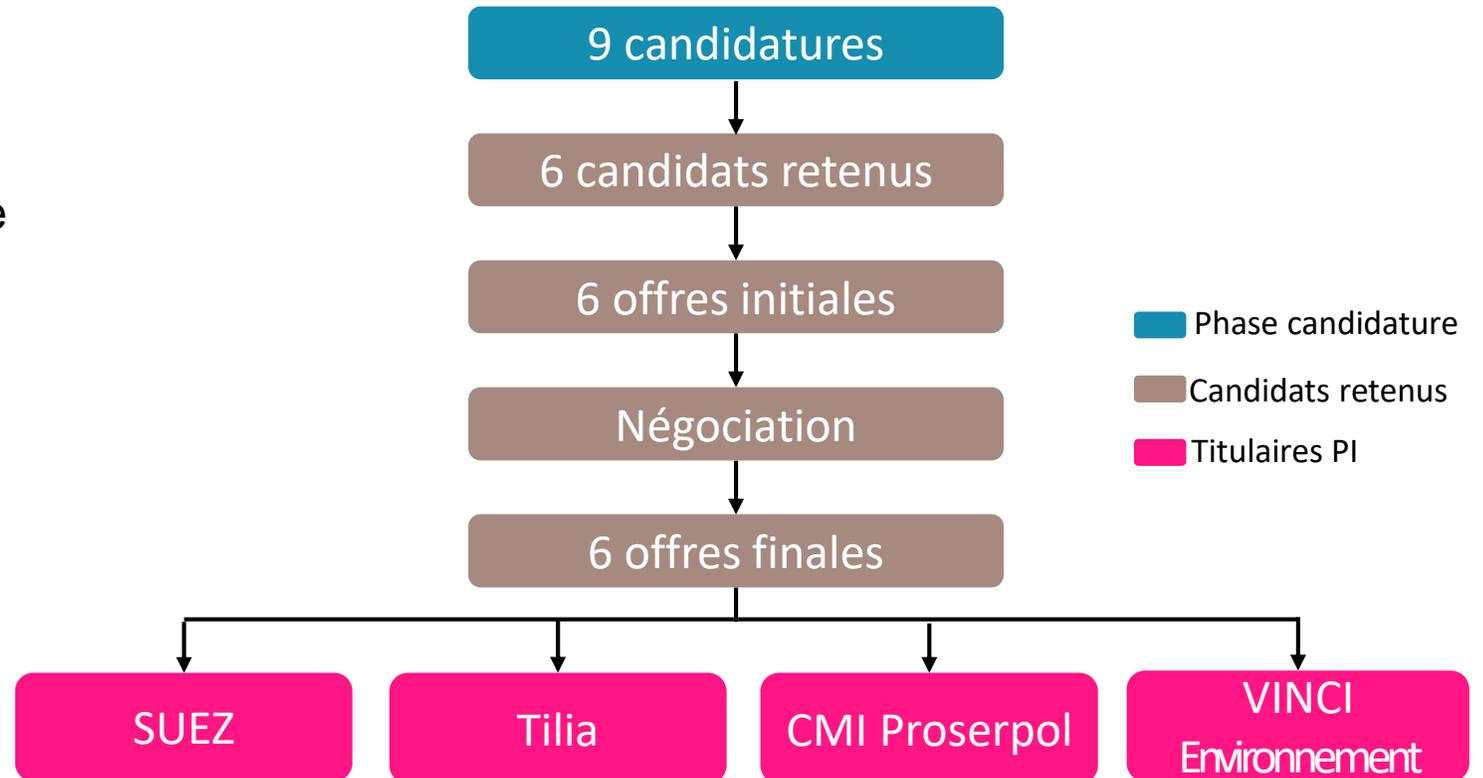


UNE PROCÉDURE EN PLUSIEURS PHASES POUR LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT

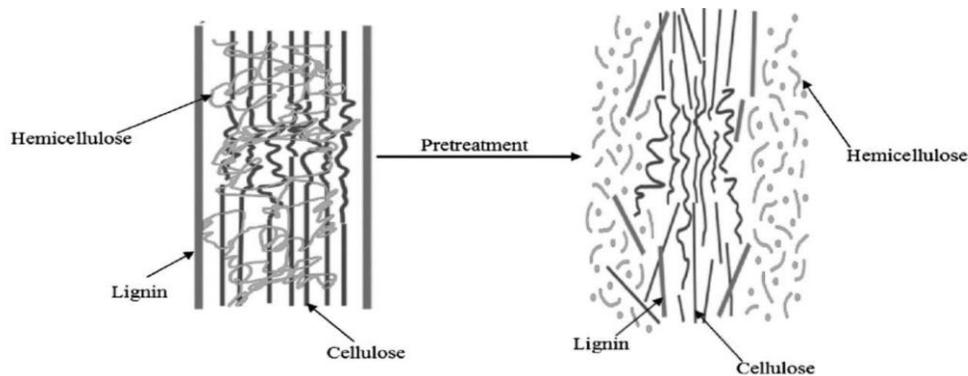
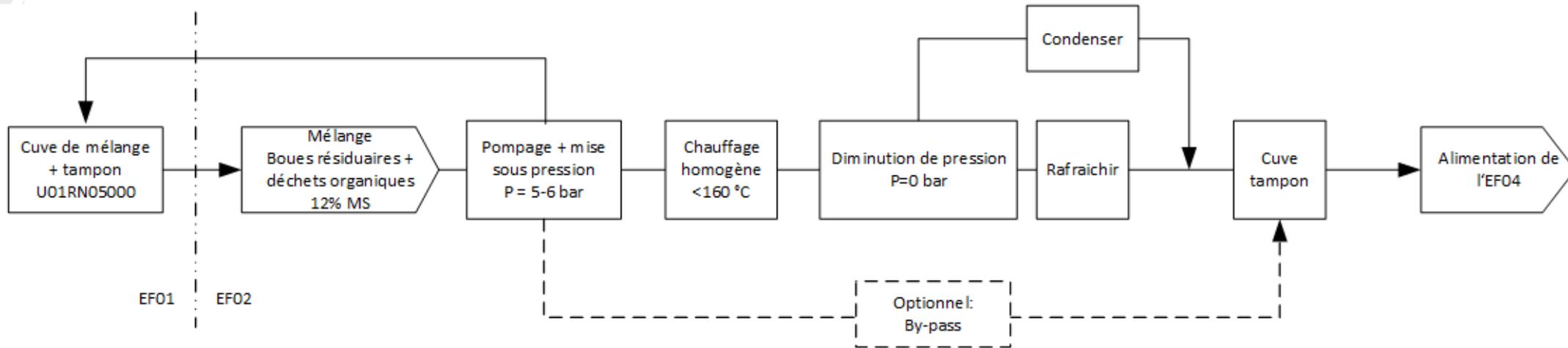
Le partenariat d'innovation :

À la fin de chaque phase, sur la base des objectifs fixés, le maître d'ouvrage peut décider :

- Soit de poursuivre l'exécution du partenariat, éventuellement après une phase de mise au point de la phase suivante avec le(s) titulaire(s) retenu(s)
- Soit de réduire le nombre de partenaires
- Soit de mettre un terme au partenariat (par exemple, si les objectifs ne sont atteints par aucun des partenaires)

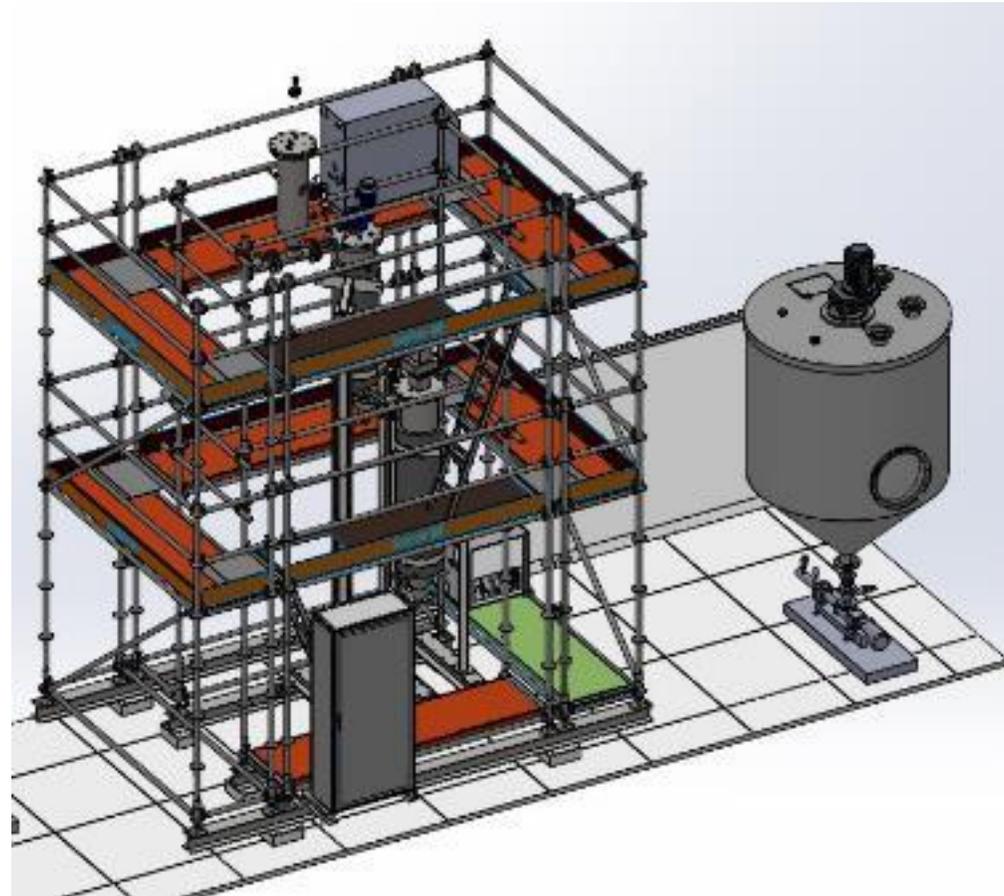


Hydrolyse et désintégration thermique « SteamEx »

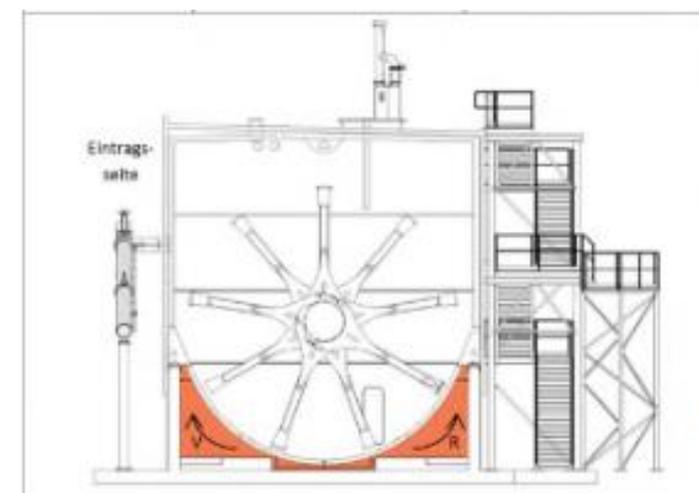
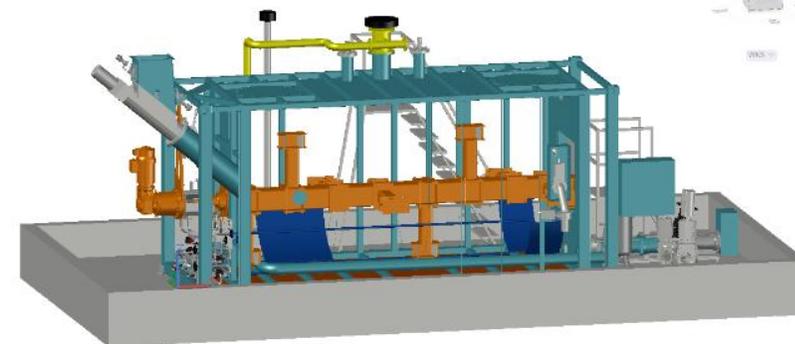
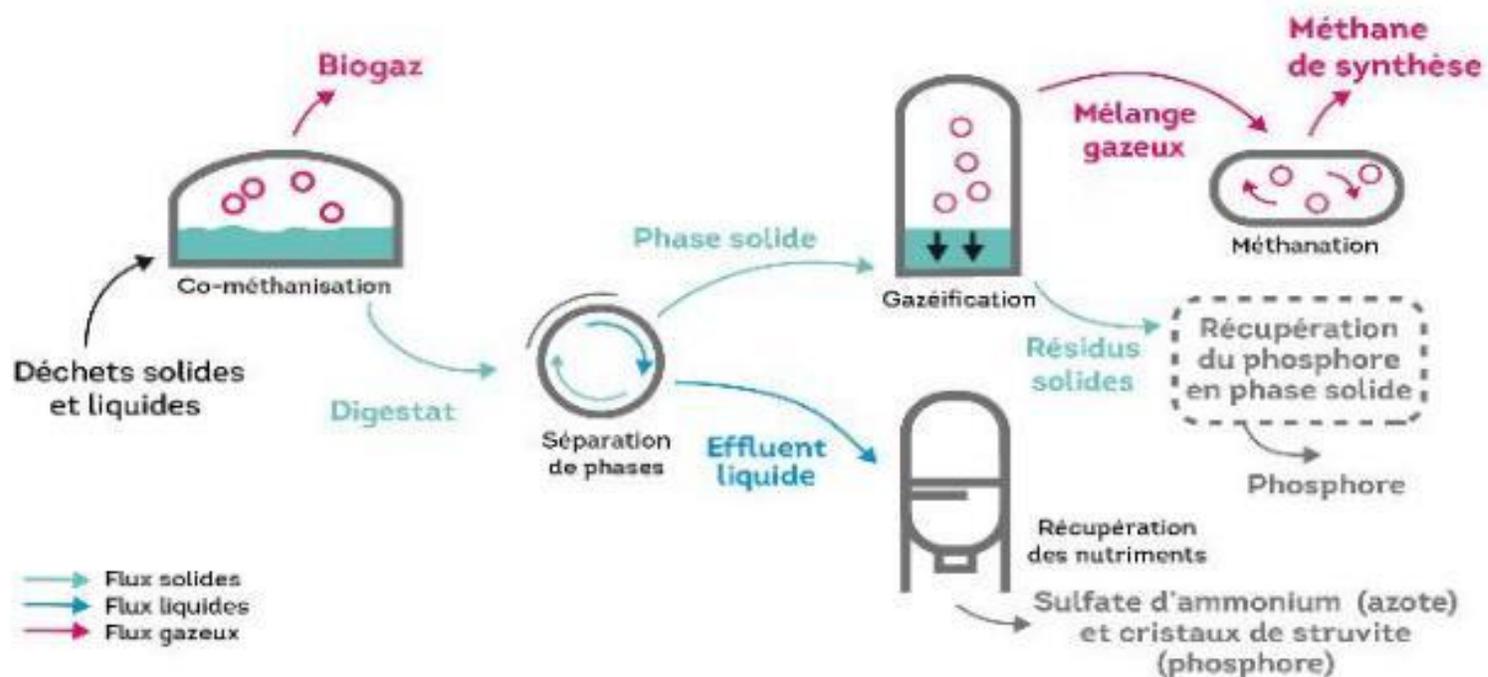


Effet de la „Steam-Explosion“ sur l'exemple d'une particule lignifiée de FOR

hydrolyse et désintégration thermique « SteamEx »

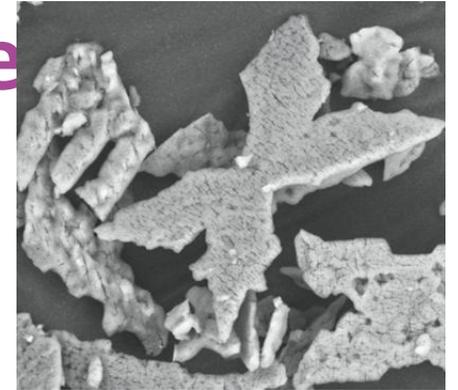


Synoptique de processus

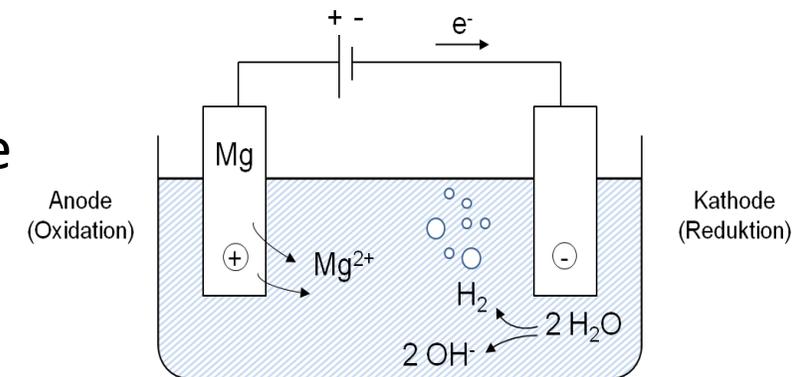


Récupération électrochimique du phosphore

Technologie e-PHOS®



- Le procédé ePhos® (Fraunhofer IGB) permet de récupérer l'ammonium (NH_4^+) et le phosphate (PO_4^{3-}).
- La précipitation du phosphate sous forme de phosphate de magnésium et d'ammonium ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, MAP ou struvite) a lieu dans une cellule électrolytique constituée d'une cathode inerte et d'une anode sacrificielle en magnésium.



E-Phos - Précipitation électrochimique de phosphore

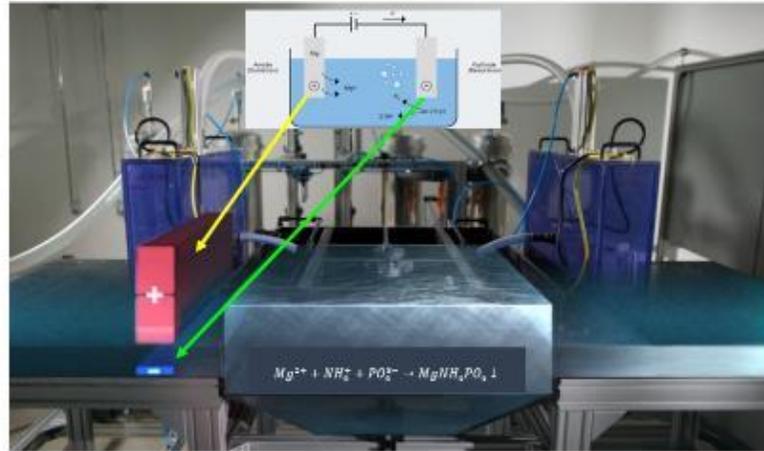
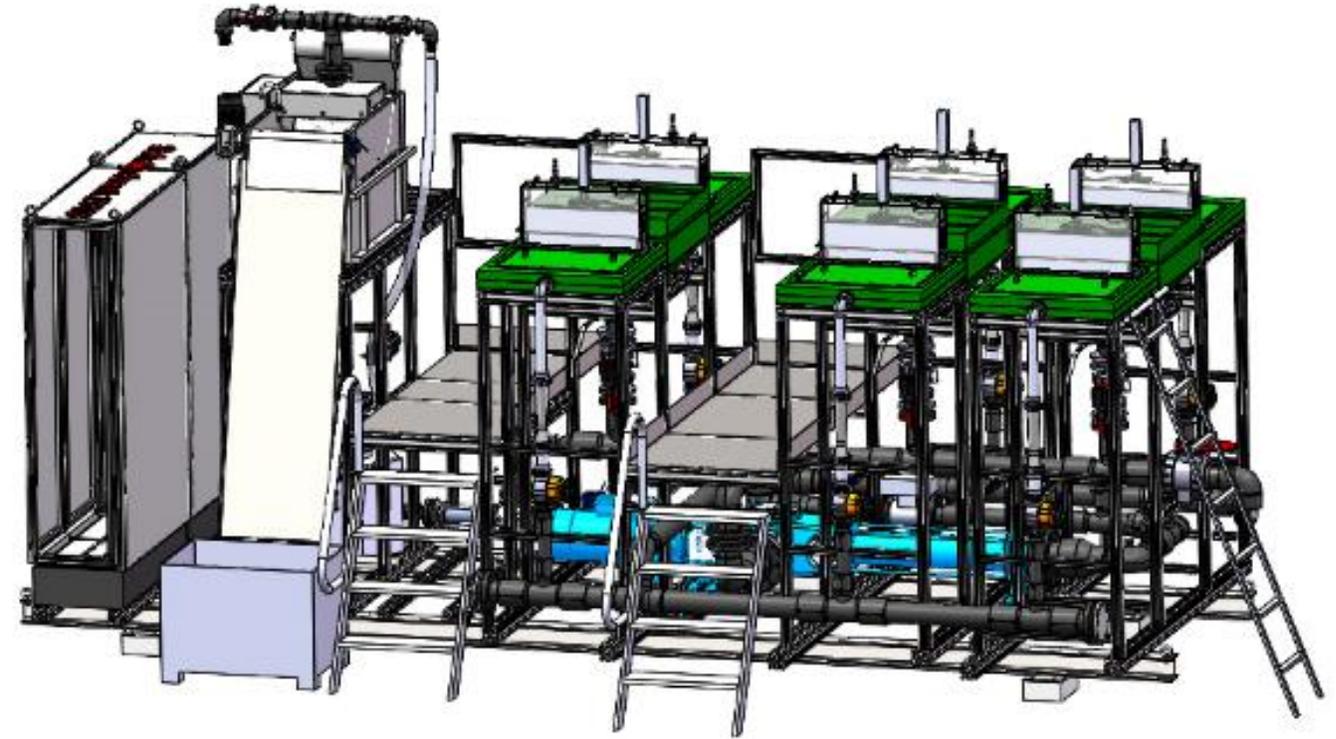
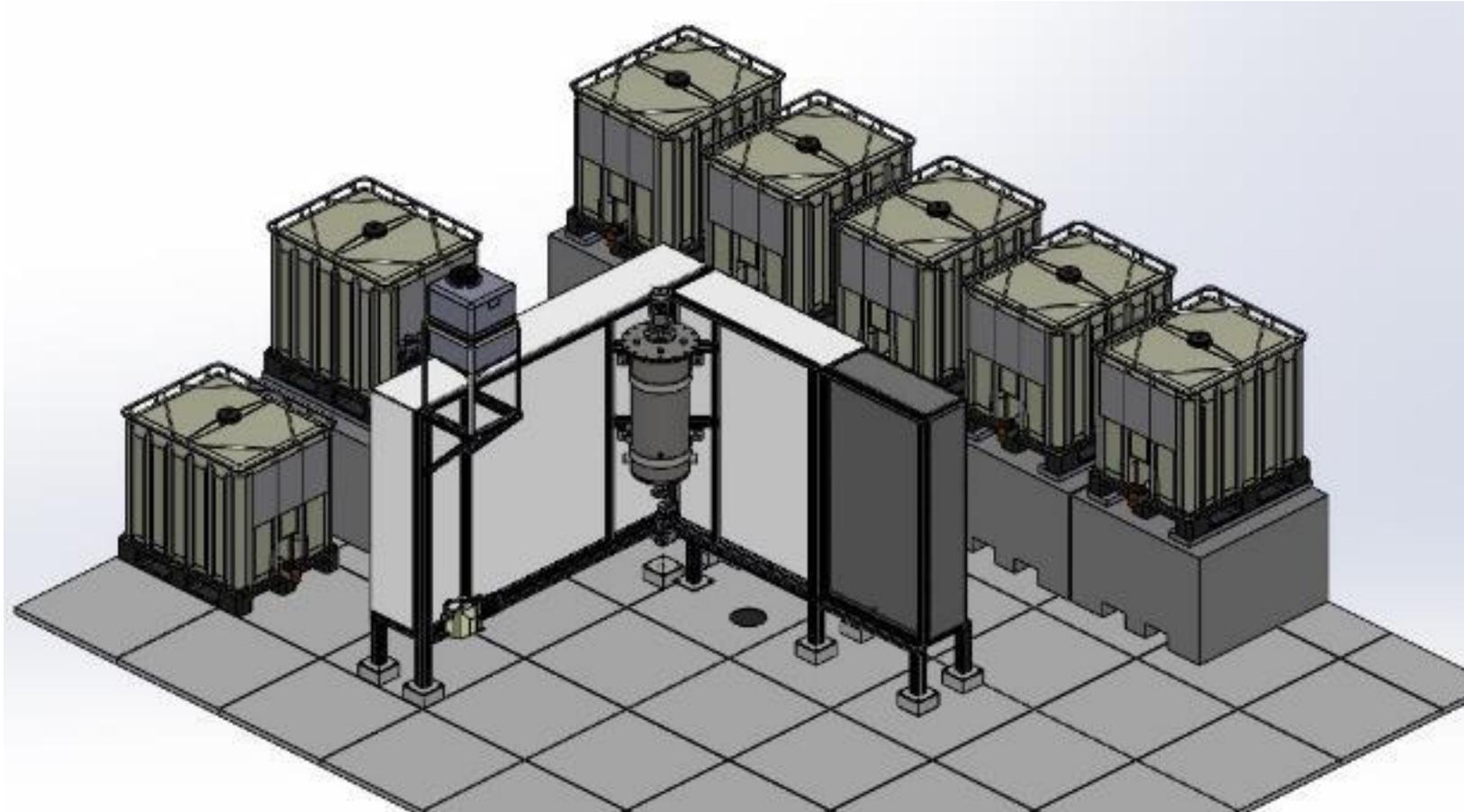


Abbildung 2. Funktionsprinzip der elektrochemischen P-Ausfällung in der ePhos-Standard-Einheit.

Figure 2. Principe de fonctionnement de la précipitation électrochimique de phosphore dans l'unité standard d'ePhos.



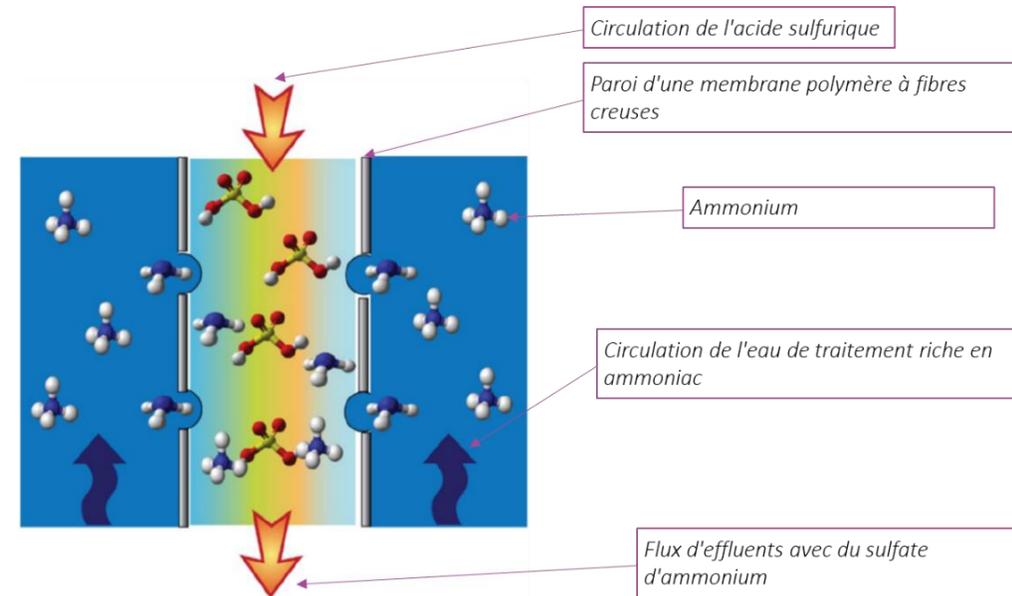
EF10 – Récupération de l'azote (AmmonoRe)



Récupération des nutriments : Azote

Technologie AmmoRe

- L'ammonium diffuse sous forme gazeuse via une membrane polymère de fibres creuses.
- Le sulfate d'ammonium qui en résulte est exempt de polluants.



Vergaser



Name	Min	Mean	Max	Last
U12FIC05114 Massenstrom Dampf (right y-axis)	3.21 kg/h	3.48 kg/h	3.67 kg/h	3.52 kg/h
U12TI07010 Temperature air in Gasifier (right y-axis)	26.1 °C	28.0 °C	30.4 °C	30.2 °C
U12LIC07011 Fill level Gasifier (right y-axis)	57.3 cm	61.5 cm	130 cm	60.6 cm
U12PI07012 Pressure Gasifier top (right y-axis)	86.8 mbar	132 mbar	208 mbar	124 mbar
U12TIC07013 Temperature Igniter (right y-axis)	129 °C	148 °C	161 °C	149 °C
U12TI07017 Temperatur Gasifier top right (right y-axis)	487 °C	583 °C	654 °C	550 °C
U12TI07019 Temperature Gasifier top left (right y-axis)	465 °C	521 °C	574 °C	516 °C
U12TI07021 Temperature Gasifier bottom right (right y-axis)	525 °C	608 °C	735 °C	579 °C
U12TI07023 Temperature Gasifier bottom left (right y-axis)	486 °C	562 °C	626 °C	548 °C
U12TI07025 Temperture Gas outlet Gasifier (right y-axis)	260 °C	294 °C	337 °C	289 °C
U12PI07026 Pressure Gasifier bottom (right y-axis)	22.1 mbar	77.6 mbar	128 mbar	72.9 mbar

La plateforme Cometha peut intéresser de nombreux acteurs



Etablissements d'enseignement supérieur

- France/Allemagne, Europe et monde
- UTC, Technische Universität München (Université technique de Munich)
- ...



Centres de recherche et spin-off :

- Fraunhofer, DBFZ, CEA
- EAWAG (Suisse),
- ETH/EPFL (Suisse)
- Programme de Recherche Ocapa (France)



Collectivités Locales :

- Collectivités en charge du traitement des effluents et des déchets
- Syndicats, StadtWerke
- ...



Pays :

- Union européenne et pays émergents via l'AFD, la BEI, la KfW
- Partenaires Sycotm : Fasep Kazakhstan, Bogota et SIAAP : Manille, Vietnam, Togo, Cameroun...



Opérateur de réseaux de gaz :

- GRT Gaz / GRDF
- REGAZ
- RGDS (Strasbourg), Gaz de Bordeaux
- ...



Développeurs / Constructeur de Technologies

- MFC, UTF, Thöni
- PlanET
- Micro-méthanisation
- ...



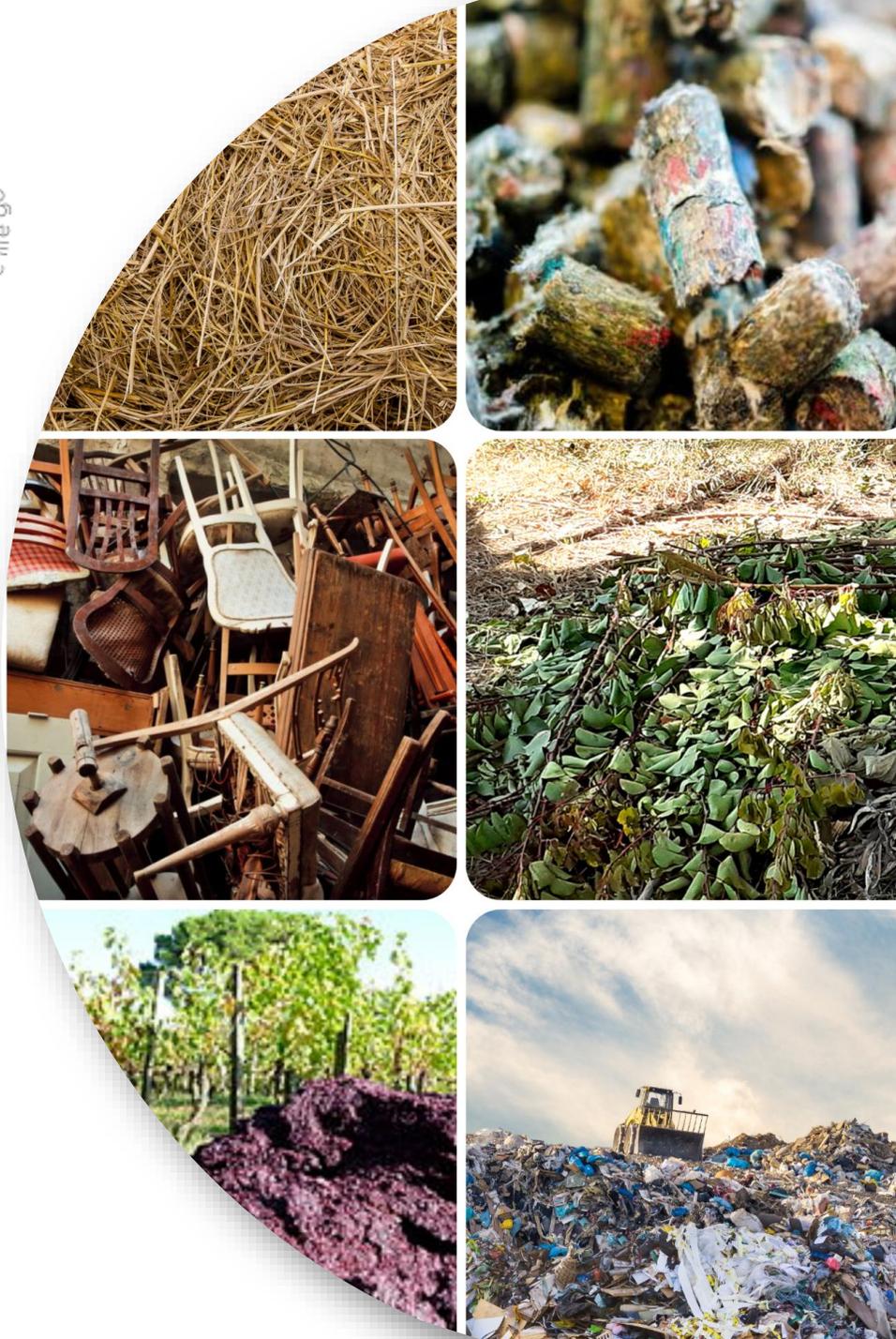
Opérateurs des secteurs de l'énergie, des déchets et du traitement de l'eau :

- Opérateurs privés et publics...





Thomas Pierre
Business development
New Gases





The Salamandre project

Key insights

05 February 2025

Thomas.pierre@engie.com



RESTREINT



INTERNE



SECRET



WHY DO WE NEED THERMAL GASIFICATION ?



If technology pathway succeeds how much 2nd Generation bio and Low-carbon methane can be developed in Europe ?

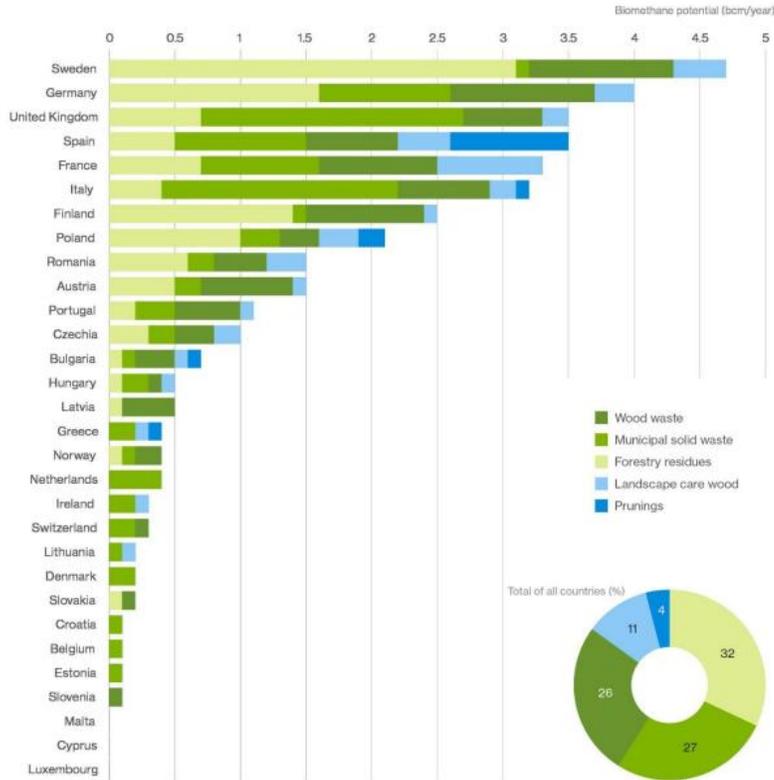


Figure 3. Biomethane potential (bcm/year) per country in 2040 for thermal gasification

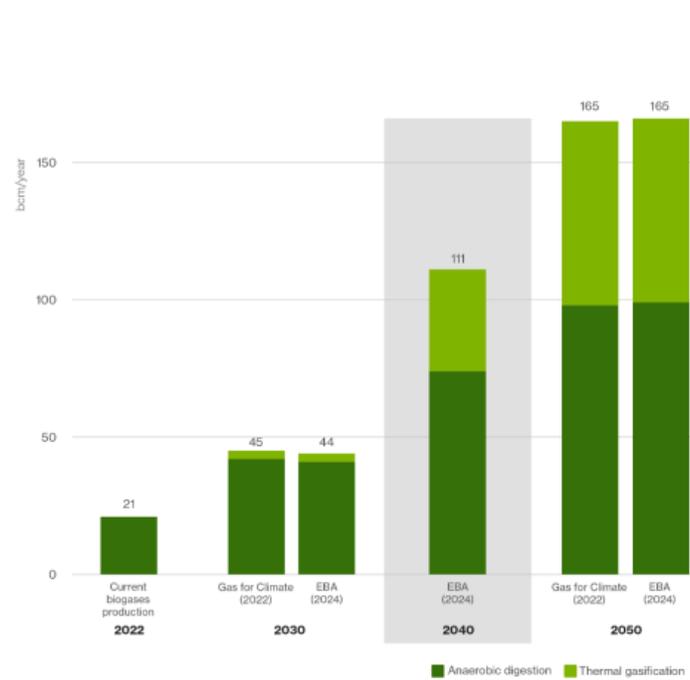
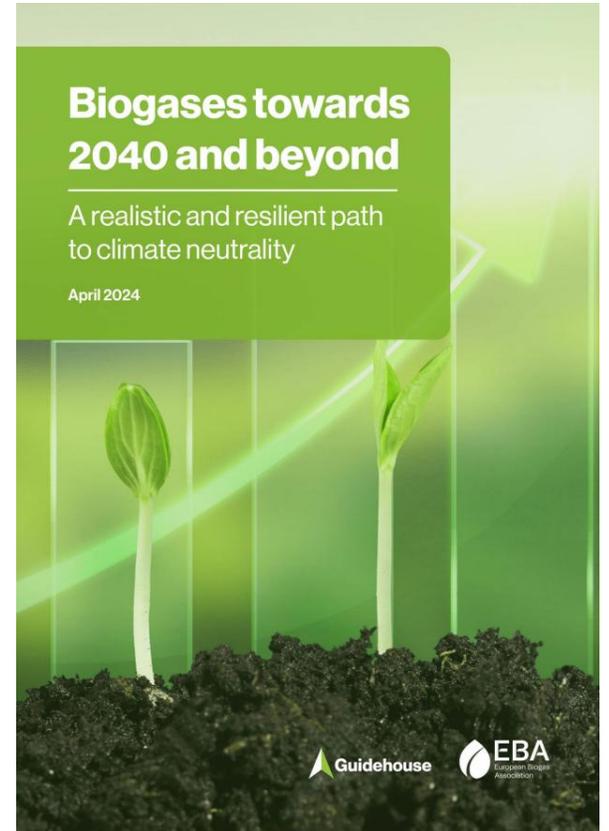
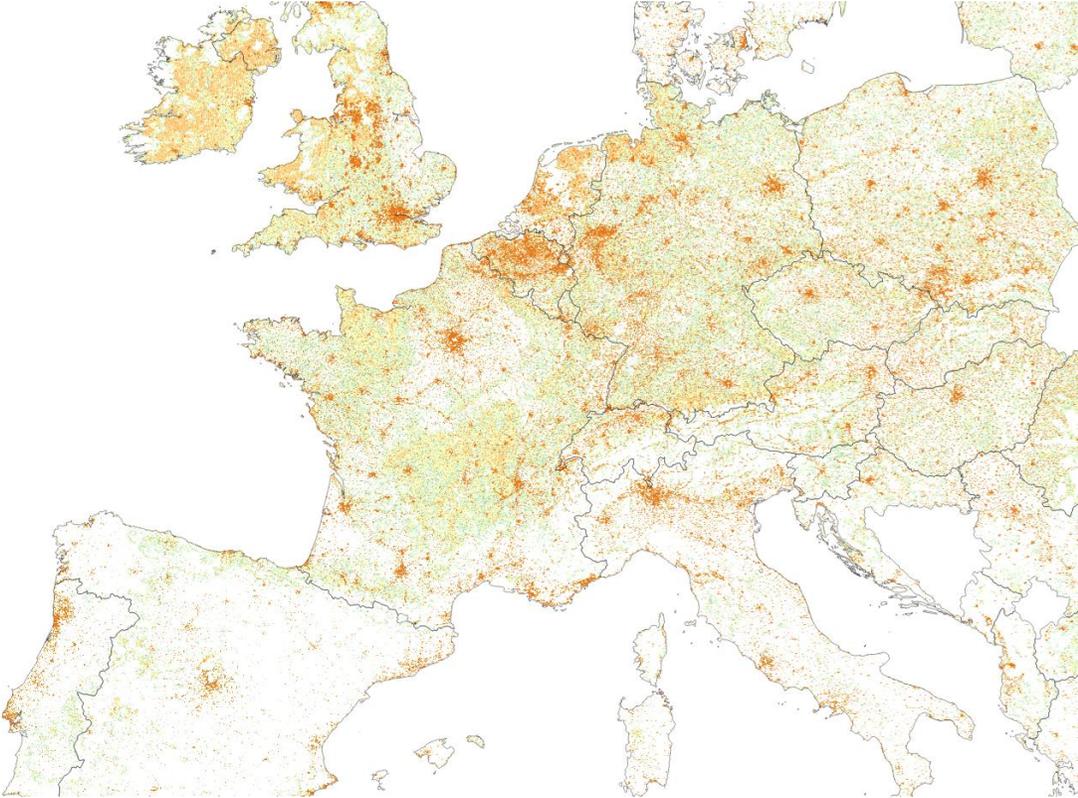


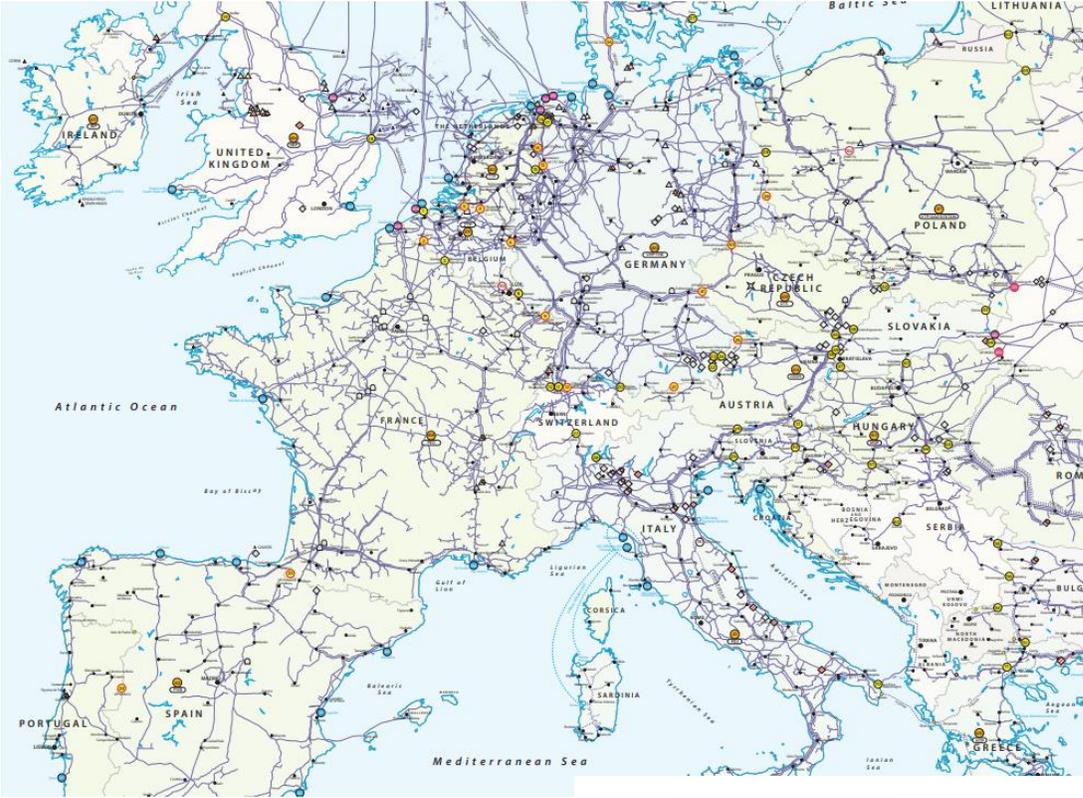
Figure 4. Biogases production in Europe in 2022 and estimated biomethane production potentials between 2030 and 2050 per conversion technology



Why biomethane pathway?



Spread feedstocks



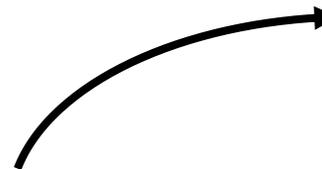
Wild network coverage

Industrialisation pathway

Commercial scale 20 MW



X 50



GAYA
Demo scale 0,4 MW

GAYA Platform history

2010
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025

1st engineering study

Exécution projet (GAYA pilote)

Platform inauguration

1st prod. Biomethane (biomass)

1st prod. Low-carbon methane (waste - SRF)

1st prod. low-carbon methane (end-of-life wood - Wood B)

Phase démonstration

Engie réalise une première mondiale dans le gaz renouvelable

La plateforme GAYA de l'énergéticien français Engie vient de réaliser une première mondiale en produisant du gaz renouvelable à partir de combustibles solides de récupération (CSR). Ces déchets de composition variée : bois, papiers, cartons ou plastiques finissent à l'incinération en l'absence d'une filière de recyclage viable.



Gaya project startup

Avec le support de



Regroupant 11 partenaires

SALAMANDRE

End of the project with ADEME 31/12/2021



Technology :

- Based on GAYA process chain (successfully tested)

Feedstock :

- **Locally sourced Waste Wood (B category)**
- **Locally sourced Solid Recovery Fuel (SRF)**

Key objectives

- Confirm process configuration
- Confirm feedstock characteristics
- Partnerships in place
- Permitting
- Pre-FEED, FEED, EPC binding offer

Salamandre, a project developed in Le Havre in real environment



The result of **10 years of R&D** on pyrogasification and methanation.



CMA CGM, ENGIE's partner as shareholder and buyer of the production.



70 ktpa of locally sourced waste comprised of **70% B Wood** and **30% SRF**



A production capacity of 11 kt/year, or **170 GWh/year**.



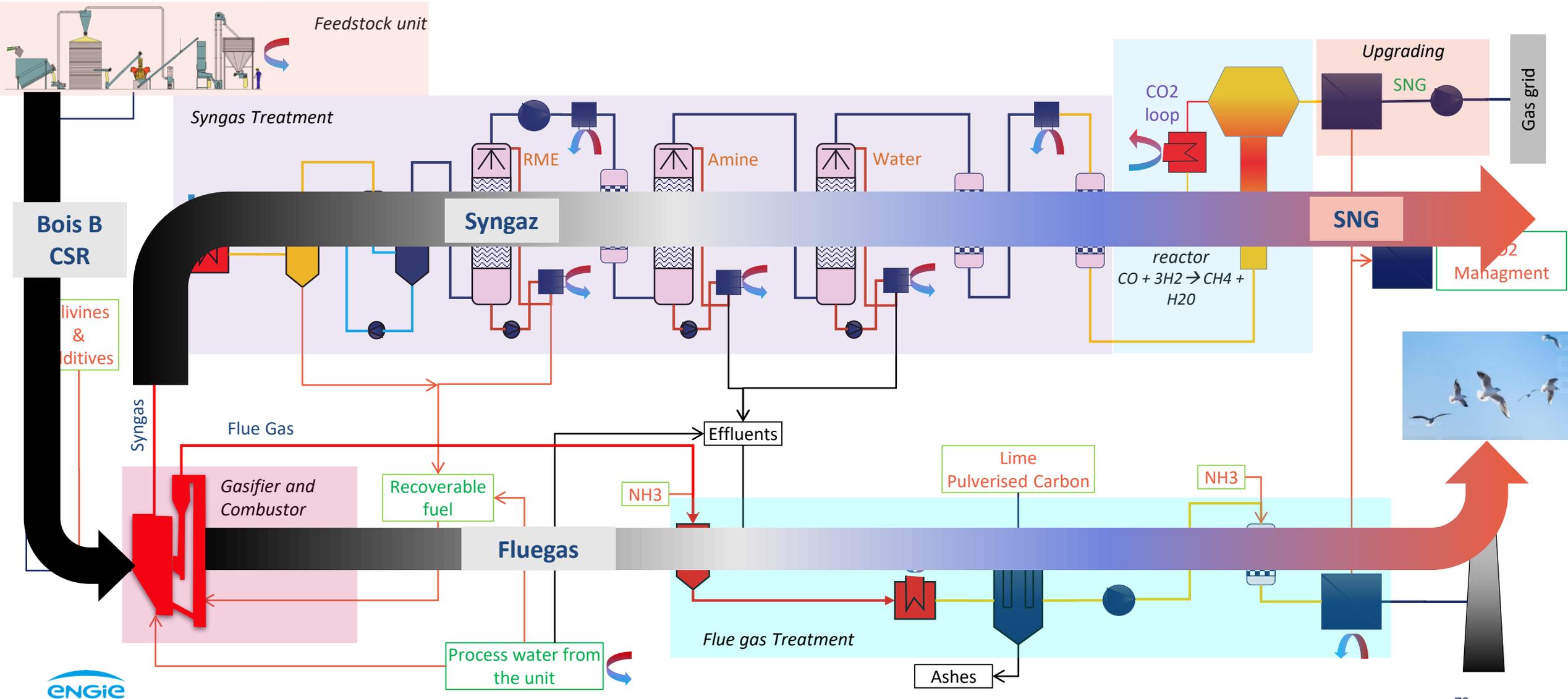
Achieving **>80% GHG savings**



Project situation in Le Havre

SALAMANDRE

- A process chain derived from Gaya



First findings

HOW DO WE MAKE THINGS POSSIBLE?



Project does not fly economically

Each choice of technological brick influences the entire design of the factory.

Other technology pathways or business models exist (0 emission processes, valorization of co-products such as biochar, etc.)

Having a demonstrator is a must have but not sufficient

BOP (Balance of plant) and process integration are very important cost drivers and a consequence of the choices of the main process chain

Support schemes should be developed and adapted to the first commercial units (FEED funding?), Contracts For Difference

Strong local support but need for more support at National / European level

IN SUMMARY

ENGIE warmly thank all partners, suppliers, parties that supported the Salamandre project.

ENGIE will pursue its efforts on thermal gasification by capitalizing on Salamandre and Gaya

THANK YOU



Des projets de gazéification de déchets en Europe et à l'International

EQTEC



David LE SAINT
Managing Director France



Merci de votre attention

**Prochaine conférence
Salle biomasse à 13h**

**Le Club Pyrogazéification
est présent au
STAND ATEE D22**

