

24 MAI 2022 - PARIS

DÉCARBONER LE MIX GAZIER: COMMENT AMPLIFIER LE MOUVEMENT ?

Les Rencontres des Clubs Pyrogazéification et Power-to-gas

Point d'étape sur les projets GAYA et SALAMANDRE

Marion MAHEUT et Thomas PIERRE

SOMMAIRE

1. Contexte ENGIE
2. Retour d'expérience et acquis de GAYA
3. Programme s'industrialisation ENGIE
4. Et après?





La raison d'être d'ENGIE, c'est d'agir pour accélérer la transition vers une économie neutre en carbone, par des solutions plus sobres en énergie et plus respectueuses de l'environnement.

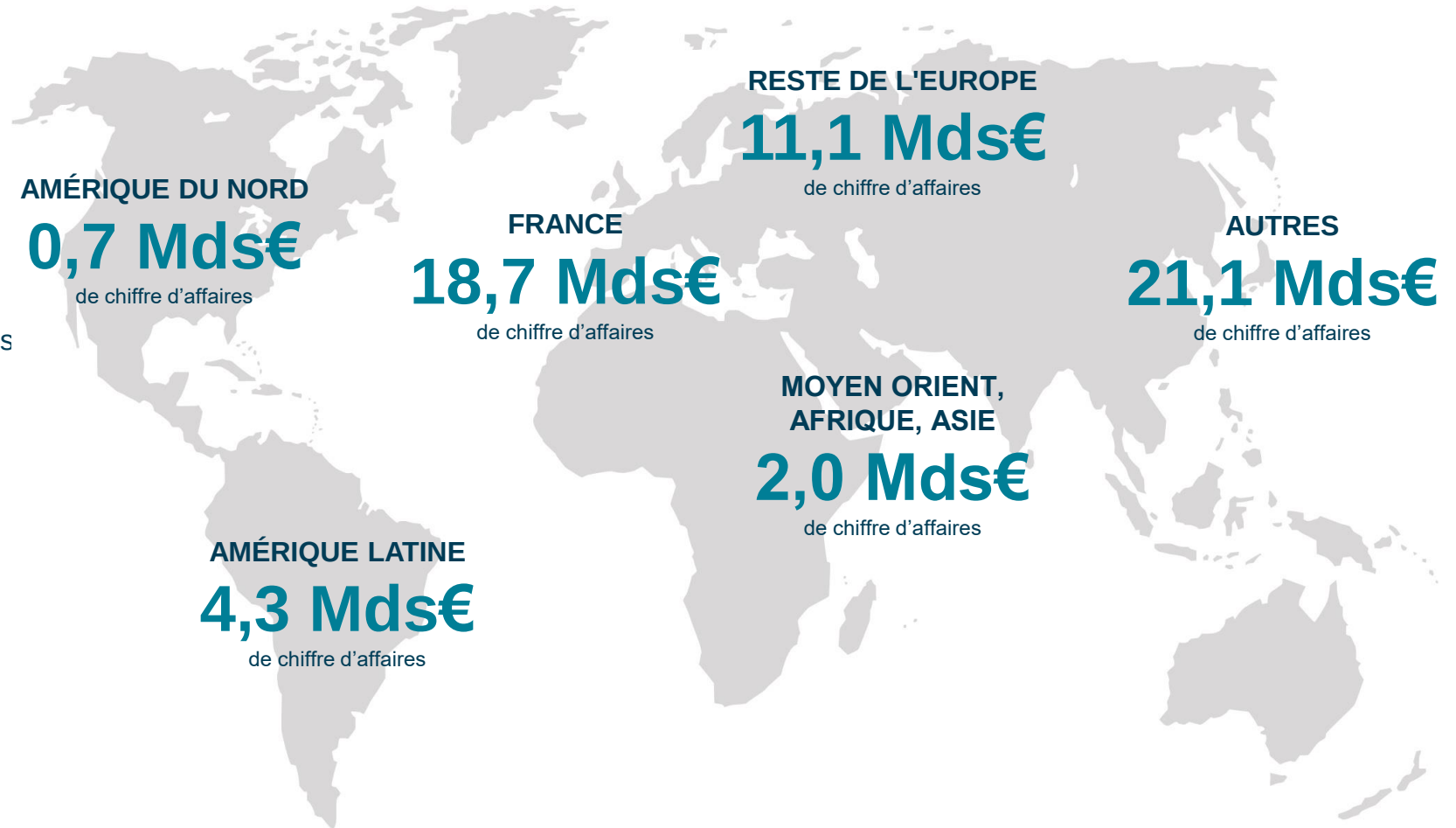
Cette raison d'être rassemble l'entreprise, ses salariés, ses clients et ses actionnaires et concilie performance économique et impact positif sur les personnes et la planète.



Nous sommes présents à l'international

En 2021

- 101 504 salariés
- 57,9 Mds€ de chiffre d'affaires
- 138 M€ dédiés à la R&D
- 3 GW de capacités renouvelables supplémentaires installées
- 4,3 Mds€ d'investissements de croissance
- 100,3 GW de capacité de production électrique centralisée installée



Chiffres annuels au 31/12/2021 (hors Equans)

En nous appuyant sur nos 4 métiers cœurs

Renouvelables

- 1^{er} producteur français dans l'éolien et le solaire réunis
- 2^{ème} mondial pour les accords d'achats d'électricité (PPA)
- Acquisition d'**Eolia** en Espagne, 0,9 GW en opération et 1,2 GW de projets renouvelables
- **34 GW** de capacités installées @100%
- **4 900** employés dans le monde

Infrastructures

- 1^{er} opérateur de transport de gaz en France et au Brésil
- 1^{er} opérateur de stockages en Europe
- 1^{er} distributeur de gaz en Europe
- 2^{ème} opérateur de terminaux de regazéification en Europe
- **351 sites de production de biométhane** raccordés au total aux réseaux de GRDF et de GRTgaz, pour une capacité de production annuelle de **6,1 TWh**
- **+250 000 km** de réseau de distribution de gaz dans le monde
- **~ 5 600 km** de réseau de transport d'électricité
- **22 500** employés dans le monde

Energy Solutions

- 1^{er} opérateur mondial de réseaux de froid urbain
- 3^{ème} opérateur mondial de réseaux de chaleur urbaine
- **Plus de 65.000** équipements énergétiques dans les bâtiments opérés dans le monde
- 4^{ème} des stations de recharge hydrogène en Europe
- **23 GW** de capacités installées d'énergie décentralisée
- **47 500** employés à travers le monde
- Création d'EQUANS, un leader des services multi techniques, procédure de cession en cours de finalisation pour une valorisation de 7,1 Md€

Production Thermique & Fourniture d'Énergie

- **60 GW** de capacité de production @100%
- **22,3 M de contrats** BtoC dans le monde
- 2^e opérateur de dessalement d'eau de mer
- Coordination des expertises et du développement de l'**hydrogène** dans le monde
- **17 100** employés dans le monde

Chiffres au 31/12/2021 (hors Equans)
*RCFU : Réseaux de Chaleur et de Froid Urbains

Pour atteindre l'objectif Net Zéro Carbone d'ici 2045

Nous agissons sur toute la chaîne de valeur : nos activités, nos fournisseurs, nos clients

Renouvelables

- En ajoutant **+4 GW par an** en moyenne d'ici 2025, et +6 GW en moyenne par an à partir de 2026
- Pour aboutir à **50 GW fin 2025** de capacités renouvelables installées et 80 GW d'ici 2030
- En ciblant **5 à 7 GW d'éolien en mer** en opération ou en construction en 2025
- **58%** de capacités de production d'électricité renouvelables d'ici 2030

Infrastructures

- En produisant **4 TWh** par an de **biométhane** en France d'ici 2030
- En déployant **700 km** de réseaux de transport d'**hydrogène** d'ici 2030
- En développant **1 TWh** de capacité de **stockage d'hydrogène** d'ici 2030
- **100% de gaz renouvelable d'ici 2050**
- En raccordant les projets éoliens et solaires et de gaz renouvelables aux réseaux

Energy Solutions

- En décarbonant les infrastructures énergétiques de nos clients avec **+8 GW développés en 2025 @100%**
- **+ de 100 stations** de recharge hydrogène d'ici 2030

Production Thermique & Fourniture d'Énergie

- En verdissant la production d'énergie thermique, incluant **la sortie du charbon d'ici 2027**
- En développant une capacité de production de **4 GW d'hydrogène renouvelable d'ici 2030**
- En réduisant les émissions de CO₂ des clients BtoC: **-34% entre 2017 et 2030**

**45 Mt CO₂ éq. d'émissions évitées
grâce à nos produits et services
pour nos clients d'ici 2030**

Mettre à l'échelle une technologie substantielle de la R&D à l'industrie

Le biométhane 2G est mature



Un programme de R&D réussi sur plus de 10 ans (GAYA) mené par ENGIE Lab pour démontrer la viabilité technique, économique et environnementale de la production de bio-SNG.

Le temps est venu pour l'échelle industrielle



Un partenariat avec CMA CGM autour du méthane de synthèse pour décarboner les actifs existants et valider le passage au GNL comme carburant maritime de long-terme.

Une contribution pour atteindre l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'UE pour 2030



Aller de l'avant avec le biométhane 2G pour développer une réserve de projets afin d'atteindre les objectifs du système maritime et d'échange de quotas d'émission de Fuel EU.

GAYA en bref

Objectif du projet

Démontrer la faisabilité technique, économique et environnementale de la production de biométhane de 2^{ème} génération



Un programme de R&D de 10 ans

gaya



Une plateforme R&D de démonstration **unique** couvrant toute la chaîne de production

Avec le soutien de



Principaux résultats et conclusions

Avec GAYA, ENGIE construit une filière innovante, compétitive et durable de production de méthane de synthèse à partir de pyrogazéification

Objectifs



#1 : Validation d'un **portfolio de technologies** à l'échelle démonstrateur



#2 : Développement d'**outils pour accompagner l'industrialisation**



#3 : **Réduire les coûts de production**



#4 : Suivi de l'**impact environnemental**

Statut

- **Production de biométhane à partir de biomasse** fin 2019
- **Production de méthane bas carbone à partir de CSR** en novembre 2020 **PREMIERE MONDIALE**
- **10 brevets** sur toute la chaîne de production
- **1 technologie** de méthanation développée par ENGIE
- Exploitation par une filiale d'ENGIE (ENGIE Solutions)
- **TRL 8** (analyse externe)

Principaux résultats et conclusions

Objectif #1 : Validation d'un portfolio de technologies à l'échelle démonstrateur

Résultat #1 : toute la chaîne de production a fonctionné avec succès et s'est avérée robuste et flexible à plusieurs matières premières: de la biomasse (résidus forestiers ou connexes de scieries, résidus agricoles) aux déchets (CSR...)

➔ Réduction des coûts liés à l'approvisionnement en matières premières et garantir un approvisionnement durable et local

Biomasse lignocellulosique

Résidus de bois (plaquettes / granulés de bois, écorces)



Résidus agricoles (paille, tiges de vigne..)



Résidus de l'industrie agro-alimentaire (noyaux d'olives, coquilles,..)



Miscanthus, eucalyptus...



Déchets secs non dangereux

Déchets bois



Combustible Solides de Récupération (CSR)



Pellets / Fluff

Déchets plastiques non recyclables



Boues (boues papetières, boues de station d'épuration...)

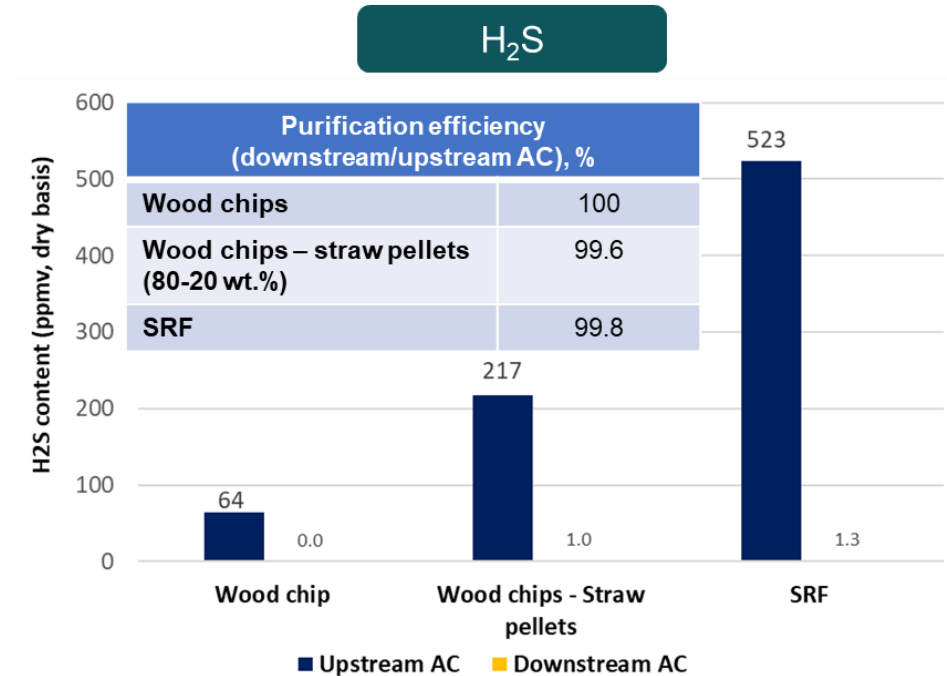
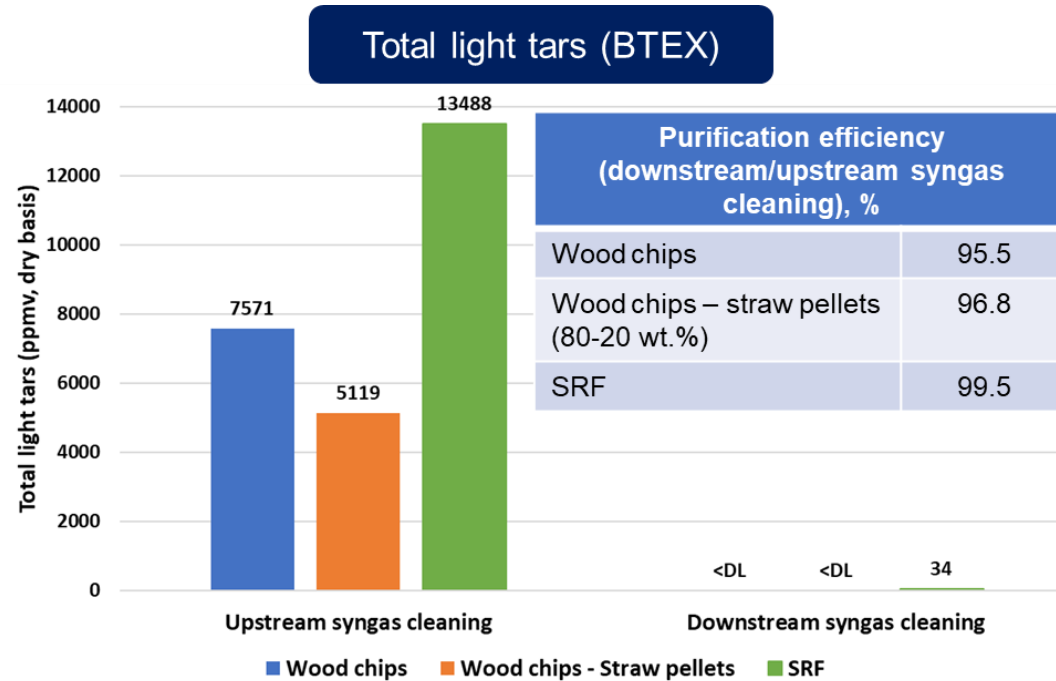
CSR proviennent des déchets industriels banals, déchets d'activités économiques, ordures ménagères (qualité et production définie selon la norme européenne NF-EN-15359 (pour plus de détails: [LegiFrance](#)))



Principaux résultats et conclusions

Objectif #1 : Validation d'un portfolio de technologies à l'échelle démonstrateur

Résultat #2 : la chaîne de traitement du syngaz élimine efficacement les polluants (goudrons, composés inorganiques)



Compound	Unit	Upstream scrubbing	Downstream scrubbing	Scrubbing efficiency, %
Phenol	ppmv, dry basis	794	<1	100%
Naphtalene	ppmv, dry basis	726	<1	100%

Syngas reach the quality requirements prior to catalytic methanation:

H₂S < 1 ppmv, independent of the feedstock

BTEx < 1 ppmv

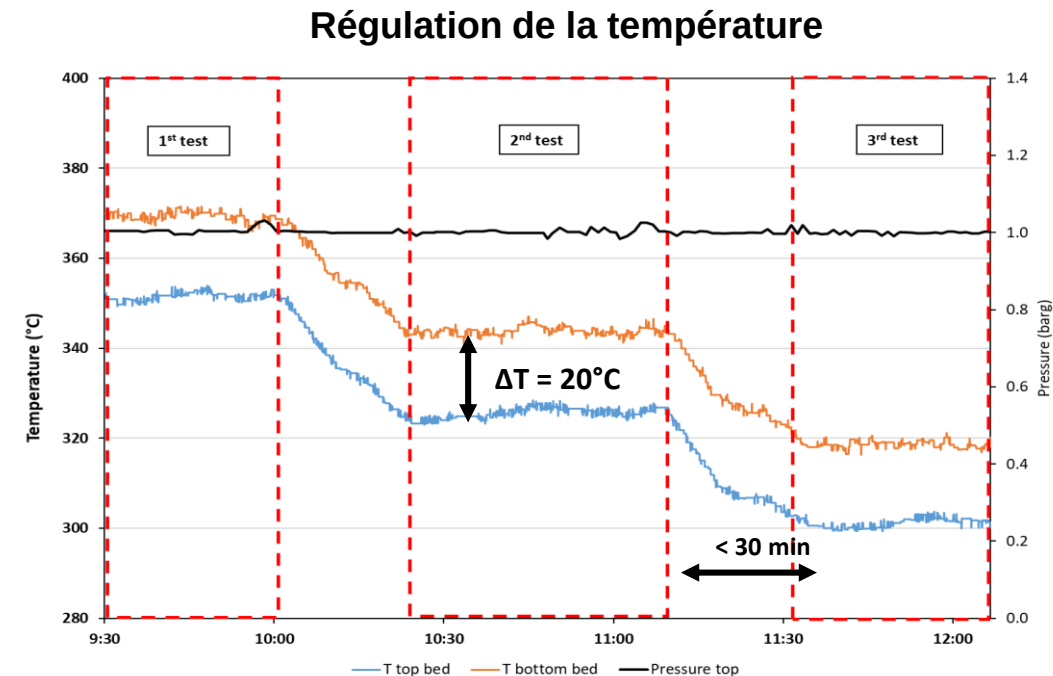
Principaux résultats et conclusions

Objectif #1 : Validation d'un portfolio de technologies à l'échelle démonstrateur

Résultat #3 : développement d'une solution de méthanation innovante, hautement flexible et économique

Technologie : Lit fluidisé isotherme pour la conversion de syngaz ou de CO₂ (power-to-gas)

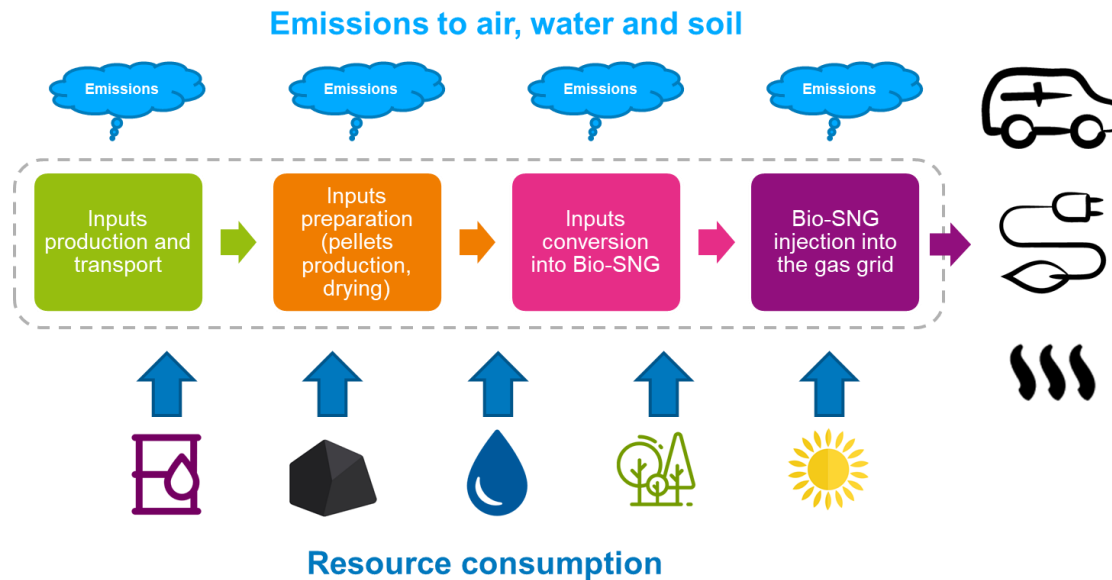
- ✓ **Un seul réacteur** pour les réactions de méthanation et water-gas-shift
- ✓ **Maximum de conversion du CO** (< 0,5% de l'équilibre thermodynamique) à **basse pression** (~2 à 5 bara) et pour des ratios H₂/CO variant de 0,5 à 2
- ✓ **Grande flexibilité** en débit entrant (25 à 150% de la charge nominale)
- ✓ Une **excellente gestion de l'exothermicité**
- ✓ **Pas de dégradation du catalyseur** (pas d'élutriation, pas de désactivation)
- ✓ **Très bonne réactivité** (temps de stabilisation < 30min dès changement de conditions opératoires)



Principaux résultats et conclusions

Objectif #2 : Confirmer de l'impact environnemental

- Plusieurs ACV menées tout au long du projet. Objectifs : (1) proposer et tester des optimisations procédé qui permettent de réduire l'impact environnemental, (2) alimenter les groupes de travail et sur la réglementation
- Respect des seuils imposés par la RED II



~64 gCO₂ eq. / kWh de biométhane carburant

2015

-80% GES par rapport à réf. carburant fossile (diesel, essence) Méth. RED I

Modifications de :

- l'inventaire théorique intégrant le retour
- des base de données obsolètes (mix électrique, transport, production forestière etc.)
- Méthodologie d'allocation changée avec la REDII

2021 (validée par panel d'experts externes lors d'une revue critique)

~43 g CO₂ eq. / kWh de chaleur
< Seuil 2021: 86,4 kWh
< seuil 2026: 57,6 kWh

-86% GES / réf. Chaleur Méth. RED II

~39 g CO₂ eq. / kWh de biométhane carburant
Seuil 2021: 118 g/kWh

-87% GES / réf. carburant fossile Méth. RED II

Principaux résultats et conclusions

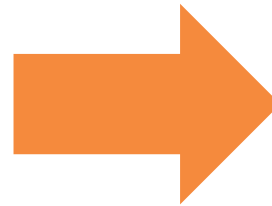
Objectif #3 : Développement d'outils pour préparer l'industrialisation

Outils divers: dimensionnement d'équipements, modélisation et simulation, optimisation énergétique, de cartographie et d'aide à la décision (localisation d'unité sur un territoire),...

Construction d'un Process Book pour appuyer l'ingénierie d'un futur projet industriel

➔ **Support à différentes phases pour de nouveaux projets (étude de pré-faisabilité, étude de base et conception, exploitation et maintenance)**

gaya 

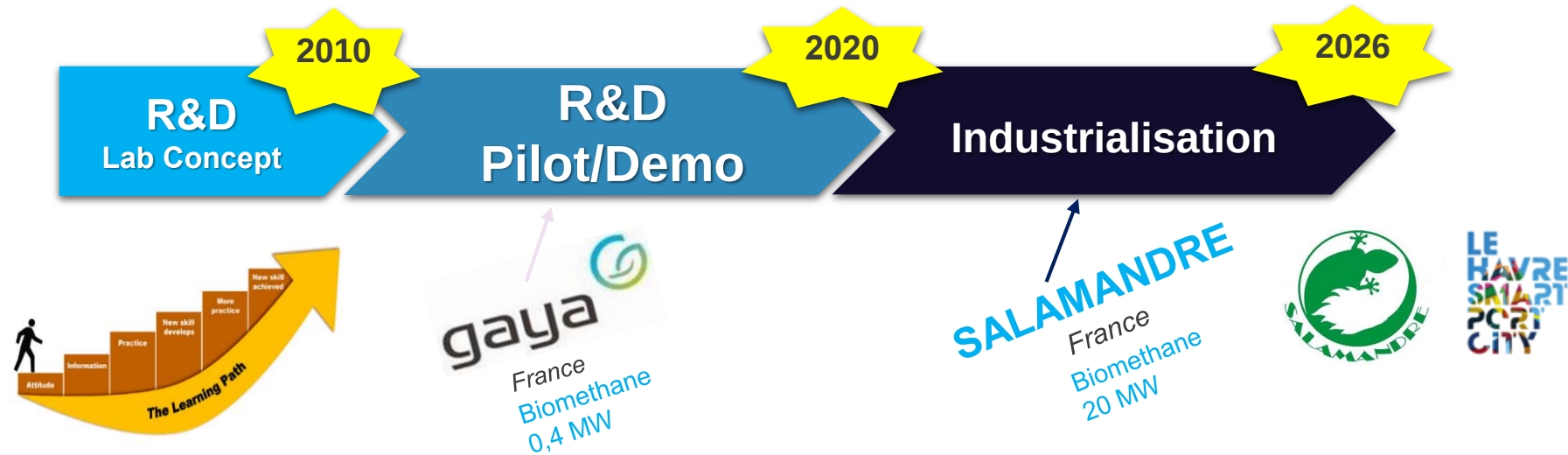


Exercice de Basic Design réalisé par ENGIE pour la première unité industrielle :

➔ *Fourniture CRIGEN : Données de base (spécifications matières premières, consommables...), PFD, PID, description procédé, bilans de matière et d'énergie, dimensionnement des réacteurs de pyrogazéification / de méthanation, intégration du REX GAYA + REX industriels*

Industrialisation la filière

Des projets Gaya à Salamandre



Le programme d'industrialisation de la pyrogazéification, une priorité lever les barrières

Positionnement du savoir-faire ENGIE

Quelle proposition de Valeur

- Stratégie de Licensing
- Partenariats

Promotion de la technologie

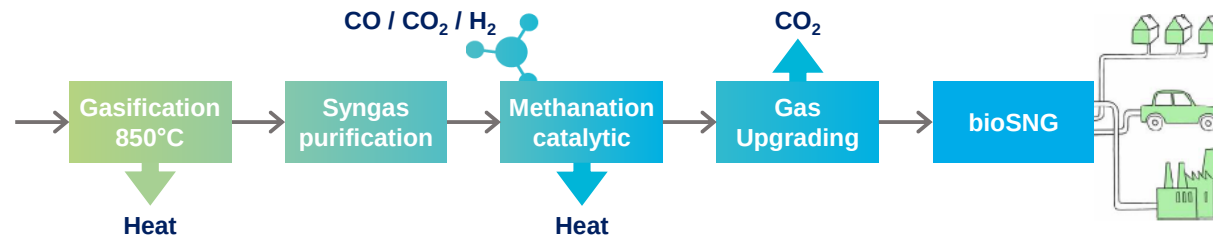
- Support à l'injection
- Cadre réglementaire français et européen
- Maîtrise de l'analyse du cycle de vie

Capitaliser sur la plateforme Gaya

- Différents types d'intrants ou conditions opératoires
- Poursuite de la R&D
- Formation



Biomasse
Déchets
Economie circulaire



Gaz vert
+ valorisation excès de
CO2 et chaleur

Sécurisation des intrants

- Partenariats avec des fournisseurs d'intrants locaux ou nationaux

Engineering & Construction

- Assurer la compétitivité de la technologie
- Upscaling de la technologie Gaya
- Sélection des partenaires industriels : detailed design, construction & garanties de performance
- Sécurisation de la chaîne de production
- Capitalisation sur l'expérience de Gaya experience
- Optimization du procédé

Financement

- Structuration du projet
- Partenariats
- Subventions (ex. European Innovation Fund)
- Financement public (ex. Caisse des Dépôts, Ademe)
- Financement privé (environmental, innovation, ...)

Salamandre

storengy
Une société de ENGIE



Premier projet commercial d'ENGIE d'unité de pyrogazéification pour injection installée au Havre



170 GWh de gaz vert

Pour le transport lourd et industries intensives

+ ~40 GWh de chaleur renouvelable

Pour les industriels et réseaux urbain



70 000 t/an de déchets non recyclables valorisés

Sourcés régionalement et autrement exportés, incinérés ou enfouis



Partenariats et financements

Public-privé avec l'Etat dans

Pacte Territoriale Le Havre Seine Métropole

Candidat à l'Innovation Fund

Eligible au **Fonds pour une transition juste**



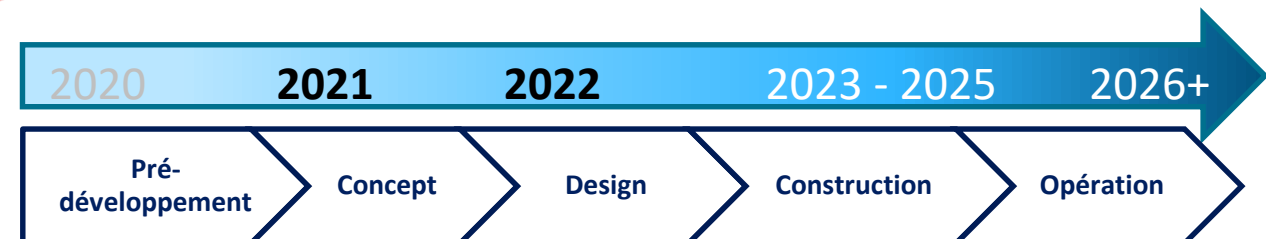
400 TWh

Potentiel pour cette filière en Europe¹

10 000

emplois directs et indirects non délocalisables en

France² et bien plus en Europe.



[1] "Gas Decarbonization Pathways 2020-2050", Avril 2020, Gas for Climate

[2] Association Technique Energie Environnement: <https://atee.fr/energies-renouvelables/club-pyrogazéification>

Le transport lourd : un marché clé pour le méthane de synthèse

- 7**
indicateurs
étudiés
- Maturité technique
 - Infrastructures et adaptation client final
 - Coût complet
 - Passage à l'échelle
 - Densité énergétique
 - Rendement
 - Sécurité



Le méthane présente des avantages concurrentiels, comme son passage à l'échelle et l'absence d'investissements pour l'utilisateur final, qui peuvent apporter plus de valeur au système par rapport à d'autres molécules

Critères clés

- Le méthane de synthèse est la molécule qui a la meilleure moyenne sur 7 indicateurs étudiés.
- Les principaux avantages du méthane de synthèse sont sa mise à l'échelle et sa capacité à s'appuyer sur l'infrastructure existante.
- Les principaux concurrents du e-méthane sont le e-kérosène, l'e-methanol et le e-diesel, mais ils présentent des contraintes propres rendant plus difficile leur mise à l'échelle
- L'hydrogène peut être attractif mais des investissements en infrastructures et moteurs sont nécessaires pour adapter le système à ce carburant. En fin de compte, il pourrait être plus facile et moins coûteux d'utiliser des carburants de synthèse.

Au-delà des projets GAYA et Salamandre

Suite des développements

Demain, une plateforme de R&D dédiée au développement des gaz renouvelables

Ouverture à de nouveaux projets de R&D

- Diversification des intrants pour traiter des déchets et des biomasses / résidus organiques à plus bas coûts
- Diversification des applications énergétiques : production d'H₂,...
- Diversification d'usage de la technologie de méthanation GAYA pour une application power-to-gas

Les services envisagés :

Une installation à l'échelle semi-industrielle pour tester des intrants spécifiques (biomasse, déchets)

Mise à disposition de moyens d'essais pour des start-ups, PME... : pouvant accueillir de nouvelles technologies

Centre de formation et d'expertise (procédé et analyse gaz verts)



Merci pour votre attention!

Des questions ?



Thomas PIERRE

Directeur adjoint programme stratégique 2G
GBU infrastructure
thomas.pierre@engie.com



Marion MAHEUT

Ingénieur de recherche, GAYA R&D Project Leader
ENGIE Lab CRIGEN
Lab Biogaz, Biomasse & Déchets
marion.maheut@engie.com