



GAZÉIFICATION
HYDROTHERMALE
VALORISER LES DÉCHETS ORGANIQUES

Gazéification Hydrothermale

Comment les acteurs du marché de la GH s'organisent autour d'une stratégie commune de filière ?

- Publication du 1^{er} livre blanc sur la Gazéification hydrothermale + les intérêts des 2 majeurs de la valorisation des déchets
- 2 tables rondes autour de l'offre des développeurs et la demande des premiers clients potentiels



Animateurs



Laura Luu Van Lang

Manager
Yélé consulting



Robert Muhlke

Responsable
Gazéification Hydrothermale



Sommaire

1

Le 1^{er} livre blanc sur la Gazéification Hydrothermale

Introduction à la technologie + Publication du livre blanc (contexte + motivation)
+ Intérêts de la technologie pour les entreprises de valorisation des déchets

2

Table ronde « offre »

État d'avancement et feuilles de route 2023 - 2030
des principaux développeurs de la technologie français et internationaux

3

Table ronde « demande »

Différents acteurs d'ores et déjà demandeurs de la technologie
cherchant à mieux valoriser leurs déchets

(chacun des 3 blocs ci-dessus contient 5 minutes de Q&R)

Le 1^{er} livre blanc sur la Gazéification Hydrothermale

Introduction à la technologie
+
Publication du 1er livre blanc sur
la Gazéification Hydrothermale



Robert Muhlke

Responsable Gazéification Hydrothermale
+ Pilote du Groupe de Travail national GH



2 grandes entreprises de la valorisation des déchets
soutiennent le développement de la technologie
(contributeurs à la rédaction du livre blanc)



Safwan Al-Ayoubi

Responsable de Projet
Innovation

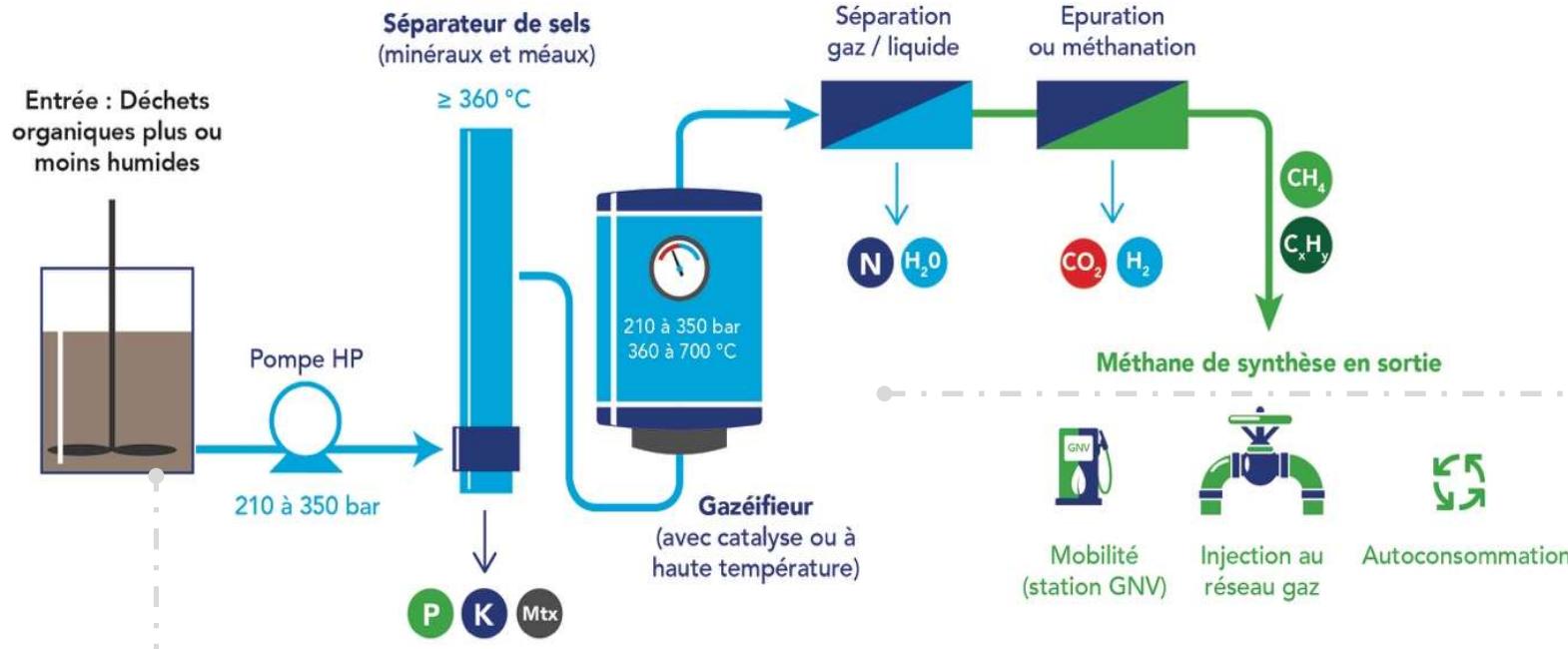


Paulo Fernandes

Responsable performance sur
les filières de traitement d'eau



Fonctionnement de la Gazéification Hydrothermale (GH)



Prérequis pour l'intrant

- Viscosité de l'intrant adaptée à l'équipement GH (haute pression)
- Un taux de carbone le plus élevé possible dans la matière sèche
- Absence ou faible taux de composants nuisibles (Chlore, ...)

| Composition du syngaz | CH4 | H2 | CO2 | CxHy |
|-----------------------|----------|----------|----------|-------|
| GH avec catalyse | ≤ 70% | 0 à 10% | 20 à 30% | - |
| GH haute température | 25 à 40% | 30 à 50% | ~ 30% | ≤ 12% |

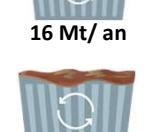
Procédé de Gazéification Hydrothermale

Une conversion thermochimique fonctionnant :

- En présence obligatoire de l'eau
- En limite des phases liquide et gaz autour du **point critique de l'eau (221 bar / 374°C)**
 - H_2O devient un **solvant (séparation solides)** + très réactive (H_2 se décroche plus facilement)
- Soit **avec catalyse** : 210 à 300 bars, **360 à 400°C**
- Soit **à haute température**: 250 à 350 bars, **550 à 700°C**
- Avec un **rendement énergétique global élevé** : 75 à 90%

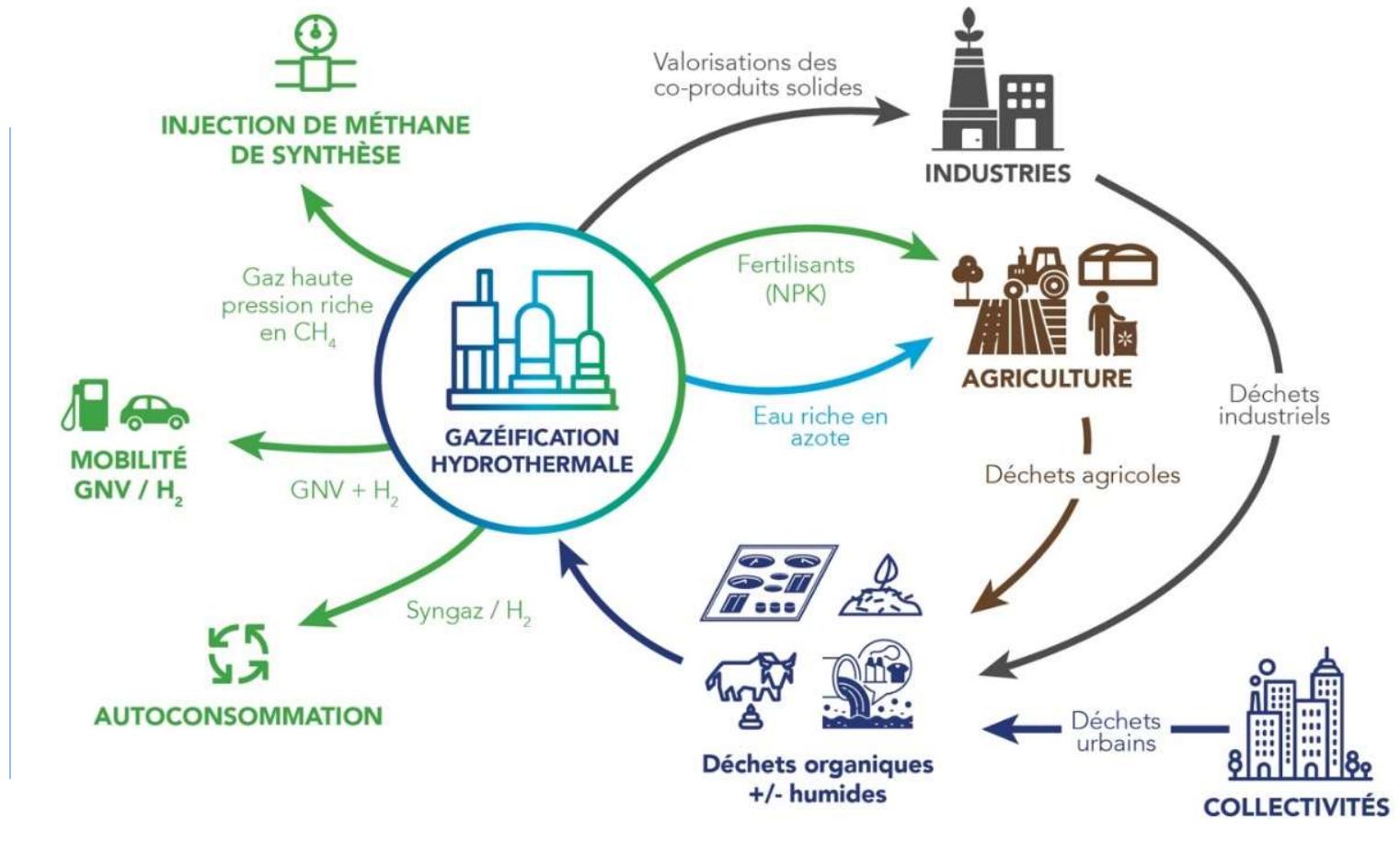
Source: adapté GRTgaz

6 familles d'intrants (déchets organiques d'origine biogénique)

| | |
|---|---|
|  | Les déchets agricoles (dont d'élevages) |
|  | Digestats de méthanisation |
|  | Les déchets agro-alimentaires (IAA) |
|  | Les déchets organiques industriels |
|  | Les boues et leurs digestats de STEP |
|  | Déchets urbains + biodéchets |

Quantités annuelles (Mt/an):
 - Les déchets agricoles: 160 Mt/an
 - Digestats de méthanisation: ~ 120 Mt/an (2030)
 - Les déchets agro-alimentaires: 55 Mt/an
 - Les déchets organiques industriels: 16 Mt/an
 - Les boues et leurs digestats de STEP: 24 Mt/an
 - Déchets urbains + biodéchets: > 10 Mt/an

La chaîne de valeur de la GH



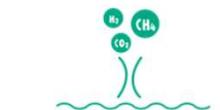
Et aussi : des déchets fossiles (industries (pétro-)chimie, plastiques, ...)

Source: adapté GRTgaz

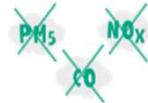
Les nombreux atouts de la technologie



Forte réduction des déchets ultimes



Conversion carbone très élevée: > 90 % (yc μ-plastiques) !



Pas de polluants atmosphériques (NOx, CO, particules)



Production d'un gaz injectable très riche en méthane



Récupération de sels minéraux, d'azote soluble + de l'eau



Récupération de métaux et métaux lourds



Temps de conversion très rapide (1 à 10 min)



Installation compacte + modulaire



Rendement énergétique élevé de 70 à 90%



Élimination des bactéries, virus et produits pathogènes



Multiples intérêts économiques

Bilans GES/ ACV a priori très favorables + Nuisances sonore et olfactif faibles

La technologie peut :

- 1) en amont, supprimer tout ou partie des besoins de prétraitement des intrants et
- 2) en aval, éviter leur incinération, mise en décharge ou enfouissement !

La technologie génère de nombreux intérêts économiques



Une rémunération de base

- **Valorisation d'un méthane de synthèse** (gaz renouvelable ou bas-carbone)
 - injectable dans le réseau,
 - stockable (à court, moyen ou long terme),
 - valorisable sans modification au même titre que le gaz naturel



Des rémunérations complémentaires

- **Service de traitement de déchets** (boues, digestats, déchets industriels, urbains et/ ou agricoles +/- pollués)
- **Valorisation des co-produits solides et liquide**
 - Métaux
=> en substitution de ressources fossiles
 - N, P, K (azote + sels minéraux)
=> production de fertilisants
 - Eau de qualité
=> en substitution des besoins d'eau (allant d'eau de qualité industrielle jusqu'à potable)



Revenus potentiels supplémentaires (économies/ dépenses évitées)

- Forte réduction voire suppression des besoins de **transport des déchets ultimes**
- **Valorisation du CO₂ résiduel** (matière première pour procédés chimiques et biocarburants, Power-to-Méthane (H₂+CO₂))
- **Facilité de traitement des déchets** en mélange

Source: adapté GRTgaz

Publication du 1^{er} Livre Blanc : contexte initial (2020)

La Gazéification Hydrothermale en France (2020) Contexte de départ (2020):

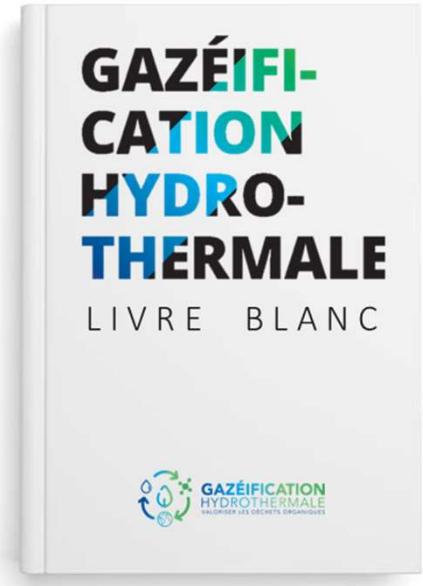
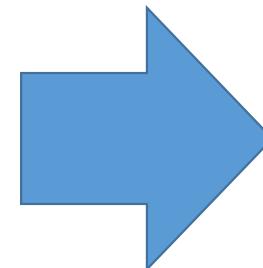
- Avant 2020: une technologie très innovante mais quasi inconnue en France
- Été 2020 : la technologie devient la 4^{ème} filière gaz renouvelable ...
- Septembre 2020: initiation du Groupe de Travail National Gazéification Hydrothermale (GT GH) => officialisée en mars 2021 au salon BIO360,
- GT GH: plusieurs sous-groupes de travail sont lancés ...
 - L'idée de la rédaction d'un livre blanc surgit
- Les objectifs et la motivation de base sont vite trouvés :
 - Faire connaître la technologie avec ses variantes et ses atouts
 - Faire un état de lieu de la technologie et de la filière en France et en Europe
 - Présenter les principaux développeurs français et étrangers de la technologie



Publication du 1er livre blanc sur la Gazéification Hydrothermale

Vous voulez :

- Savoir davantage sur la technologie, sa maturité et le panorama des acteurs et projets ?
- Connaître
 - les déchets organiques adressables à la technologie?
 - leurs principaux gisements ?
 - leur potentiel de production de gaz renouvelable/bas-carbone ?
- Comprendre comment la technologie s'intègre dans une approche d'économie circulaire ?
- Avoir une idée sur les premiers modèles d'affaire et son potentiel économique ?

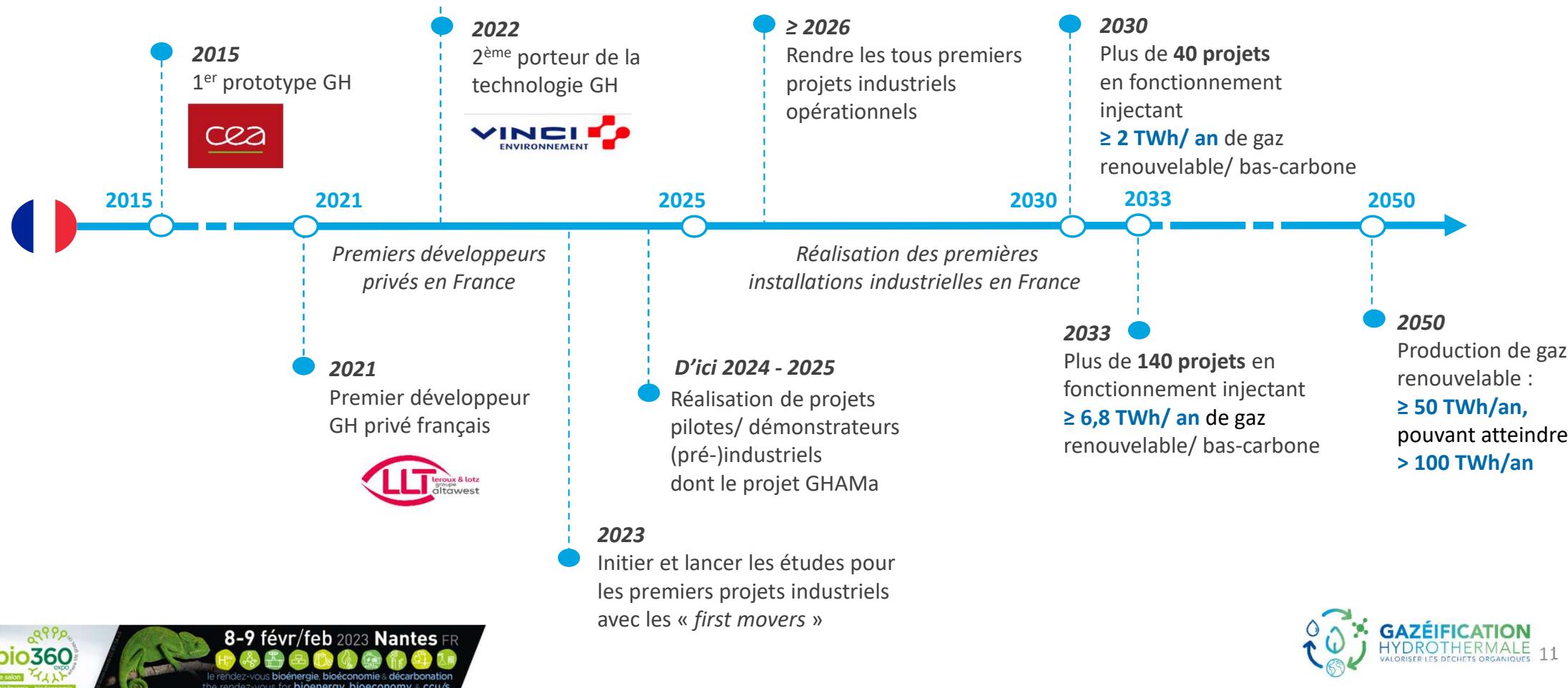


Auteurs:
+
Principaux contributeurs:



La feuille de route de la filière française d'ici 2030/ 2050

Désigner une feuille de route et une trajectoire des premiers projets GH industriels en France pour la future PPE (2023 à 2033)



Comment réussir à faire émerger la filière en France ?



GAZÉIFICATION
HYDROTHERMALE
VALORISER LES DÉCHETS ORGANIQUES



Des aides publiques facilitant la montée en puissance des **développeurs français** de la technologie GH (passage du TRL 6 à 9)



Objectif: parvenir à égaliser l'avance de leurs concurrents étrangers.



Mise en œuvre de contrats d'expérimentations par le Ministère Transition Énergétique (MTE)

prévus par la loi Climat résilience pour soutenir le lancement des premiers projets GH industriels avec injection dans le réseau.

(La meilleure référence en Europe: cadre SDE++ au NL)



Définition et mise en œuvre d'un cadre réglementaire (accès au réseau, ICPE, ...) arrêté avec l'administration française (DGPR, DREAL) pour tous les projets GH valorisant une grande diversité d'intrants/ déchets organiques.

Une filière Gazéification Hydrothermale pleine de promesses



Contexte général

Réduire la consommation énergétique de 5% et d'accroître la production d'énergie de 5% en 2 ans, soit un impact de 10%

Contexte France

Rendre services autonomes en énergie en 5 ans par la production 2 TWh d'énergie locale

100%
locale

80%
renouvelable

25%
solaire

75%
circulaire



Biomass (SRF)



Biofuel



Solaire



Gaz
renouvelables

Contribution de la filière GH

A terme compléter l'écologie des solutions locales de production d'énergie décarbonée et de recyclage des matières de Veolia.



Exemple de l'énergie

Une filière Gazéification Hydrothermale pleine de promesses



Produire des énergies décarbonées Exploiter des ressources organiques mal ou peu valorisées comme les déchets humides

Contribution aux objectifs d'autosuffisance

Contribuer au Net Zero



Exemple Veolia UK

Faire émerger des nouvelles solutions plus efficientes en complément de solutions matures disponibles

La recyclage de la matière organique et des fertilisants quand c'est possible.

La valorisation thermique (incinération) en dernier recours.

La GH contribue à la hiérarchie de la valorisation des déchets.



Contribution à la filière GH

Faire naître et évaluer des filières alternatives :

- Référentiels (projets pilote, démonstrateur pour bâtir une réglementation favorable GH)
- Maîtrise technologique
- Disponibilité
- Performance économique

Se faire son propre avis via les experts et le réseau d'exploitants

Partager l'expérience avec les parties prenantes :

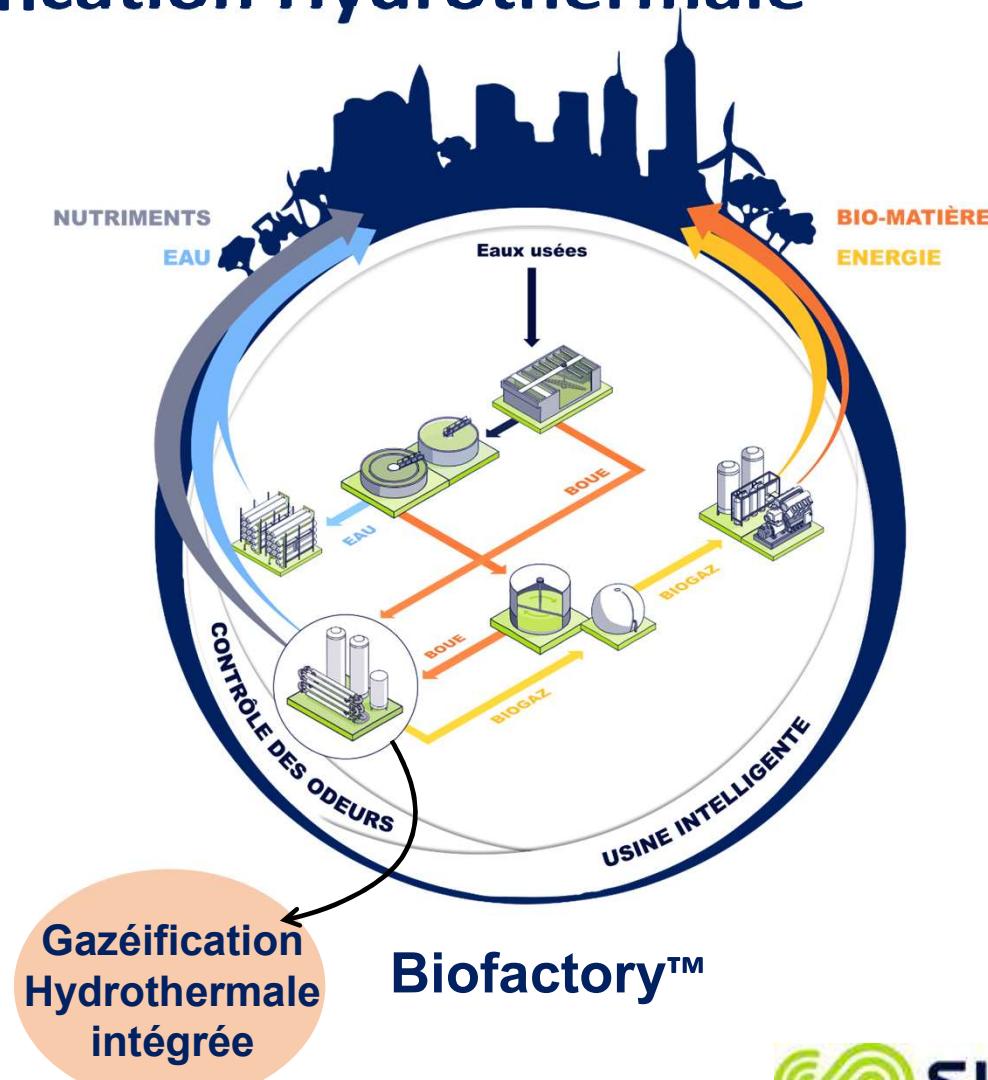
- Clients
- Autorités
- Associations

SUEZ supporteur de la Gazéification Hydrothermale

SUEZ produit déjà
50% du biométhane français
issu des stations d'épuration urbaines



La raréfaction des ressources
exige l'accélération
de solutions d'économie circulaire à
empreinte environnementale maîtrisée



SUEZ promoteur des messages du 1^{er} livre blanc GH

La GH, alternative nécessaire pour répondre aux tendances du marché



Cadre réglementaire plus restrictif sur l'épandage



Mauvaise acceptabilité sociale de l'incinération



Maitrise de l'empreinte environnementale

Besoin d'un contexte clair pour développer la filière



Cadre réglementaire spécifique



Soutiens financiers pour supporter des projets pilotes ou démonstrateurs

Mécanismes de soutien pour développer les premiers projets industriels

GH : Gazéification Hydrothermale

Table ronde « Offre »: L'avancement et feuilles de routes 2026 des principaux développeurs français et étrangers de la technologie



Thomas Chauveau
Directeur Power &
Gaz Renouvelable



Jim Oyler
Président



Sofiane Zalouk
Responsable R&D



Javier Vallejo
Responsable
commercial



Frédéric Juillard
Président



Frédéric Ducros
Responsable
Ligne Programme 'Économie
Circulaire du Carbone'



Genifuel



LA GAZÉIFICATION HYDROTHERMALE

2018

- Première approche Gazéification Hydrothermale - Partenariat d'innovation
Projet R&D COMETHA, lancé par SYCTOM / SIAAP

2022

- Partenariat technologique avec GENIFUEL



Conception – Construction d'installations clés en main :

- Préparation des intrants
- Core process
- Traitements des sous-produits liquides /gaz

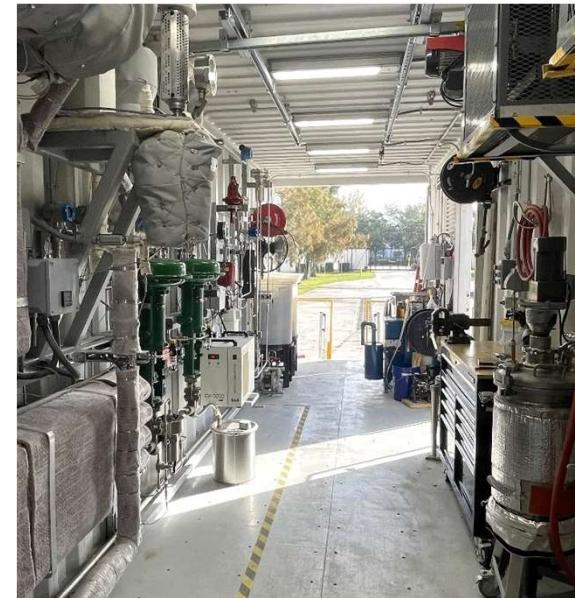


Genifuel Development



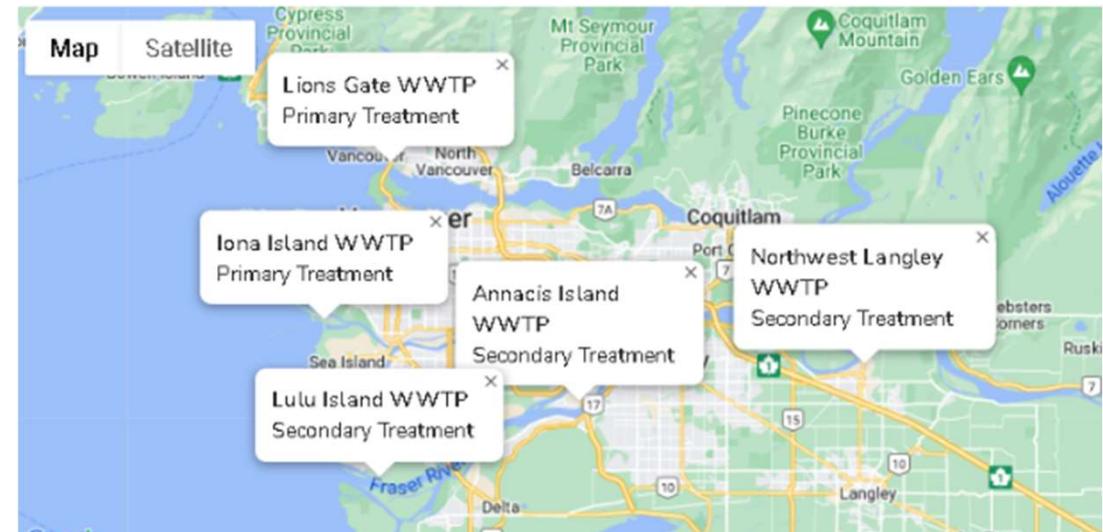
- **17 years advancement of Hydrothermal Gasification**
- Genifuel **patented technology plus licenses** from US Department of Energy with Dr. Douglas Elliott
- From intensive advancement of materials and processes to **demonstration unit systems**
- Demonstration System **running since 2017 in India**

Mobile Demonstration (prototype: 12 kg/h) Unit System



- System is used to test and validate many feedstocks for hydrothermal gasification
- Scaled-down duplicate of production-level systems.
- Provides experience with preparation of different waste/ feedstocks at smaller scale

Current Pilot Project with « Metro Vancouver » (Canada)



Project is to **validate**
economic and environmental benefits
for waste and water treatment (sewage sludge)

HTG pilot demonstration (150 kg/h) will lead to upgrade
of **five major waste water treatment plants**
as part of **2036 strategic plan**

Genifuel + VINCI Environnement: les avantages clés

- Fonctionne avec quasiment **tous les types de matière organique**

| Type d'intrants | Déchets urbain et agricole | Résidus aquatiques | Déchets ligno-cellulosique | Résidus herbacées | Déchets d'industries agroalimentaires | Déchets industries chimie et papier |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Près de 70 intrants testés | 8 | 8 | 6 | 5 | 23 + | 14+ |

- Produit **80% de méthane de plus** que la méthanisation, en minimisant le résidu organique carbonique
- Produit des gaz renouvelables/ biocarburants pouvant être vendus plus chères (économie prix CO₂)
- Contribue aux multiples **objectifs environnementaux et climatiques**
- Traite et **élimine les composés et polluants "difficiles"**, y compris les **PFAS* (!)**
- Système évolutif** en capacité grâce à une conception **modularisée**
- Faible encombrement** sur site grâce à la compacité du système
- Fabriqué en usine et en série (à terme) selon des normes (Europe: DESP) très strictes
- Coût d'**OPEX optimal et constant** (procédé avec réglage automatisé)
- Marché international– **valorisable partout dans le monde**

Leroux & Lotz Technologies (LLT): Positionnement dans la filière Gazéification Hydrothermale



LLT spécialisé dans la valorisation des intrants

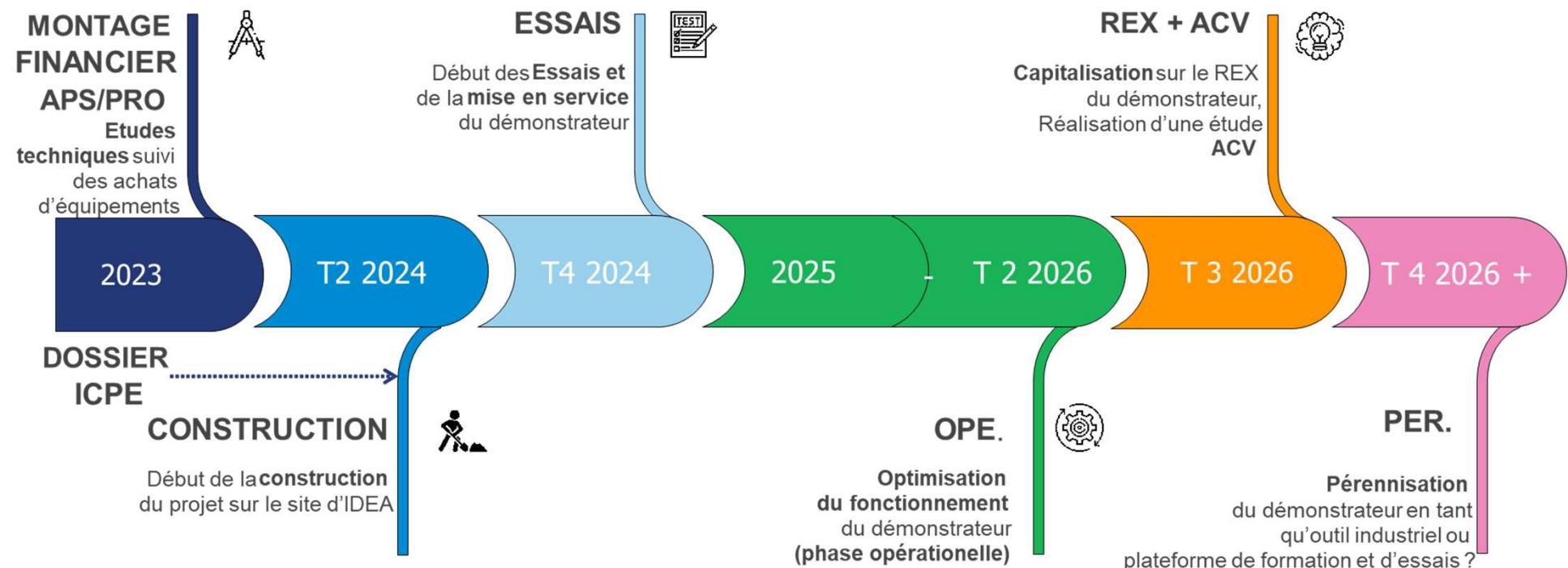
- **solides** combustion / (pyro)gazéification thermique
- **humides** oxydation hydrothermale et bientôt de la Gazéification Hydrothermale haute température
(=> Projet GHAMa)

> Fournisseur de la technologie GH en partenariat avec le KIT*:

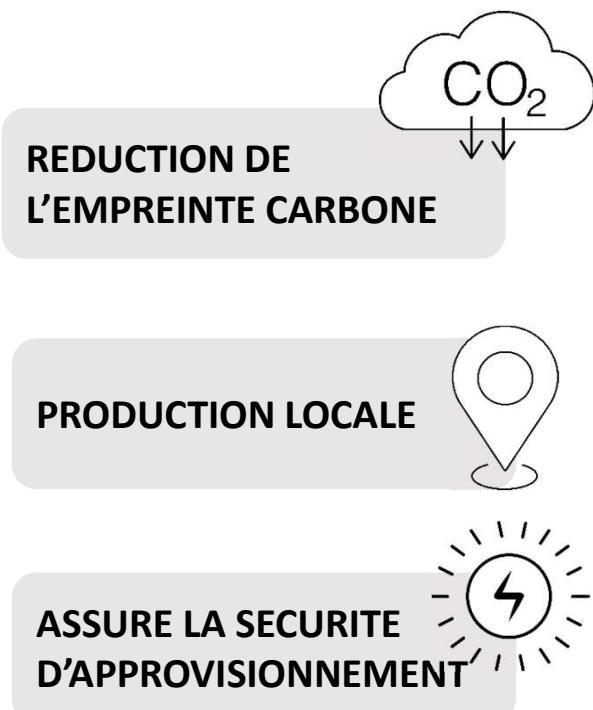
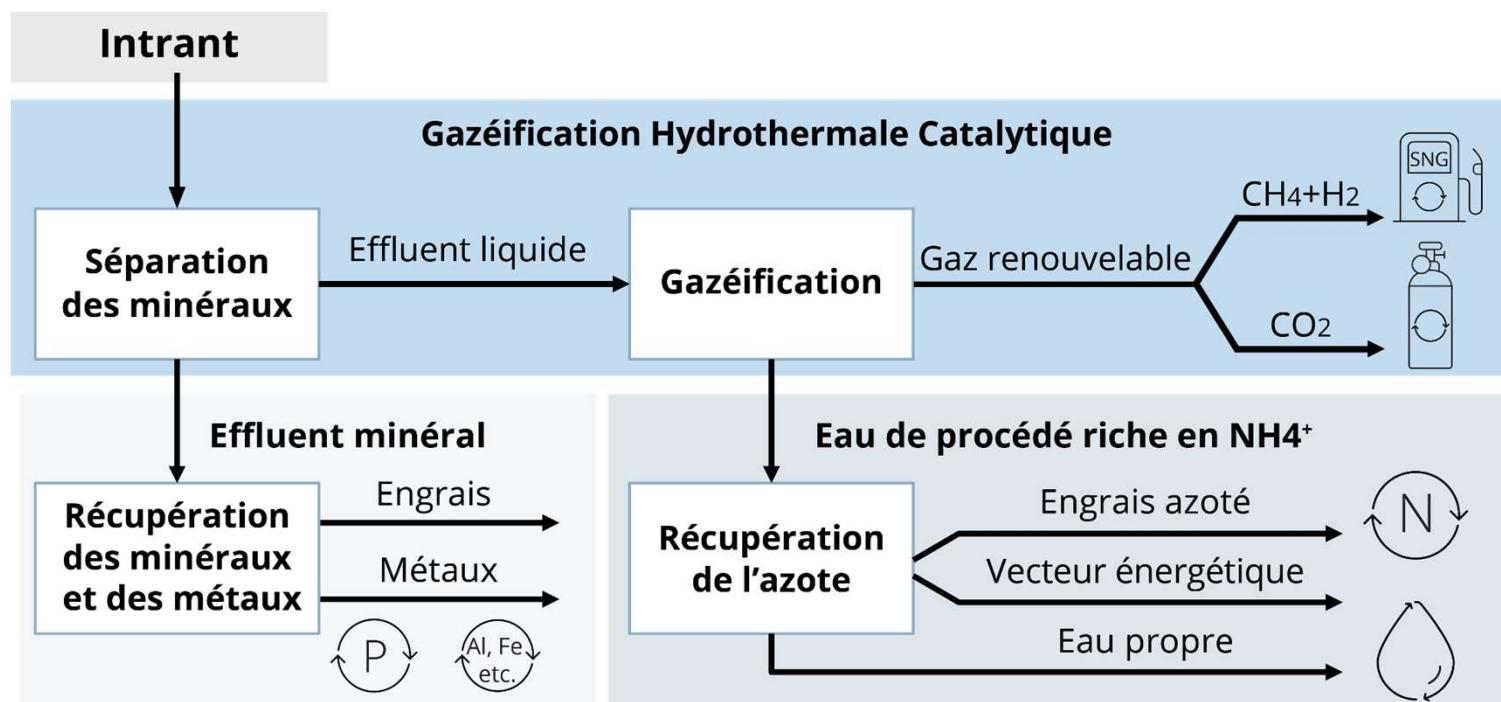
- licence + développement technologique commun
- > **Process clef en main** pour l'intégration des utilités et autres équipements
- > **Construction, mise en service et maintenance** des installations

(* Karlsruhe Institute of Technology (D))

Macro-planning du projet GHAMa



La technologie de Gazéification Hydrothermale de TreaTech assure une production locale de gaz renouvelable/bas-carbone



Activités et roadmap CEA sur la Gazéification Hydrothermale :

→ Obj : démonstration à l'échelle du labo en 2025 (~ 10 kg/h)

Les étapes de l'HTG

Ressources carbonées

% M.S.
(préparation)

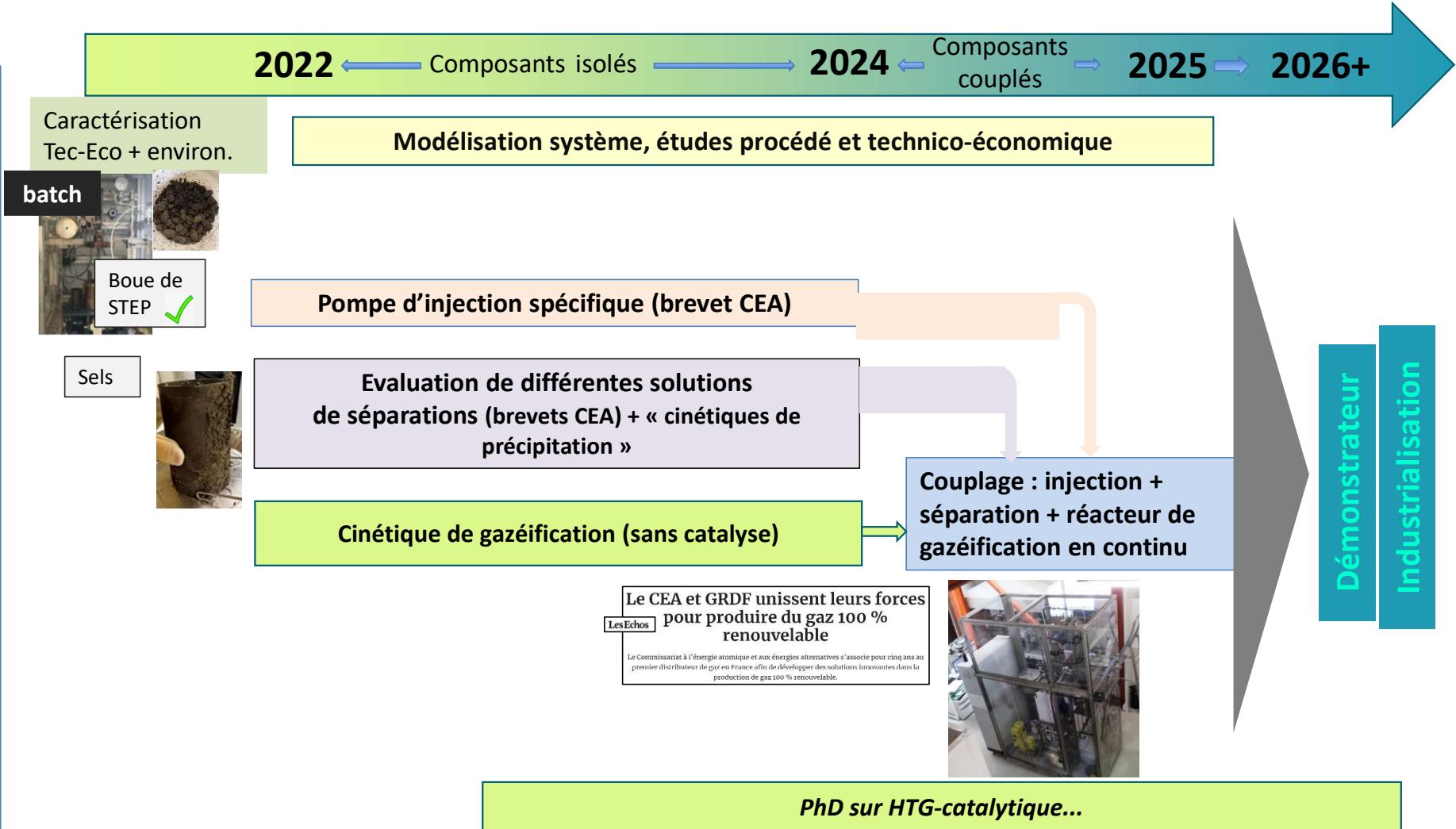
injection

Séparation des sels minéraux
P, Ca, K, ...

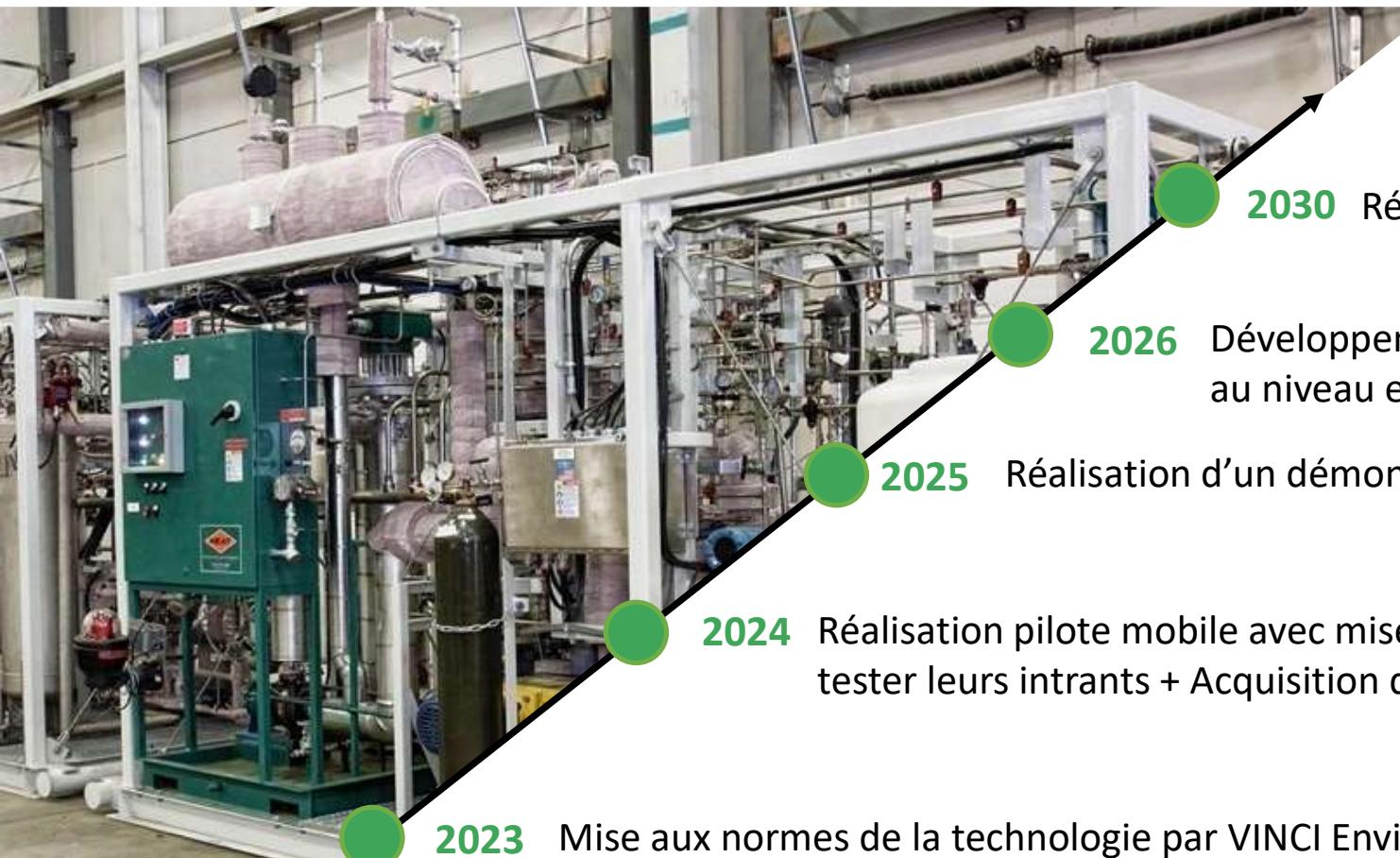
Gazéification

(séparation)

CH₄, H₂, CO₂
Ph. Aq.



Feuille de route GH



2022 Partenariat technologique entre VINCI Environnement + GENIFUEL

2023 Mise aux normes de la technologie par VINCI Environnement,
Développement d'une unité pilote mobile (100 à 150 kg/h) idem USA (Skid)

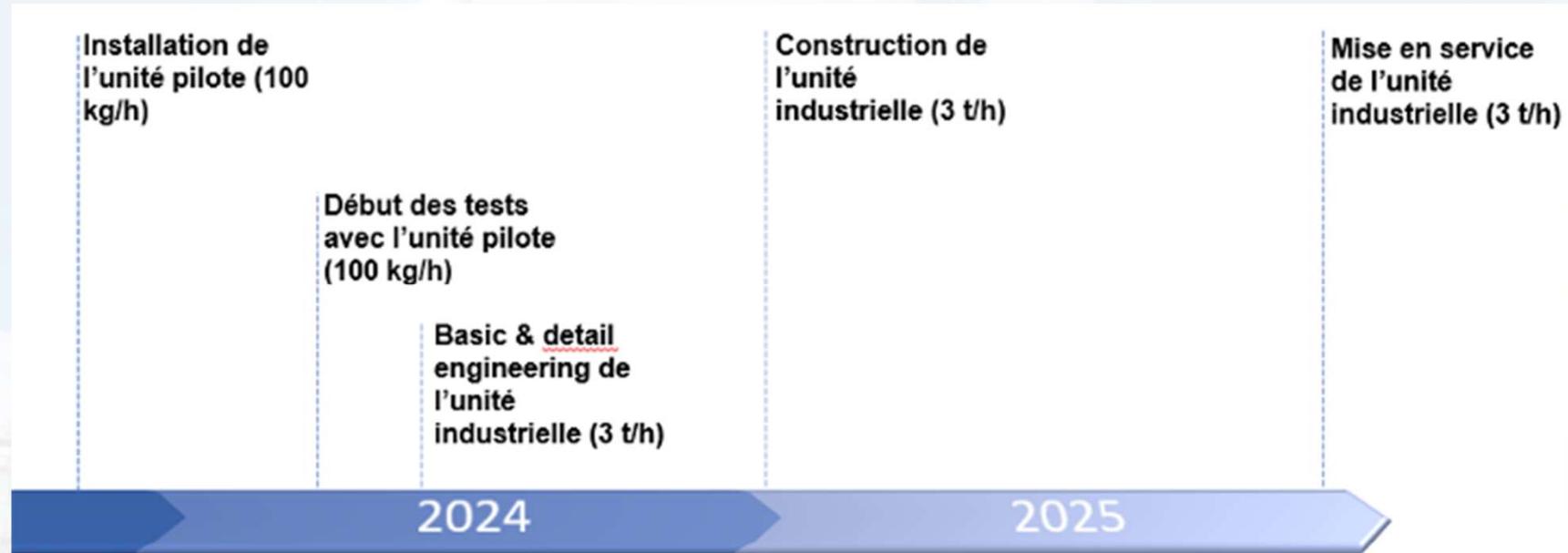
2024 Réalisation pilote mobile avec mise à disposition à des clients pour
tester leurs intrants + Acquisition du savoir-faire (constructeur)

2025 Réalisation d'un démonstrateur industriel (~ 2 t/h)

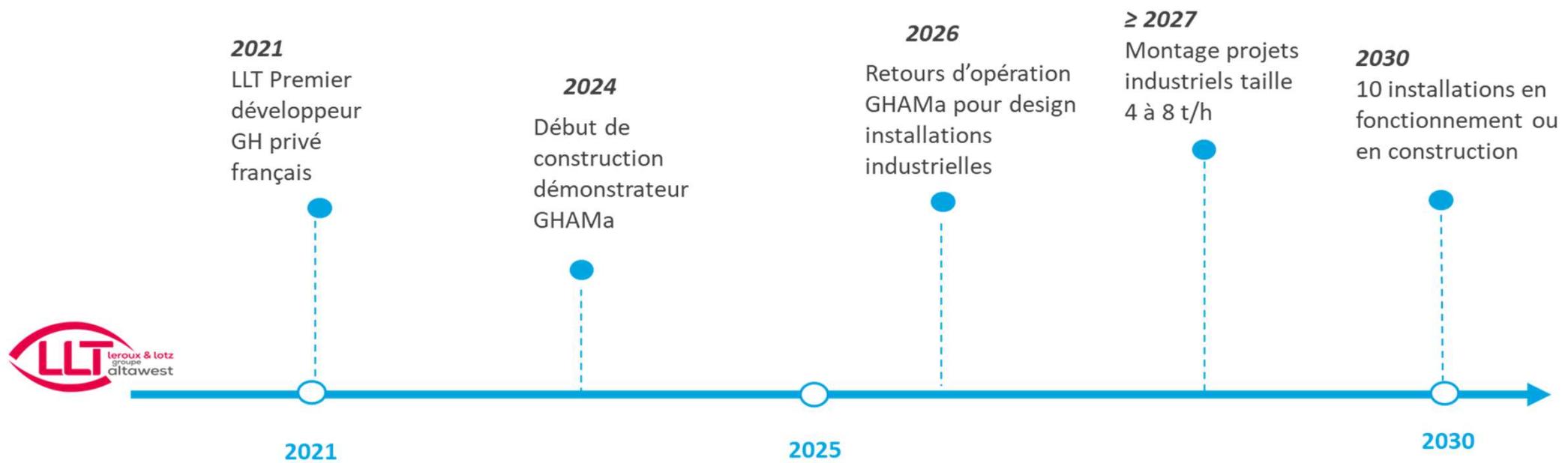
2026 Développement commercial (échelle industrielle)
au niveau européen

2030 Réaliser 60 projets GH en France et Europe

Feuille de route



Notre feuille de route GH



- 1^{ère} cible boues STEP; ensuite déchets organiques industriels
- Clients : industriels de l'eau, collectivités, industries agro-alimentaires.
- Modules gazéifieur de taille 4 à 8 t/h

Table ronde « Demande »

Quels sont les premiers acteurs intéressés par la GH ? Comment la GH répond-t-elle à leurs besoins ?



Flavie Bilheur
Directrice
Transition Écologique et Climatique



Serge Chouffeur
Responsable
Projets Site & Infrastructure



Benoit Lalizel
Directeur
Développement Industriel



C'est ensemble
que nous avançons.

Présentation de la CARENE

- Près de 130 000 habitants
- Un **environnement sensible** : estuaire, marais, littoral qui donne une responsabilité à agir pour le préserver
- Un **tissu industriel dynamique et énergo-intensif**



Démonstrateur industriel GHAMa (2 t/h)

Au sein d'un éco-parc tourné vers la transition énergétique



Le projet GHAMa pour la CARENE

- Répond aux objectifs ambitieux du Plan Climat :
 - réduction des GES (-50%/hab/an en 2030)
 - production d'énergie renouvelable
 - économie de la ressource en eau
 - économie circulaire / écologie industrielle et territoriale (EIT) sur la ZIP depuis 2014
 - réduction des polluants
 - augmentation qualité de l'eau et des sols
 - innovation et expérimentation
- Anticipe la réglementation en matière de valorisation agronomique des boues de STEU

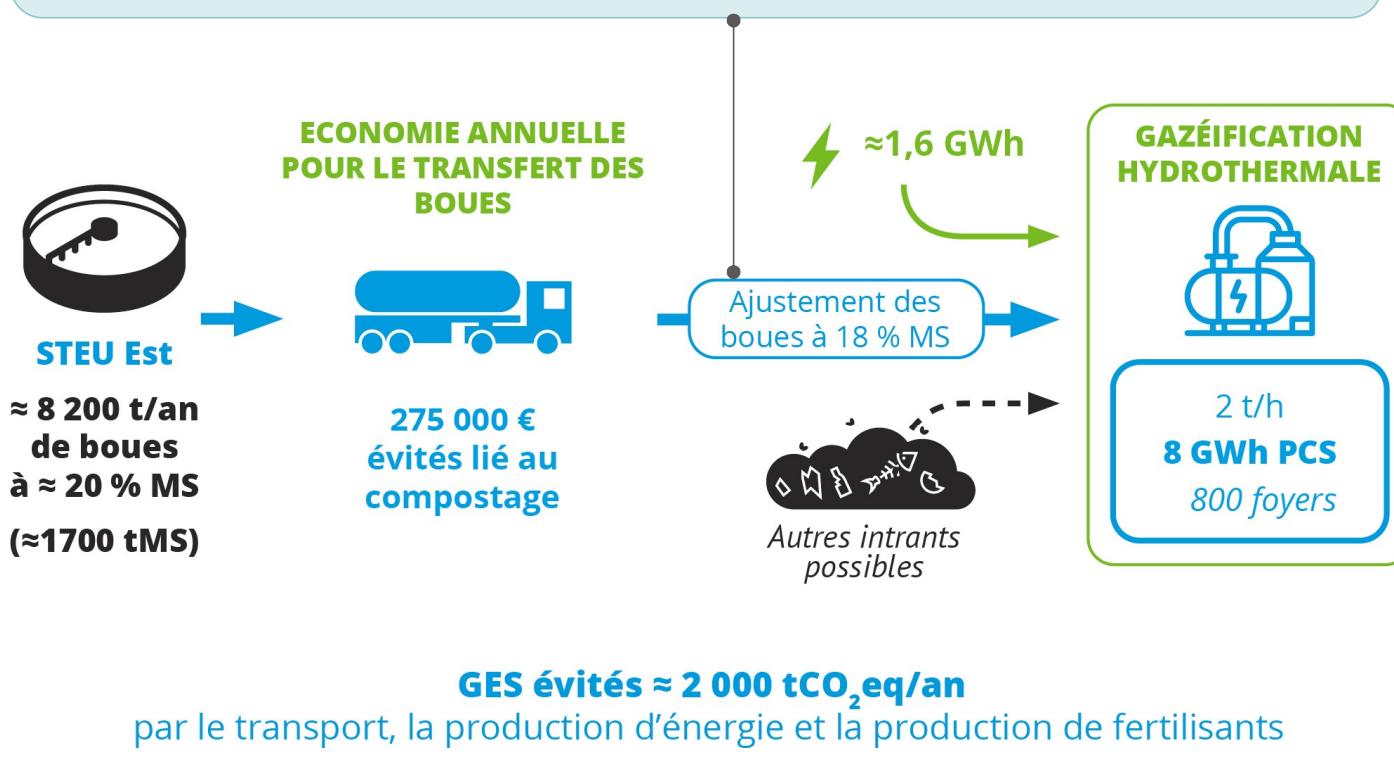


Bilan environnemental

Cas du traitement des boues de la STEP Est de la CARENE

Une valorisation constraintes des boues d'épuration municipales

- 70% des boues actuellement valorisées par retour à la terre
- Un déchet fortement humide (~20%MS)



Les activités d'Arkema

Définition et pilotage de projets liés à la gestion des utilités, des déchets et de l'eau

- Activité Arkema Carling Saint-Avold : production d'acide Acrylique et dérivés (esters, super absorbant)
- La production d'acrylates génère des sous-produits (« Lourds Acryliques ») : un volume total d'environ **10 000 t/an** de composés organiques.
- Actuellement une partie est valorisée en **production de vapeur** sur site et une partie en **valorisation externe avec des émissions de CO2** et des coûts logistiques.

La décarbonation de ses activités

Dans le cadre de la démarche de réduction des impacts du groupe Arkema, quelle solution dans 10 ans pour ces sous-produits ?

Gazéification hydrothermale

- ❖ Réduction du CO2
- ❖ Solution implantable sur site pour supprimer le logistique
- ❖ Avancement : premiers essais pilote laboratoire positif (kg)

Feuille de route du développement

2023 : Essai pilote sur un volume plus important (tonne)

5 ans : Démonstrateur sur site (centaine de tonne)

10 ans : Unité industrielle (milliers de tonne)

- **Partage au niveau groupe en cours de structuration pour identifier d'autres applications potentielles**

CRISTAL UNION

Présentation de Cristal Union

- Cristal Union est un groupe coopératif spécialisé dans la transformation de la betterave en sucre et alcool
- Dans ses activités, Cristal Union est un grand consommateur d'énergie et cherche à décarboner.
- L'enjeu de la décarbonation est un enjeu majeur pour l'entreprise.
- Le procédé sucrier est basé sur l'extraction du saccharose de la betterave et génère des co-produits riches en MO tels que la pulpe, les écumes et la mélasse.
- Le procédé de fermentation transforme le sucre en alcool et génère également des co-produits tels que la vinasse.

CRISTAL UNION

Enjeux de la Gazéification Hydrothermale pour CU

- La composition chimique des vinasses de distillerie provoque des inhibitions pour la méthanisation, par contre cette composition est une intéressante pour la GH.
- Aujourd’hui seuls les sels présents et surtout la potasse sont valorisés auprès des agriculteurs.
- La GH permet la valorisation de la MO sous forme énergétique, la récupération des sels qui continueront d’être valorisés auprès des agriculteurs, et la récupération de l’eau. Cela s’inscrit parfaitement dans l’économie circulaire.
- La quantité de vinasse valorisée pourrait permettre de fournir une énergie décarbonée et assurer l’autonomie énergétique d’une distillerie.

Les attentes

- Développement de la technologie pour aboutir à une unité industrielle.
- La mise en place d’un cadre réglementaire permettant d’assurer la décarbonation de l’activité
- La mise en place d’aides pour limiter le risque pour le développement des premières unités.



Merci pour votre attention
Des questions ?