



CEA, acteur R&D en soutien de la filière française de la gazéification hydrothermale

Sébastien QUENARD

sebastien.quenard@cea.fr

Chef de projet Gazéification Hydrothermale



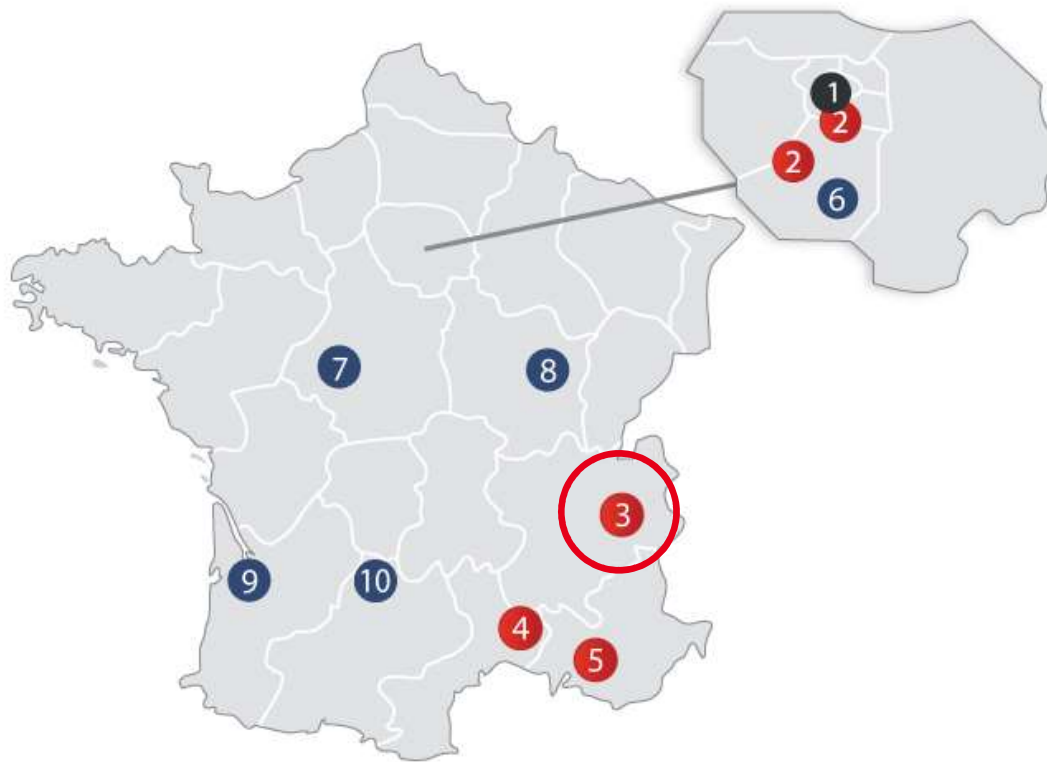
Sommaire

- 1. Positionnement de cette activité au sein du CEA**
- 2. Description du projet GAZHYVERT / Verrous technologiques**
- 3. Caractérisation des boues de STEP**
- 4. Etudes et réalisation en cours (Equipements et innovation)**
 - Dispositif d'injection de boues de STEP
 - Système de séparation des sels inorganiques
 - Etudes de cinétique
- 5. Premiers essais de gazéification hydrothermale avec les boues de STEP comme intrants et perspectives**



1 ■ Positionnement de cette activité au sein du CEA

Carte d'implantation du CEA



1 SIÈGE SOCIAL

CENTRES D'ÉTUDE CIVILS

- 2 Paris-Saclay
établissements de Fontenay-aux-Roses
et de Saclay
- 3 Grenoble
- 4 Marcoule
- 5 Cadarache

CENTRES POUR LES APPLICATIONS MILITAIRES

- 6 DAM Ile-de-France
- 7 Le Ripault
- 8 Valduc
- 9 Cesta
- 10 Gramat

Le Liten en bref



1000
Salariés



160 M€
Budget



+ 200
Partenaires industriels



200
Publications/an



180
Doctorants
et post-doc



12
Plateformes



+ 200
Projets
institutionnels



+ 1 900
Familles de brevets
en portefeuille

4
Départements



DTS
solaire & réseaux
Chambéry / Cadarache
≈ 300 personnes



DEHT
Électromobilité
Grenoble
≈ 250 personnes



DTNM
**Matériaux avancés
et électronique
structurale**
Grenoble
≈ 200 personnes

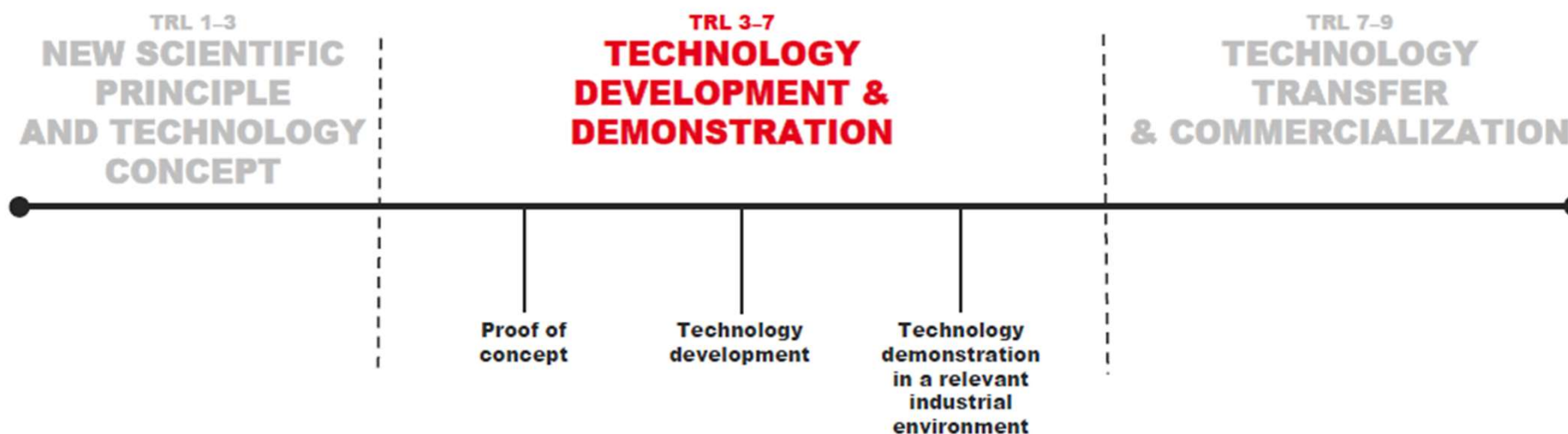


DTCH
**Ingénierie thermique,
hydrogène,
bioressources**
Grenoble / Chambéry / Cadarache
≈ 250 personnes



What is **technology research** at **CEA**?

Nous développons des **innovations au service des industriels**. Nous concentrons des **expertises de pointes** et des **moyens expérimentaux** représentatifs de la production industrielles (jusqu'à des lignes pilotes) pour **faciliter la maturation technologique** et **dé-risquer au maximum le transfert technologique** vers nos partenaires industriels qui peuvent ainsi finaliser les développements et passer au ramp-up.





Contexte

- **Gazéification hydrothermale** (650°C / 300 bar) : procédé thermochimique pour traiter et valoriser les déchets organiques humides sous forme de gaz (ex : biométhane)
 - Utilisation des propriétés de l'eau supercritique avec ou sans catalyseur
 - Conversion élevée du carbone (>90%), dont microplastiques
 - Haut rendement énergétique global (>70%)
 - Elimination des bactéries, virus et pathogènes
 - Récupération de sels minéraux (N, P, K...) valorisables – Eau recyclée / Eau industrielle
- En France, **GRDF** soutient l'émergence d'une filière de **production de méthane** par gazéification hydrothermale à partir de biomasse ou déchets comme les **boues de STEP**

Notre laboratoire développe et met en œuvre des procédés de gazéification hydrothermale depuis 2011 et étudie la conversion des boues de STEP depuis 2017

Installations expérimentales

Continuous pilot
400-700°C - 300 bar - 1-10 L/h

Autoclaves « batch » (2011)



Pilote GASEAU (2016)



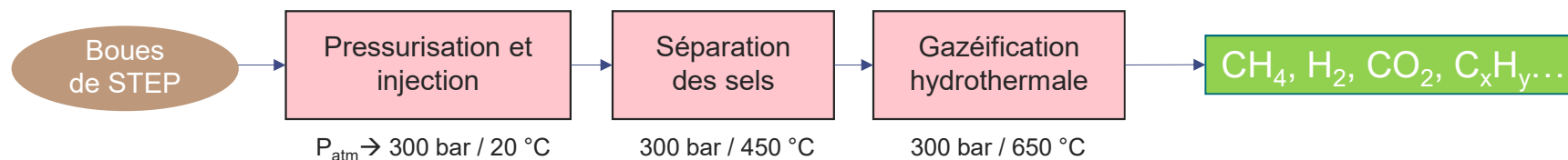


2. Description du projet GAZHYVERT Verrous technologiques

Projet GAZHYVERT



Plusieurs **verrous technologiques** rendent difficiles le développement du procédé à l'échelle démonstrateur

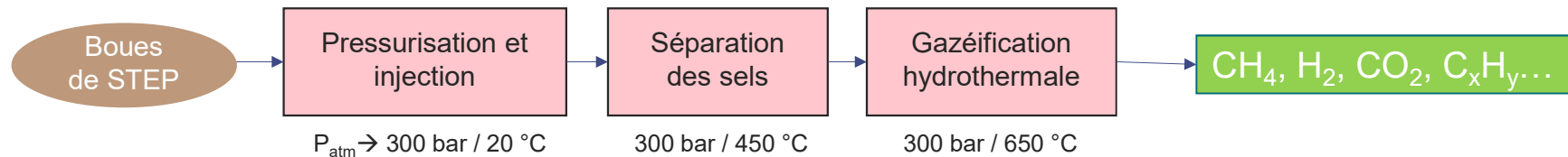


- Issu d'une collaboration avec **GRDF** (durée 3 ans jusqu'à fin 2024)
- Intrants : boues de STEP brutes non digérées, ressource choisie lors d'une 1^{ère} étude
- Objectif : Développer des briques de base et un socle de connaissances nécessaires à l'émergence d'une filière française de gazéification hydrothermale pour la production d'un mélange de gaz ($\text{CH}_4, \text{H}_2, \text{CO}_2$)

Projet GAZHYVERT



Plusieurs **verrous technologiques** rendent difficiles le développement du procédé à l'échelle démonstrateur



Programme de travail :

- **L'injection de la ressource** à 300 bars (10 kg/h) pour injecter le plus de matière organique possible et ainsi optimiser le bilan matière et énergie
- **La séparation des sels** (10 kg/h) pour éviter le bouchage par précipitation des sels des intrants, et maximiser les heures de fonctionnement
- L'identification **des cinétiques de gazéification et d'encrassement** pour dimensionner au plus juste
- ***Modélisation et Evaluation technico-économique d'une chaîne de conversion HTG***

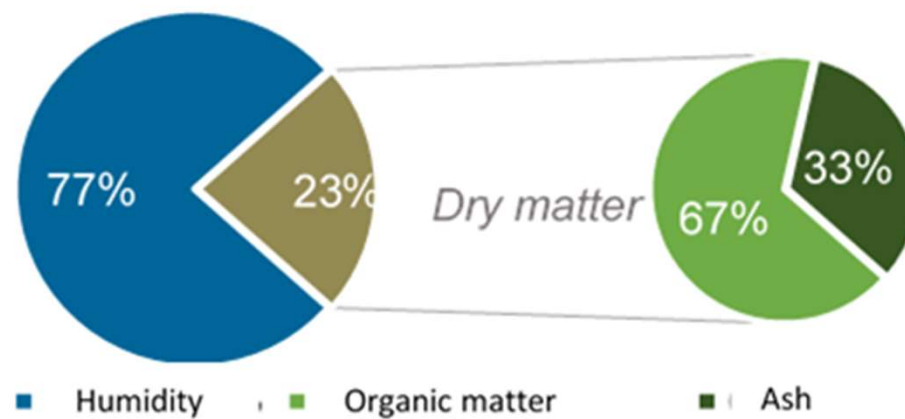
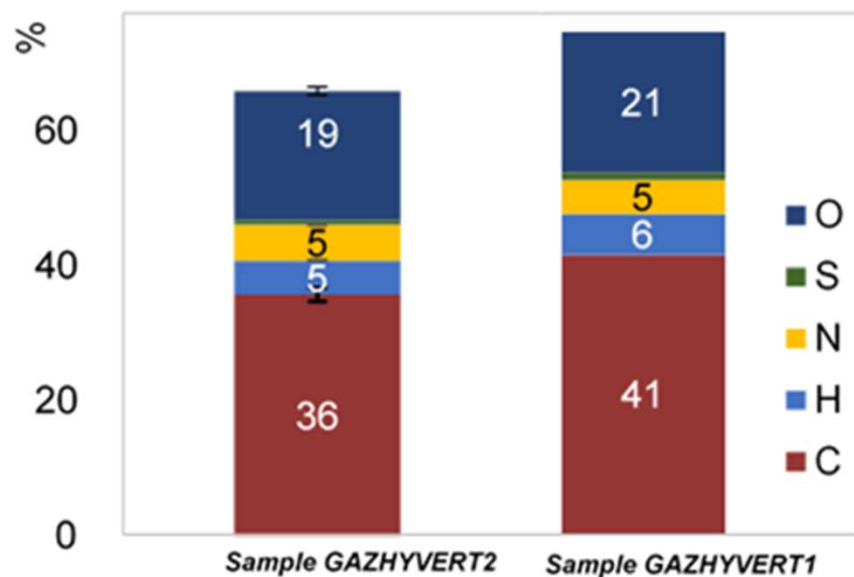


3 ■ Caractérisation des boues de STEP



Caractérisation de boues de STEP brutes

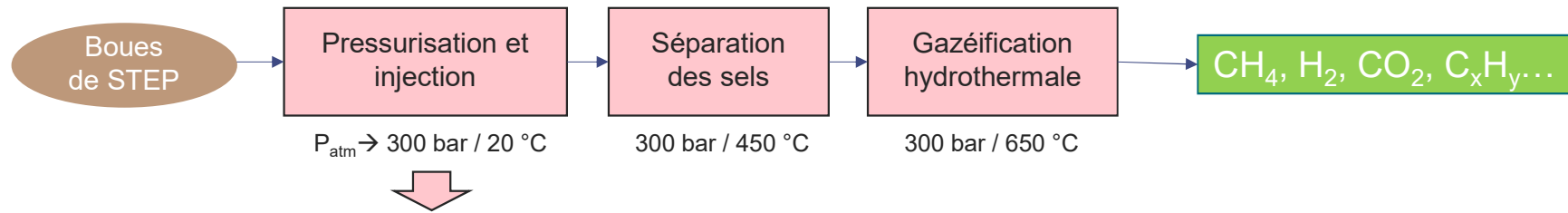
Cette ressource est abondante, disponible, a un intérêt énergétique (**16 MJ/kg de Matière Sèche**), souvent peu valorisée (incinération), et non en compétition avec d'autres usages. Les STEP's sont souvent non équipées de méthaniseurs notamment pour des villes moyennes et sont présentes sur tout le territoire.





4 Etudes et réalisation en cours (Equipements et innovation)

Dispositif d'injection à haute pression



L'injection de boues de STEP à haute pression / débit élevé est difficile

- Boues abrasives et pâteuses
- Besoin d'une pompe suffisamment puissante et robuste
- Difficile de trouver des pompes pour travailler dans ces conditions
- Brevet CEA de 2020 « Dispositif d'injection sous haute pression d'un effluent » (n°3112089)
 - Utilisation de l'eau comme moyen de pressurisation et de convoyage de la matière organique
 - Emploi de silos fonctionnant en mode batch pour charger / pressuriser / injecter la matière par intermittence

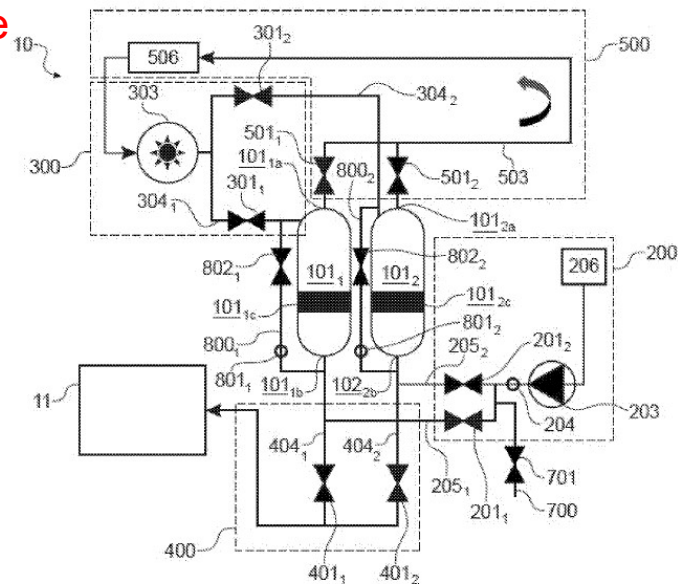
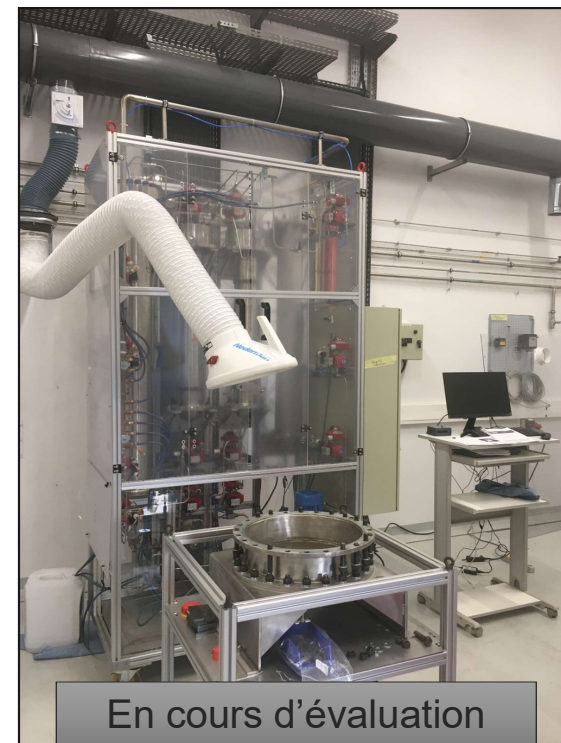
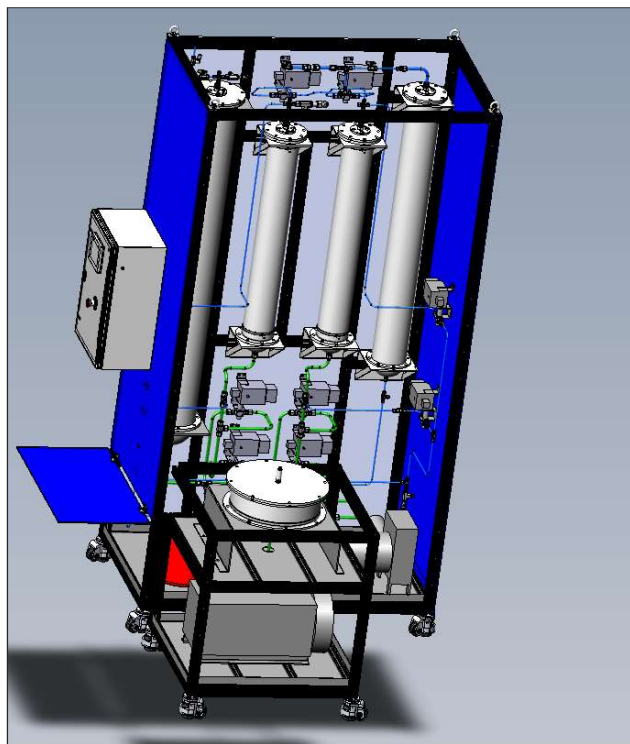


FIG.4

Dispositif d'injection à haute pression

Du brevet à la conception, fabrication, mise en service et évaluation

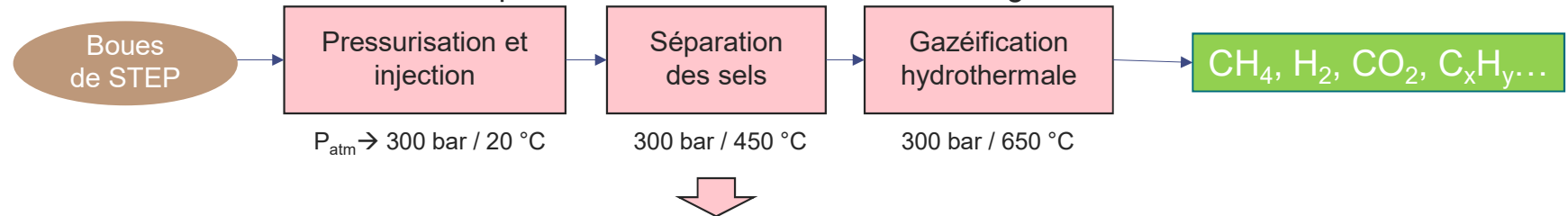
- Conditions de fonctionnement : température ambiante - 300 bar - 10 kg/h max



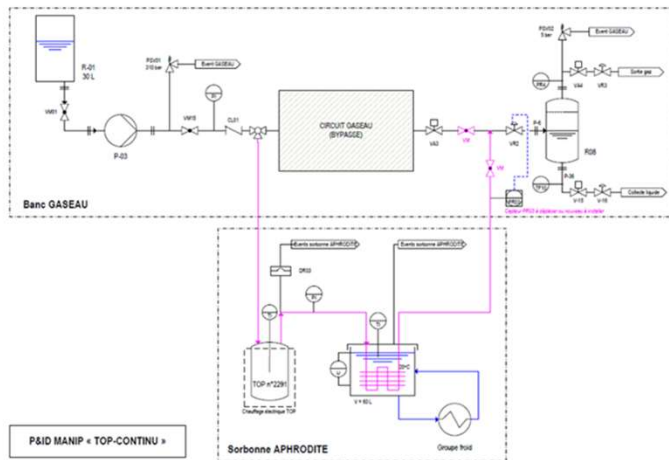
Système de séparations des sels inorganiques

Du brevet à la conception, fabrication, mise en service et évaluation

- Conditions de fonctionnement : température 450°C - 350 bar max - 10 kg/h max

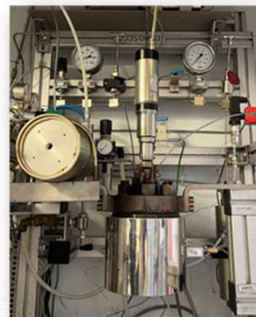


Afin de limiter l'encrassement et le colmatage du procédé de gazéification, les boues sont « dessalées » en amont de l'étape par un procédé breveté par le CEA (réacteur avec une structure interne poreuse et agitateur)



Conditions opératoires:

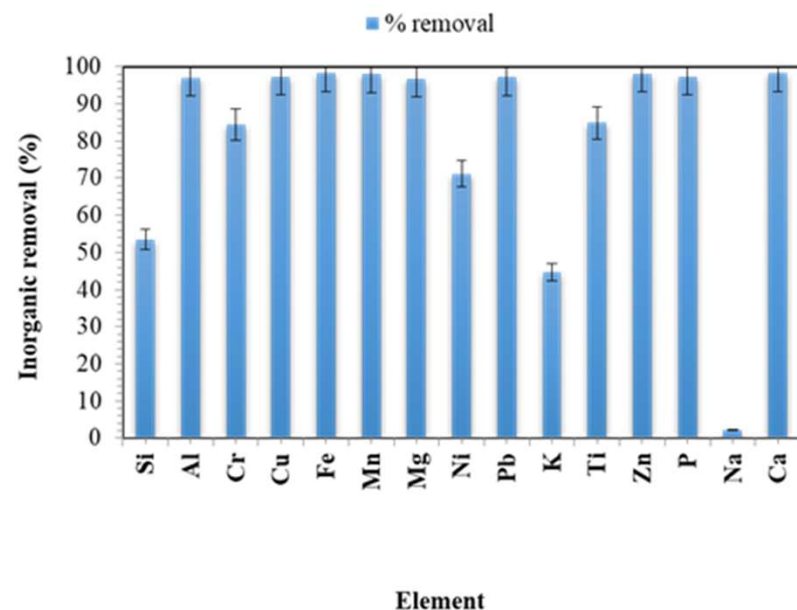
- Température: 380-410 °C
- Pression: 250-280 bar
- Ressource: Boue de Step brute



Système de séparations des sels inorganiques

Du brevet à la conception, fabrication, mise en service et évaluation

- L'analyse de la boue avant et après étape de séparation montre bien la captation des sels par le procédé



Paramètres analytiques	Résultats	Unités	Méthodes
Cuivre total	1145	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Fer total	52178	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Manganèse total	737	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Magnésium total	13823	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Nickel total	162	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Plomb total	518	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Potassium total	11818	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Titane total	290	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Zinc total	4021	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Phosphore total	108359	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Sodium total	5459	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Calcium total	184370	mg/kg sec	ICP/AES - NF EN ISO 11885
Minéralisation pour le dosage du silicium	-	-	Fusion au tétraborate de lithium - ASTM D6349



Par exemple, ici le phosphore a bien été enlevé et récupéré dans ces sels. En séparant ces sels entre eux, il pourrait être envisagé de les valoriser (à prendre en compte dans le procédé global)

Le séparateur permet d'enlever 90 %m de sels de la boue de STEP

Systeme de separations des sels inorganiques

Du brevet à la conception, fabrication, mise en service et évaluation

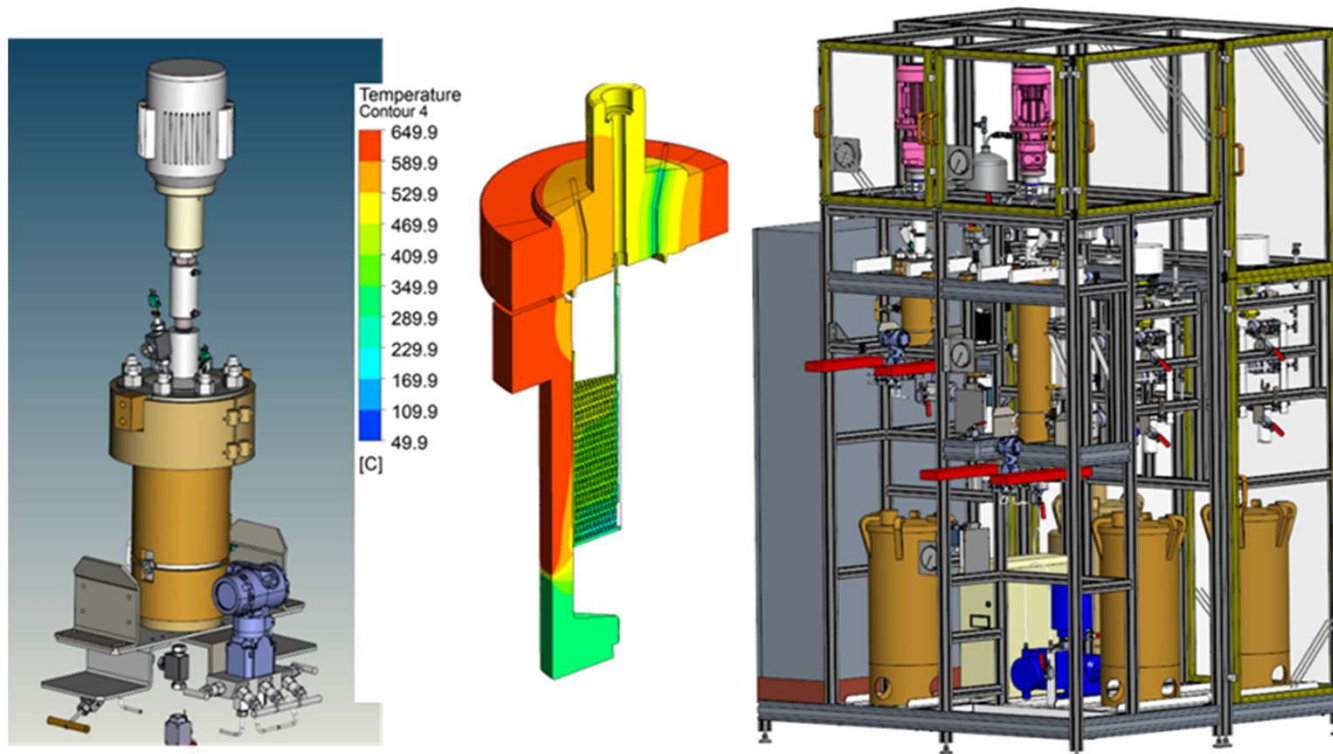
- La teneur en carbone de la boue après séparation des sels reste élevée ce qui est primordial pour le procédé afin de générer le plus de gaz possible en sortie. On retrouve peu de C dans les sels récupérés.

	C (% m)	H (%m)	N (%m)	S (%m)
Boue de Step brute	41.6	6.25	5.58	1.33
Sels	5.98	1.38	0.44	1.28
Boue de Step dessalée	65.71	8.72	5.54	2.07

Systeme de separations des sels inorganiques

Du brevet à la conception, fabrication, mise en service et évaluation

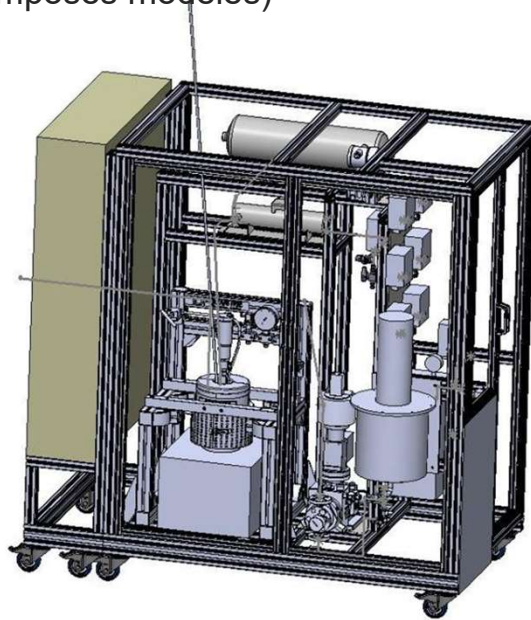
- Un futur dispositif de séparateur de sels en mode continu (10 kg/h) est en cours d'études et de réalisation. Celui-ci pourra être couplé sur notre réacteur de gazéification GASEAU.






Etudes cinétiques

- Conditions de fonctionnement : température 600°C 300 bar – 1 à 3 kg/h
- Réalisation d'un banc spécifique en mode « continue » en cours de montage pour alimenter les modèles cinétiques (composés modèles)



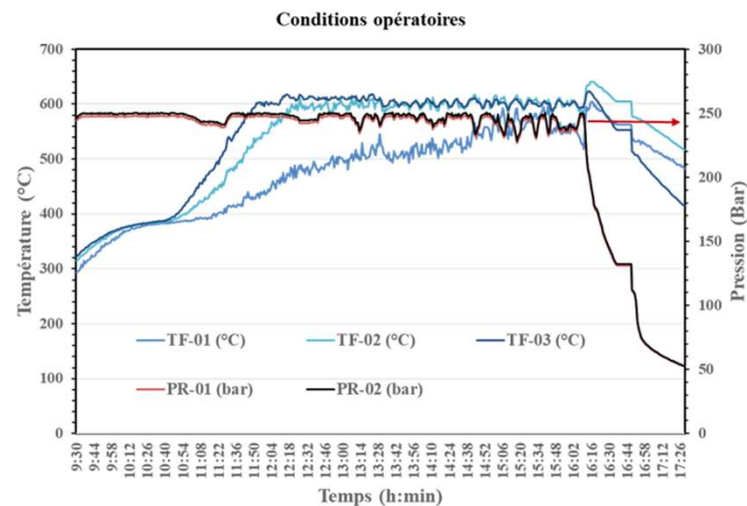
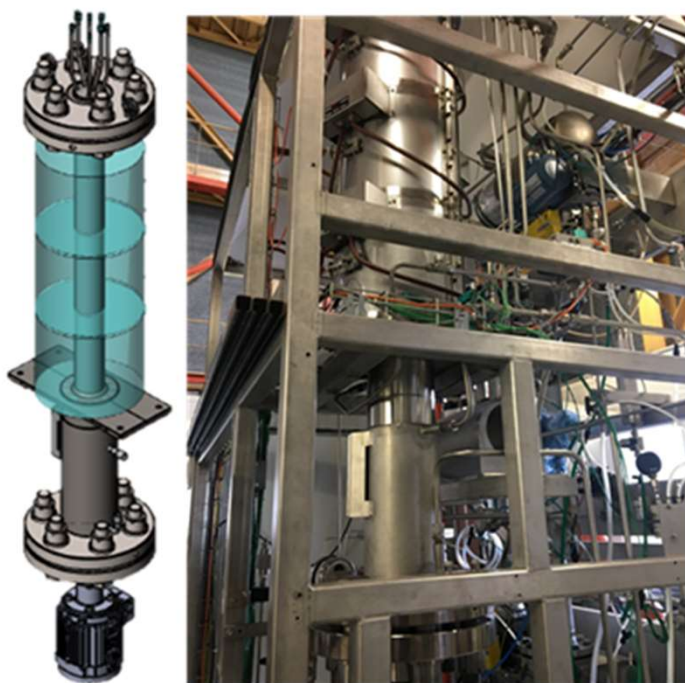
- Un nouveau réacteur / Nouveau design en cours pour le banc de gazéification



5 ■ Premiers essais de gazéification hydrothermale avec les boues de STEP comme intrants et perspectives

Essais

L'objectif est d'étudier la cinétique de gazéification hydrothermale de matières organiques issues des boues de STEP dessalées afin d'évaluer le procédé de gazéification hydrothermale. Cette ressource a donc été injectée dans le réacteur GASEAU pendant plusieurs heures sans aucun colmatage.

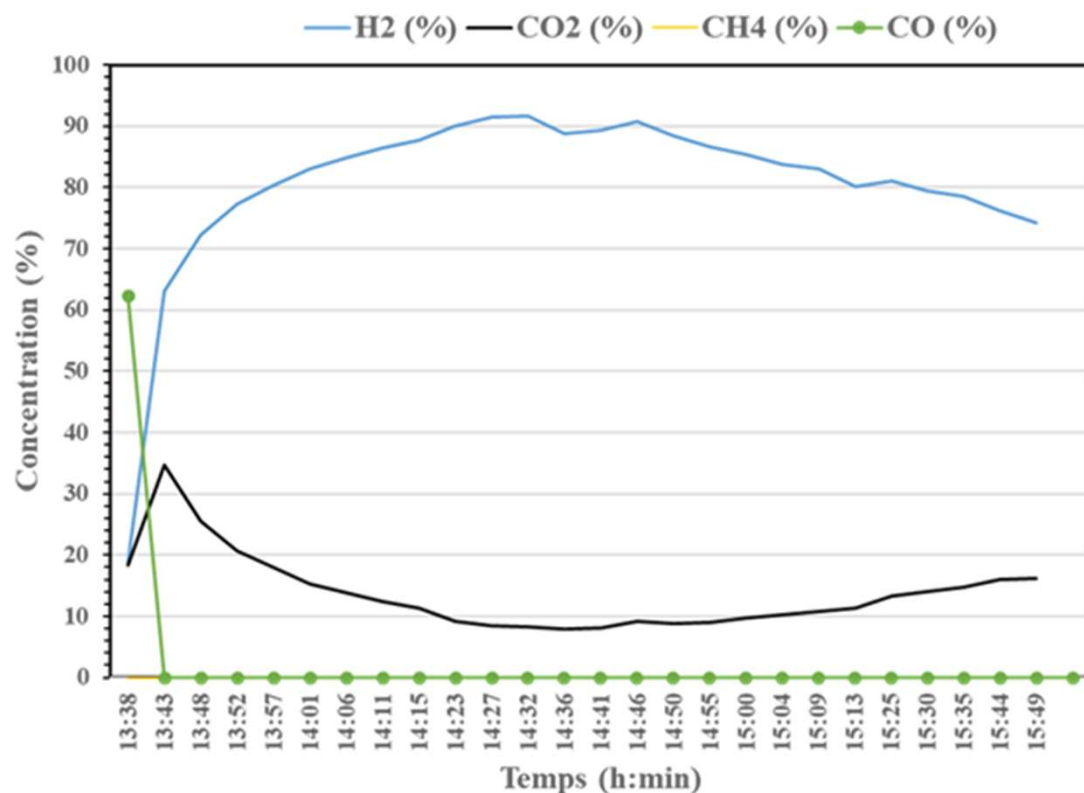


Le débit en mode continu était de 1 L/h et l'essai a duré environ 3 heures. L'objectif durant le projet est d'aller un peu plus haut en débit (5-10 L/h). Le taux de carbone retrouvé en sortie dans le gaz était d'environ 73 %, ce qui est un premier résultat très encourageant pour la suite.



Essais

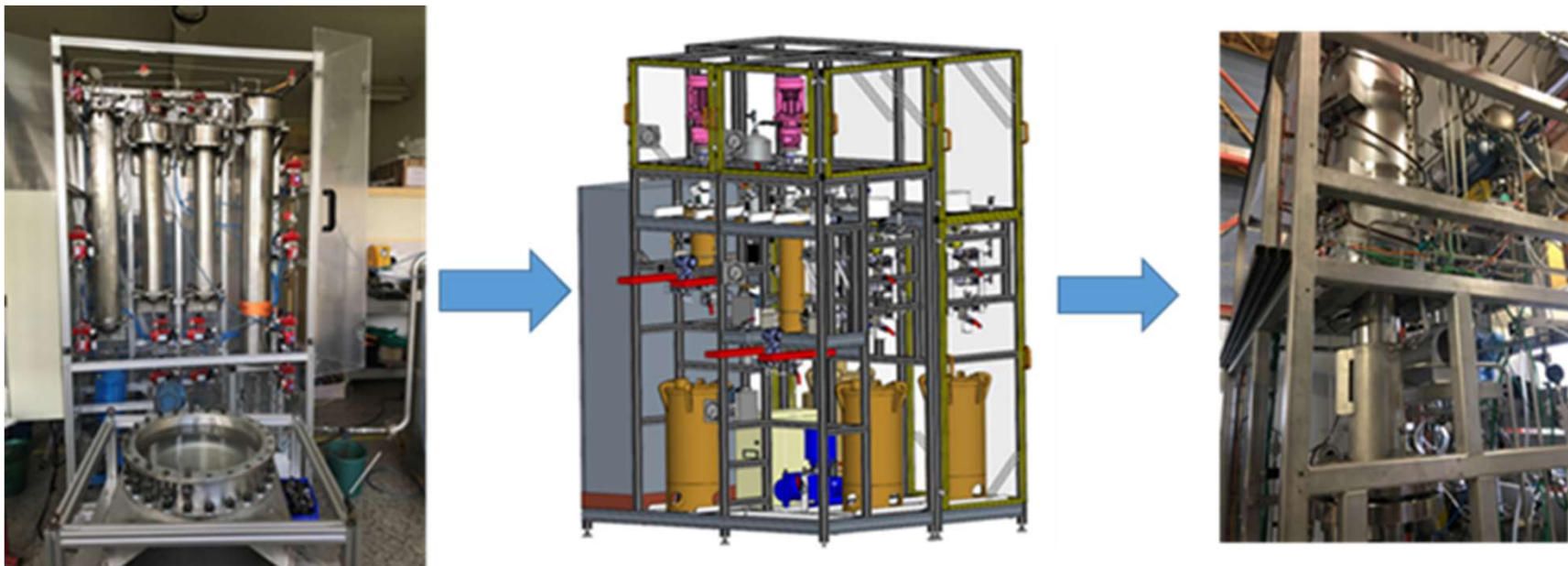
Dans ces conditions et avec une boue pour l'instant très diluée, le gaz généré est principalement de l'H₂.



Ces résultats sont cohérents avec des calculs thermodynamiques réalisés par le laboratoire.

Pour augmenter la quantité de CH₄ il faudra augmenter le taux de matière sèche (%MS) et moins diluer la boue.

Perspectives



Overall process - Sludge Injection (300 bars) / Salts separator (300 b- 450°C) / Gasification reactor (300 b – 600°C)

Perspectives



2022 - 2024

- Prototype (10 kg/h) with wastewater sludge
- Injection, salts separator, biogaz unit prototypes



2025 - 2026

- Preindustrial demonstrator
- 0,1 to 1 t/h of wastewater sludge → 10 to 100 Nm³/h of biogas



After 2026

- Industrial plant comprising several units (> to 1t/h)

LITEN DAYS

JOIN US ↓

March 13th & 14th 2024

Maison Minatec , Grenoble , France



20 YEARS
Building the
Future

Merci !



liten

