



Gazéification Hydrothermale :

Une technologie prometteuse pour le traitement et
la valorisation des déchets organiques

27/05/2025

Intervenants



Robert MUHLKE

Directeur produit GH (NaTran)
+ Pilote du GT GH



Pierre-Emmanuel PARDO

Innovation Manager



Katerin PAEZ

Chargée d'études



Khaled LOUBAR

Associate Professor



Martin DEVYVER

Secrétaire Général

naTran



Sommaire

- NaTran: Introduction et actualités récentes sur la GH
- SUEZ : Un nouveau développeur français de la technologie GH
- IMT–S3D: LabCOM, une collaboration R&D sur la GH
- ADELE: Etudes ZIBAC Sud Estuaire

Introduction et dernières actualités sur la gazéification hydrothermale



Robert MUHLKE

Directeur produit GH (NaTran) +
Pilote du Groupe de Travail national GH (GT GH)

naTran



Le développement industriel de la technologie GH progresse à grands pas!

Des avancées technologiques remarquables réalisées depuis 2024



SCW Systems

- Projet industriel Alkmaar 1 : 16 t/h
- Projet industriel Alkmaar 2 : 40 t/h (en cours)



SUEZ

- Prototype : 5 kg/h
- Pilote : 150 kg/h (en cours) (en cours de développement)



Leroux & Lotz Technologies

- Prototype : 10 kg/h (en cours)
- Démonstrateur industriel (projeté)



CEA Lifen

- Prototype : 10 kg/h



CADE

- Pilote : 100 kg/h
- Démonstrateur industriel (projeté)

Procédé à haute température

T : 550 à 700°C
P : 260 à 350 bar

Procédé catalytique

T : 360 à 400°C
P : 210 à 280 bar

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

- Pilote : 100 kg/h



Paul Scherrer Institut (PSI)

- Prototype : 1 kg/h
- Pilote : 110 kg/h (avec TreaTech)



TreaTech

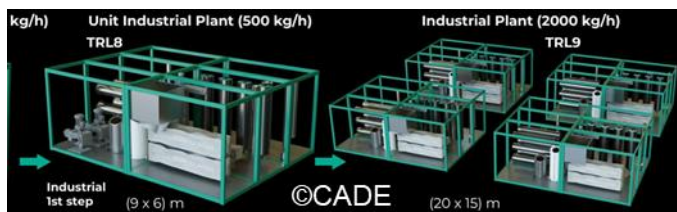
- Plusieurs prototypes (2018 - 2023): 1 kg/h
- Pilote (2024): 200 kg/h



SUEZ PRESENTE LE GH LAB



Le plus grand laboratoire de Gazéification Hydrothermale en continu



naTran

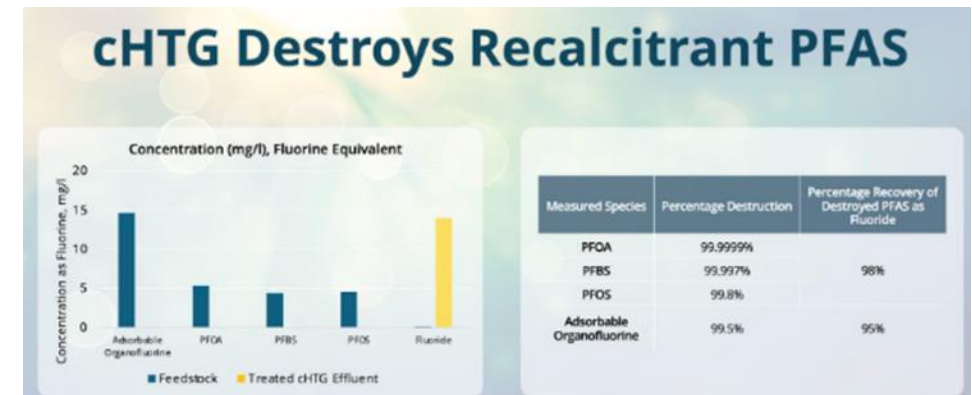
Actualités récentes de la filière GH

Spécifiques aux développeurs:

- SUEZ (F) : nouveau développeur français de la GH
- CADE (E) : 1^{er} développeur capable de **charger, directement et sans mélange préalable à l'eau, son gazéifieur avec des déchets « 100% secs » !**
- SUEZ comme CADE: sont les premiers acteurs développant en parallèle des **2 familles de techno GH !**
- TreaTech (CH) : son installation pilote « mobile » VISTA (200 kg/h) est en phase de démarrage intensif !
- CEA Liten (F) : a développé un **nouveau concept de séparateur de sels** et un **nouveau système d'injection des boues à haute siccité (22%)**

2 nouveaux atouts majeurs pour la GH :

1. Une **capacité de décarbonation d'au moins 80% de l'empreinte carbone possible avec un intrant biomasse**
2. **TreaTech (CH)**, appuyé par Montrose Environmental (EU), a su démontrer lors de tests de conversion sur des déchets enrichis en PFAS que:
 - Son procédé GH à catalyse est capable d'éliminer > 99,8 % des PFAS (PFOS, PFOA et PFBS) !



⇔ un potentiel « gamechanger » pour la filière GH !



liten



Les projets recensés couvrent tout le territoire métropolitain + représentent une grande diversité d'acteurs et de déchets

Une **mobilisation multisectorielle** qui témoigne d'une
dynamique de filière prête à faire sortir de terre les
premiers projets industriels dès 2027

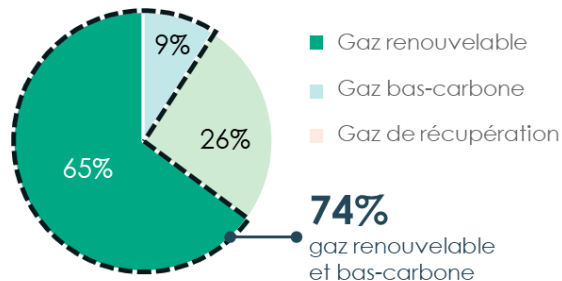
400 kt MS*/an,

Soit **1,25 millions t MB**/an** de déchets mobilisés
par les projets recensés

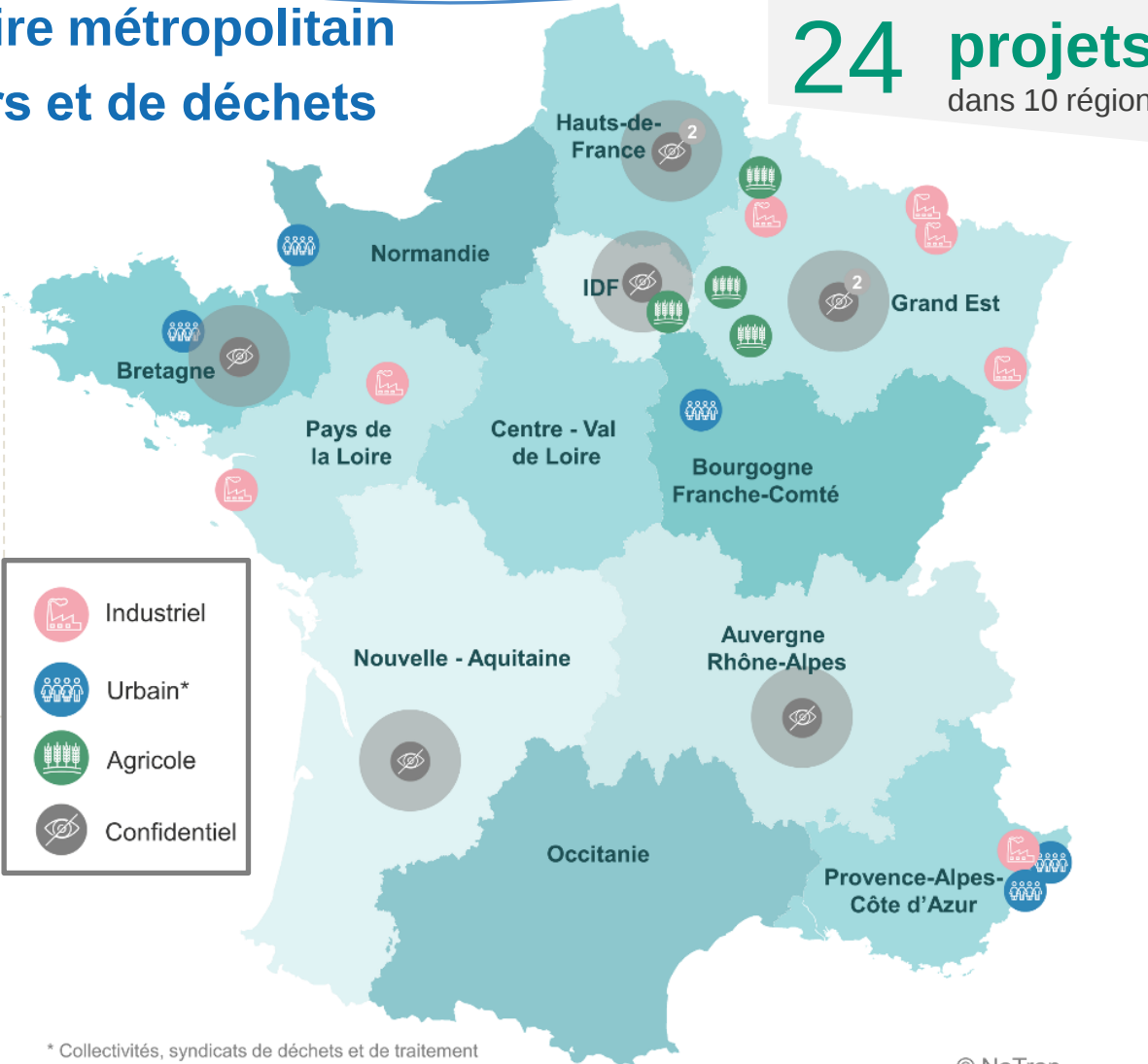
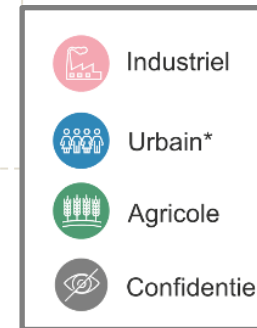
16 différents types
d'intrants dont

73% d'origine
biogénique (*)

**Une capacité
de gaz
injectable de
2 TWh/ an**

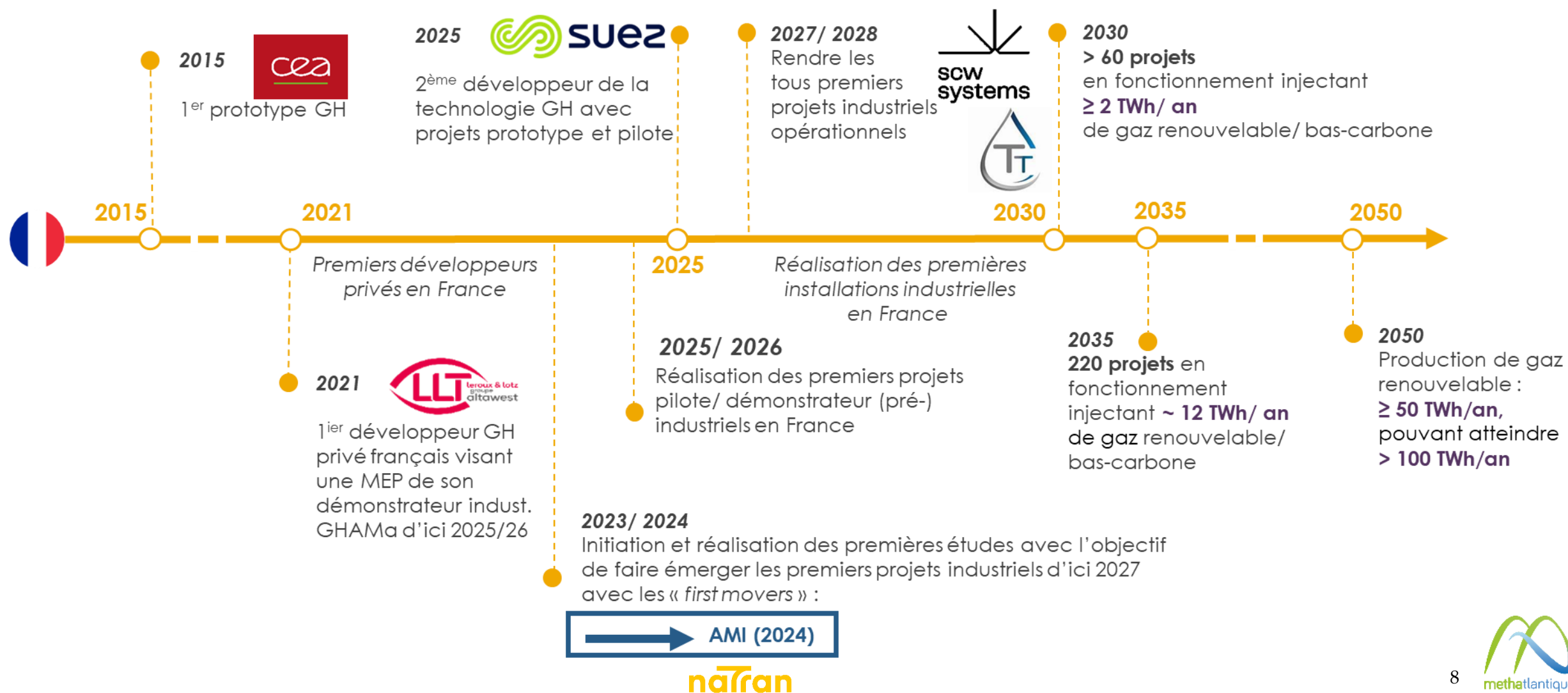


Avec une **majorité**
des porteurs de projets issus
du **secteur industriel** et en particulier des
secteurs **chimie et agro-alimentaire**



* Collectivités, syndicats de déchets et de traitement
des eaux usées, gestionnaires privés de déchets, etc.

La feuille de route de la filière GH française d'ici 2030/2035 et 2050



Besoin de mécanismes de soutien pour l'émergence industrielle de la filière GH

avec des premiers pilotes/ démonstrateurs industriels et des premiers projets industriels soutenus dès 2025 !

Réalisés entre 2026 et 2029

Réalisés dès 2027/28

Réalisés après 2028



Des **projets démonstrateur** de
taille industrielle dès 2025 ->
atteindre TRL 9 d'ici 2028 !

4 premiers **projets de taille industrielle**
avec des déchets simples issus
des secteurs industrie, urbain et agricole

Le démarrage des projets avec
des intrants plus complexes et des
projets de tailles plus importantes



**Optimiser la technologie et
savoir produire du
méthane de synthèse**

**Aides CAPEX
dès la phase d'études.**



**Capacité globale de production globale
ciblée: 300 GWh PCS/ an**

**Aides CAPEX dès la phase d'études
+ contrats d'expérimentation
(rémunération du gaz injecté)**

naTran

**Capacité de production
globale: 1 700 GWh PCS/an**

**Appels d'offres publics
(secteurs urbain + agricole)
+ quota CPB GH (tous)
+ contrats BPA (industrie)**

Projet d'intégration du GT GH au sein de Biogaz Vallée avant fin 2025

Le Groupe de Travail national
Gazéification Hydrothermale (GT GH) ...

... cherche à rendre plus solide sa démarche
comme nouveau pôle d'activités de Biogaz Vallée !

Initié par NaTran fin 2020,
le Groupe de Travail national GH vise à **fédérer tous les
acteurs intéressés** par la technologie GH dans le but
de **faciliter la mise en œuvre d'une filière industrielle**
et de **premiers projets industriels d'ici 2027/ 2028** en France.



50+
Membres



naTran

SUEZ : Un nouveau développeur français des technologies GH



Pierre-Emmanuel PARDO
Innovation Manager



SUEZ Biofactory® : CREATING CYCLES. FOR LIFE.

Une Biofactory® doit
produire plusieurs services,

3 au moins
Parmi :



ENERGIE
Production



EAU
Ré-utilisation



NUTRIMENT
Récupération



BIOSOLIDS
Ré-utilisation

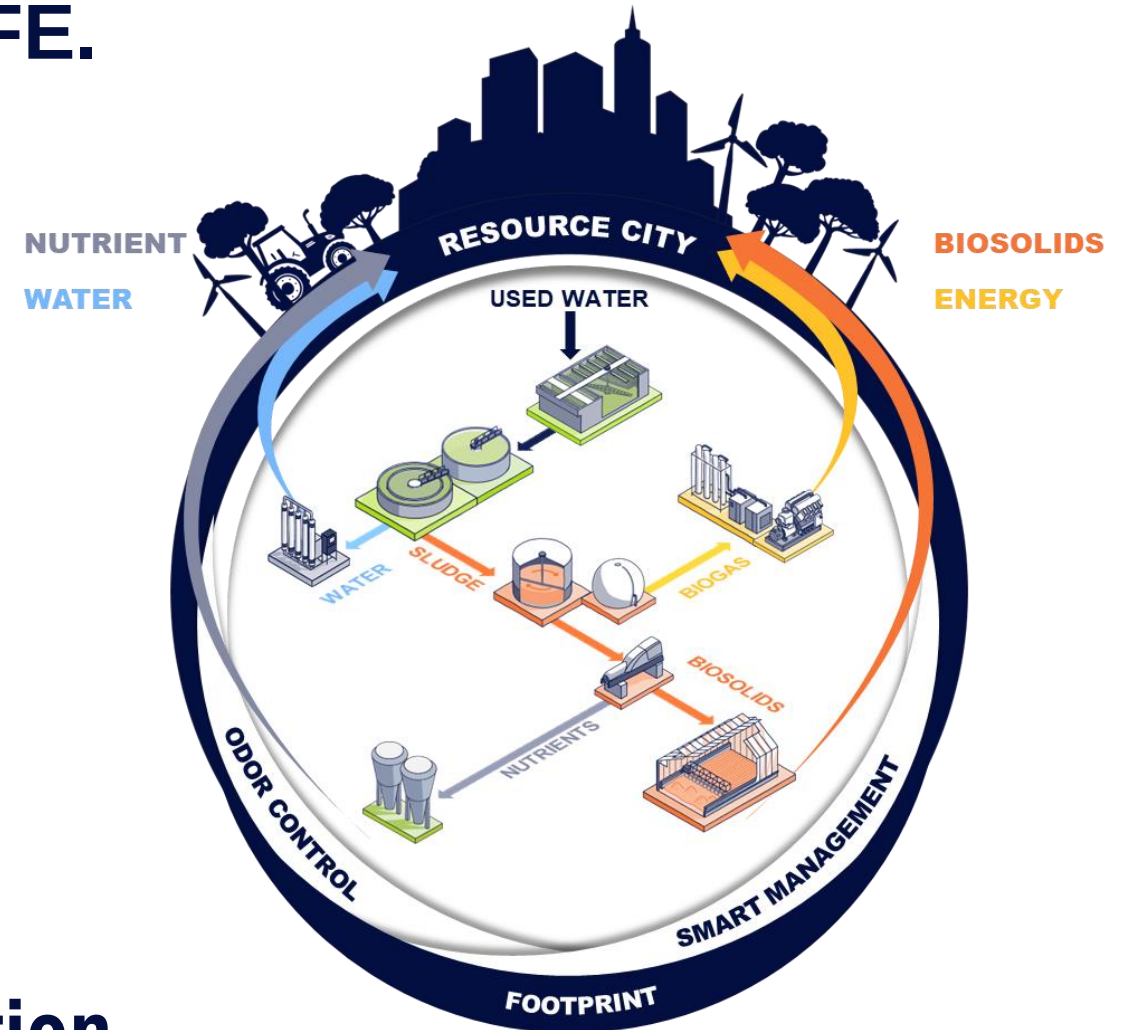


CO₂
Récupération



H²G

Holistic Hydrothermal Gasification



Transformation de la matière organique

Pourquoi la Gazéification Hydrothermale ?



- **Charbon :**

- Procédés matures à SUEZ (Bois / déchets).
- Séquestration du carbone, pas ou peu de valorisation (Huile de pyrolyse)

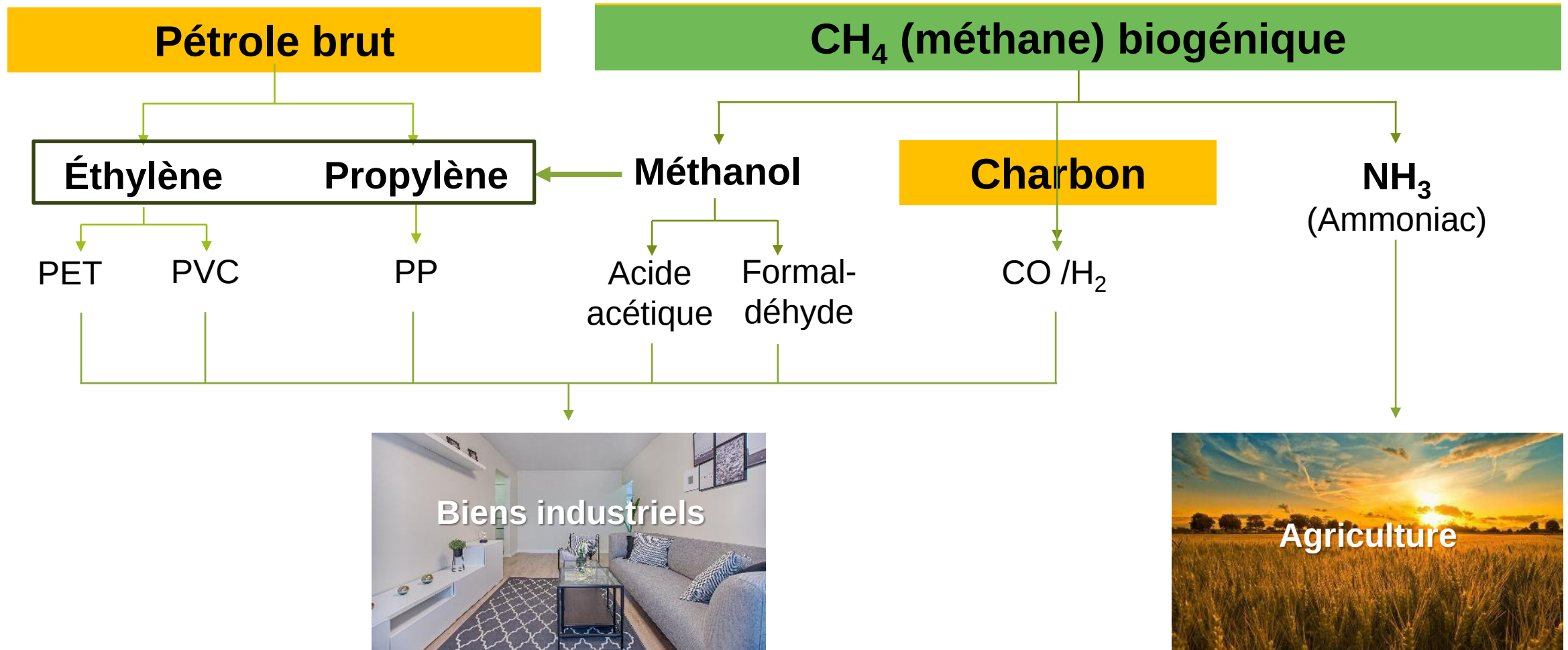
- **Pétrole :**

- Trop de mélange de produits. Seul cas d'application : proche d'une raffinerie existante qui absorberait avec du pétrole fossile le produit de liquéfaction.

- **Gaz :**

- Méthane une molécule versatile : peut remplacer le charbon, le pétrole pour fabriquer tous les matériaux de l'industrie.

Le marché du carbone en tant que molécule : 1 milliard de tonnes/an



Plan de développement gazéification hydrothermale de SUEZ

- **Partenariat de co-développement?**
 - Pas su faire
- **Un GH-LAB en continu de 15 kg/ h**
 - Exploité avec le CNRS spécialisé dans les fluides supercritiques.
 - Démarrage 2023
 - Avec l'aide de l'Agence de l'Eau Seine Normandie
 - Objectifs : Etudes paramétriques / Vision holistique
- **Un pilote industriel 150 kg/ h :**
 - Prévu à Saint Selve pour démarrer en 2026.
 - Achat de 80% des équipements.
 - Objectifs : coûts de construction, exploitabilité, industrialisable à un coût raisonnable
- **Une unité industrielle / Démo unit: 500 à 1.500 kg/h :**
 - Pour permettre à SUEZ de s'engager sur des garanties long terme
 - Objectif : donner ces garanties pour 2030.



GH-LAB en continu de 15 kg/ h

Comment faire pour développer la technologie GH?

- **Obtenir un contexte réglementaire adapté à la technologie**
 - Ce n'est pas un simple « traitement thermique »
 - Ce n'est pas une incinération !!
- **Valoriser les externalités positives :**
 - Obtenir un statut favorable au recyclage du carbone (statut du carbone fossile recyclé à définir)
 - Obtenir l'introduction d'un azote recyclé dans les engrais
 - Obtenir l'introduction d'un phosphore recyclé dans les engrais.
- **Réindustrialiser la France et l'Europe :**
 - Créer un écosystème d'ingénieries / de constructeurs / d'équipementiers d'aciers spéciaux (Inox,)

LabCOM: une collaboration R&D sur la GH



Katerin PAEZ
Chargée d'études



Khaled LOUBAR
Associate Professor



Contexte :

- PPE3: Objectif d'injection de biométhane de 44 TWh/an d'ici 2030 dans le projet de décret pour la Programmation Pluriannuelle de l'Energie
- Déchets d'intérêts pour la production de biométhane et gaz bas-carbone encore pas, peu ou insuffisamment valorisés via des procédés de conversion existants
- Difficulté de définir la/ les meilleure(s) voie(s) de valorisation (manque de données, REX)



Objectif commun :

Elaborer un outil d'aide à la décision permettant de réaliser des diagnostics objectifs selon la nature de l'intrant et la valorisation des produits attendue. Cet outil intégrera des résultats expérimentaux.



Développement d'un LabCom

Labcom :

Partenariat de **recherche public/privé** de grande envergure avec un **investissement humain** et **financier** conséquent. Les deux parties mettent en commun leurs moyens et compétences dans le but d'élargir les champs de recherche et de favoriser le transfert de technologie



- *une gouvernance commune,*



- *une feuille de route de recherche et d'innovation,*



- *des moyens de travail permettant d'opérer en commun la feuille de route,*



- *une stratégie visant à assurer la valorisation du travail partenarial par l'entreprise ,*

Labcom « COMPPIT » :

*COnception de Modèles Prédicatifs des Productibles Issus
des procédés de conversion Thermochimique*



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom



s3d

L'énergie des déchets

Axes de recherche :

1. Développement d'un outil numérique de simulation et de prédiction des rendements et de la répartition des productibles
2. Conception et le développement d'un pilote de gazéification hydrothermale (fonctionnement en continu)

Année
2025

Année 3

- *Tests et Optimisation du modèle de prédiction*

Année
2028

Années 1 & 2

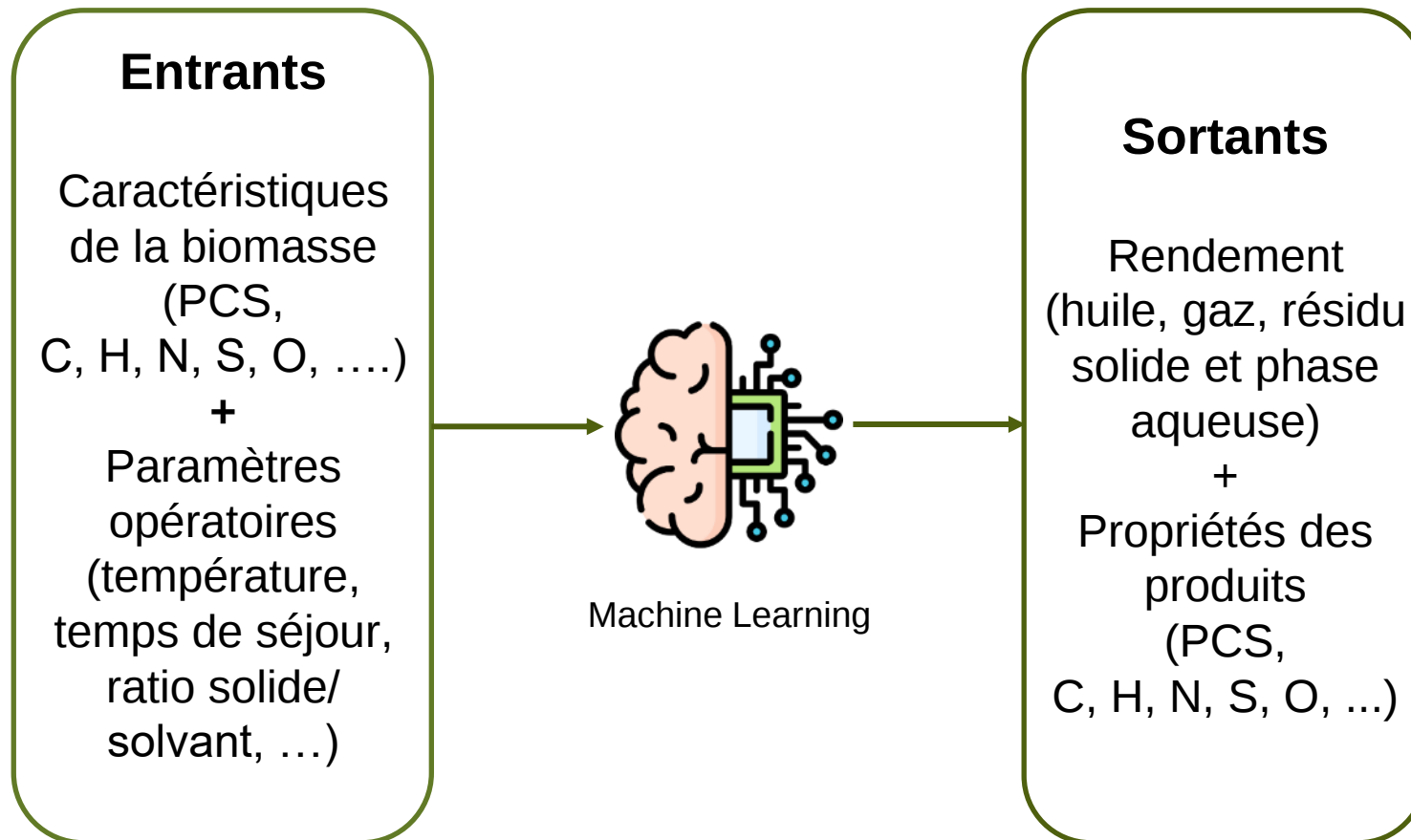
- *Développement des méthodes*
- *Campagnes expérimentales*
- *Caractérisation des intrants et des produits*
- *Développement d'un modèle de prédiction*

Année
2027

Année 4

- *Exploitation du modèle et Prestation d'aide à la décision*

1. Un outil prédictif par IA pour la LH (et demain pour GH)



- Modèles entraînés sur des données expérimentales (littérature et expériences internes).
- Prétraitement: sélection des variables et normalisation
- Algorithmes: NNR, GAM, SVR, GPR, Random Forest....
- Validation croisée
- Sélection du meilleur modèle selon REQM et R-carré

Premiers résultats prometteurs, vers un outil généralisable



Base de données actuelle :
98 expériences (internes + bibliographie)



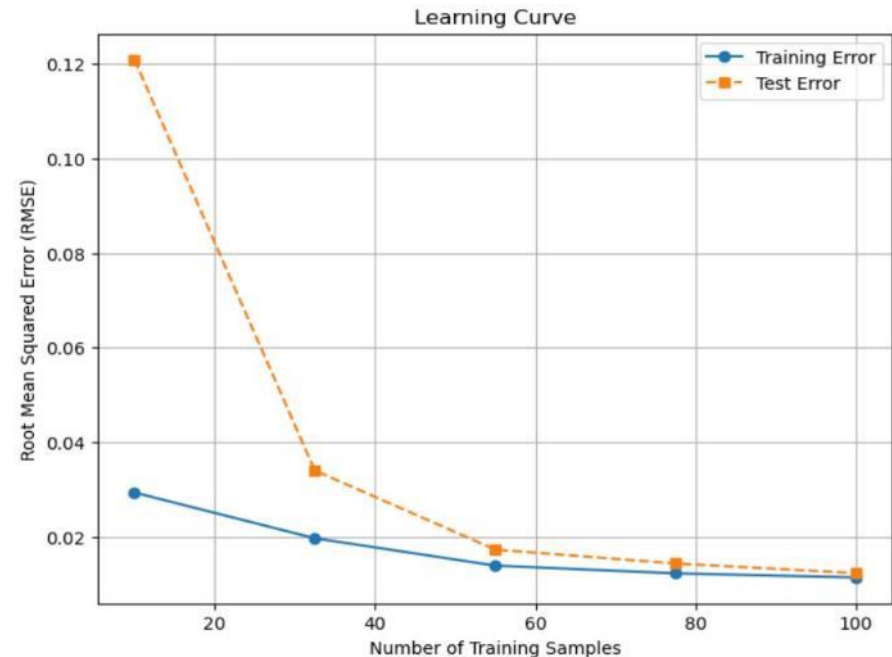
Algorithme appliqué: NNR (réseaux des neurones)
En cours : comparaison avec d'autres algorithmes
(GAM, SVR, etc.)



Score R-carré pour le rendement bio-huile: 0,9919
Erreur moyenne: 0,0125



Les variables les plus influentes:
Pression, Composition élémentaire,
Température et Temps de séjour



Finalisation du développement
Enrichissement de la base de données
Extension du modèle à la GH
Développement d'une interface utilisateur

2. Partenariat « Gazéification hydrothermale »



Partenariat afin de déployer un pilote commun de GHT dans le cadre des axes de recherche de ce LabCom

- Résultats incrémentés dans le modèle de prédiction du Labcom
- Test de différents intrants indépendamment de la technologie de GHT (catalytique ou HT)
- Test de différents intrants et caractérisation des produits



Labcom « COMPPIT » :

*Conception de Modèles Prédicatifs des Productibles Issus
des procédés de conversion Thermochimique*



Ouverture possible du partenariat

Etudes ZIBAC Sud Estuaire



Martin DEVYVER
Secrétaire Général



Un collectif **public-privé**



Une **volonté politique** de soutenir la transformation industrielle du territoire



Le soutien de l'Etat
(ADEME) via
France 2030 et ZIBaC



Une **volonté industrielle** de lancer la dynamique de décarbonation

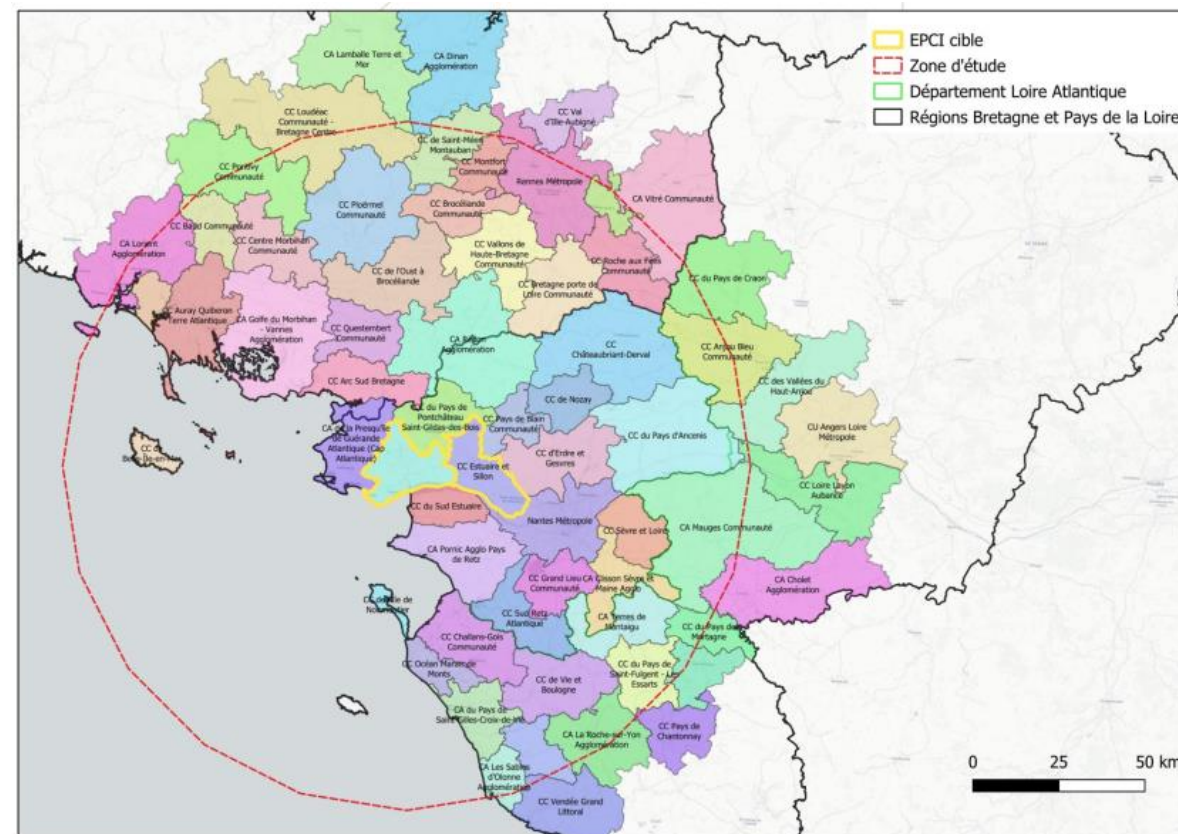
Etude Biomasse – en cours

pilotage EDF

Déterminer les besoins et gisements mobilisables pour une valorisation énergétique

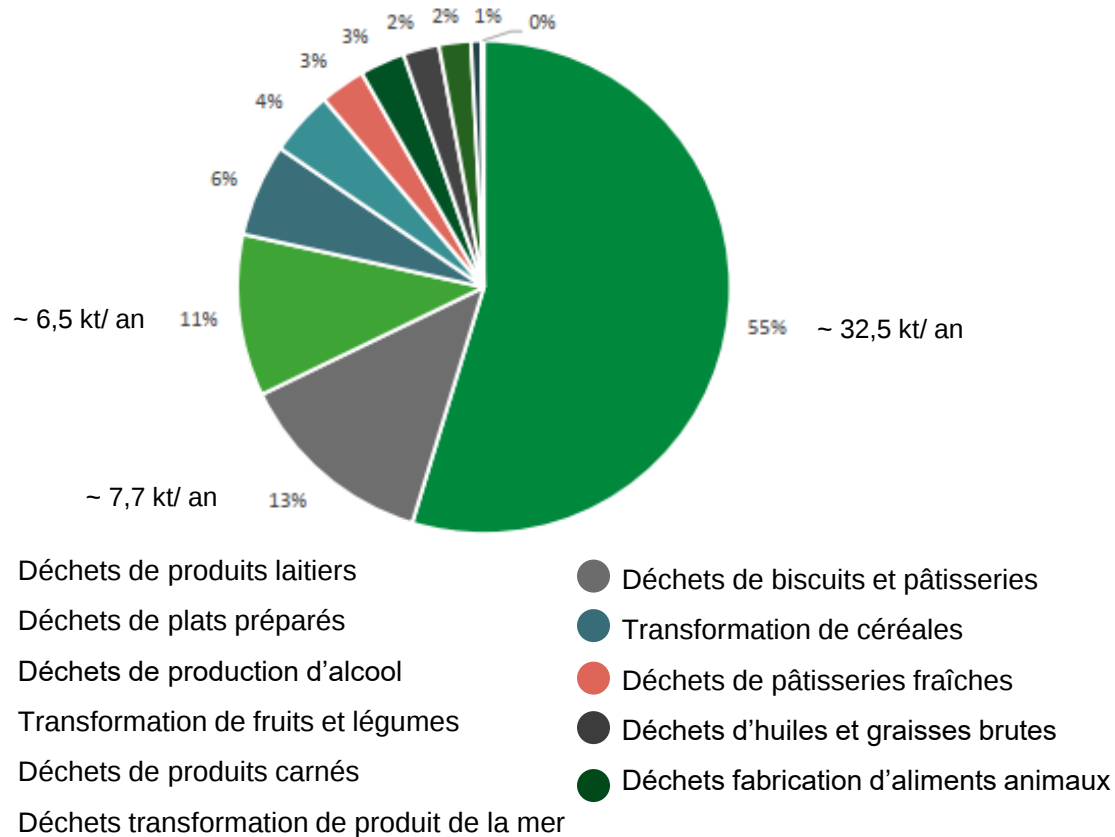
Trajectoire de décarbonation du territoire 2030, 2040, 2050 par valorisation des gisements :

- Agricoles
- De déchets organiques des collectivités (biodéchets et assainissements)
- **Des industries Agroalimentaires**
- **Déchets dangereux**
- Bois B
- CSR
- Bois forestier et bocager



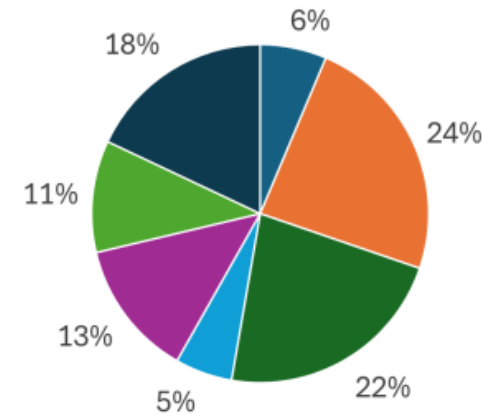
Etude gisements d'intrants – en cours

IAA: ~ 59 kt brut/an de déchets



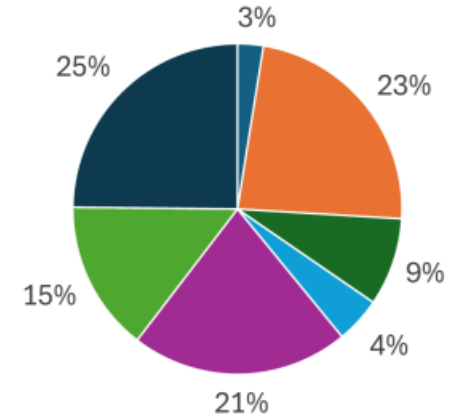
Déchets Dangereux: ~ 300 kt brut/an de déchets

Traitement DD en PDL + Bretagne : 299 800 t/an



- Boues industrielles
- Déchets autre
- Effluents aqueux
- Emballages
- Huiles/ graisses/ combustibles
- Effluents organiques non halogénés
- Effluents organiques halogénés

Traitement DD en PDL + Bretagne : 1 175 GWh/an



Loire Estuaire Décarbonation

Etude Gazéification Hydrothermale

En recherche de partenaires

Etude Gazéification Hydrothermale

Etape 1 : Stratégie pour le déploiement d'une installation industrielle

1. Tester les intrants

- Phase 1 : construction d'une méthodologie et guide pratique
- Phase 2 : tester un panel d'intrants

2. Recueil des initiatives

- Sur le territoire : GHAM@, projets de démonstrateurs, autres
- En France et en Europe : recenser et caractériser les équipementiers, les installations GH existantes

3. Diagnostic de l'écosystème

- Analyse SWOT sur le déploiement d'une unité industrielle
- Prérequis et plan d'actions pour aller vers une unité industrielle

Etape 2 : Etude de déploiement d'une unité industrielle

Etude de pré-faisabilité d'une unité

- Dimensionnement de l'installation
- Gestion logistique des intrants
- Plan d'installation
- Estimation CAPEX / OPEX

Etude des conditions de développement

- Business plan
- Externalité
- Analyse foncière approfondie

Merci de votre attention !

Avec-vous des questions ?



Robert MUHLKE
Directeur produit GH (NaTran)
+ Pilote du GT GH



Pierre-Emmanuel PARDO
Innovation Manager



Katerin PAEZ
Chargée d'études



Khaled LOUBAR
Associate Professor



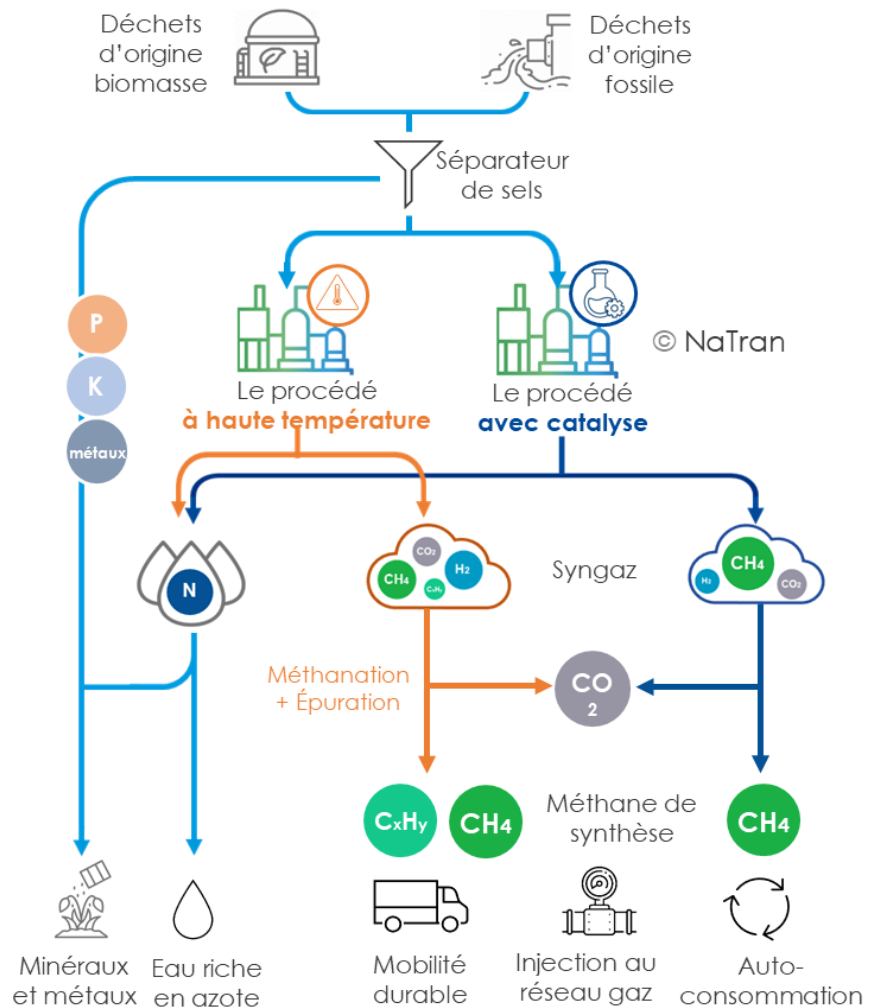
Martin DEVYVER
Secrétaire Général

naTran



Annexe

Fonctionnement de la Gazéification Hydrothermale



2 points indispensables à l'intérieur du procédé

- Présence de l'eau à l'état supercritique (374°C et 221 bar)
- L'intrant doit être pompable (**): sa viscosité est clé !

Les principaux atouts de la GH

- Rendement énergétique élevé: 75% à 85%
- Conversion carbone très complète: > 85 à 99%
- Élimination des produits pathogènes et PFAS
- Récupération de minéraux, métaux, azote et eau
- Suppression des déchets ultimes + conversion de plastiques
- Installation compacte et modulaire
- Polluants atmosphériques: pas de NOx, CO, particules !

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%

(* valeurs avec catalyse au ruthénium)

(** hors famille de procédé GH de CADE sachant injecter un intrant sec)

La gazéification hydrothermale s'adresse à un panel d'intrants très diversifiés

À ce jour, plus de 100 types de déchets organiques d'origine biogénique et fossile ont déjà été testés avec succès ...

Déchets agricoles



- Lisier/ fumier d'élevage (porc, bovin, ..)
- Micro-/Macroalgue
- Déchets de légumes, fruits, pommes de terre, céréales, ...
- Peaux de banane, orange, citron, ...
- Digestats issus de méthanisation
- Déchets liés à l'élevage (lait, fromage, viande,)

Gaz
renouvelable

Déchets municipaux



- Boues de STEU + graisses
- Fraction organique souillé ou polluée des déchets municipaux
- Déchets alimentaires issus de la restauration (cantines, restaurants)
- Déchets chimiques et plastiques (solvant, peinture, plastiques non recyclables ou souillés, ...)
- Sciure, poussières et particules de bois
- ...

Gaz
renouvelable
+

Déchets industriels



- Boues de STEP industrielles (polluées)
- Déchets issus d'usines chimiques (acide acrylique, solvant, monomères, etc.) et pétrochimiques
- Déchets de l'industrie papier
- Déchets issus de différents secteurs industriels (peinture, vernis, encre, ...)
- Déchets de plastique et de papier (kraft) non recyclables
- ...

Gaz bas-
carbone
+

Déchets industries agro-alimentaires



- Déchets issus de la production de biocarburants (glycérol, ester, ...)
- Résidus de graisses, huiles,
- Déchets animaliers yc poissons
- Déchets de transformation de lait, café, céréales, pommes de terre, betteraves ... en produits industriels
- dont vinasse, mélasse, drèche (distillerie)

Gaz de
récupération