

24 MAI 2022 - PARIS

DÉCARBONER LE MIX GAZIER: COMMENT AMPLIFIER LE MOUVEMENT ?

Les Rencontres des Clubs Pyrogazéification et Power-to-gas

Méthanation de CO₂ issu de biogaz

Contribution de la filière française de l'eau au développement du Power-to-Gas
au travers d'une expérimentation sur une usine de dépollution des eaux usées

Yan FIGAROL (Storengy) - Guillem GRAU (SUEZ) - Alexandre LECOMTE (CAPBP)



Le contexte



Contexte

La Communauté d'Agglomération Pau Béarn Pyrénées

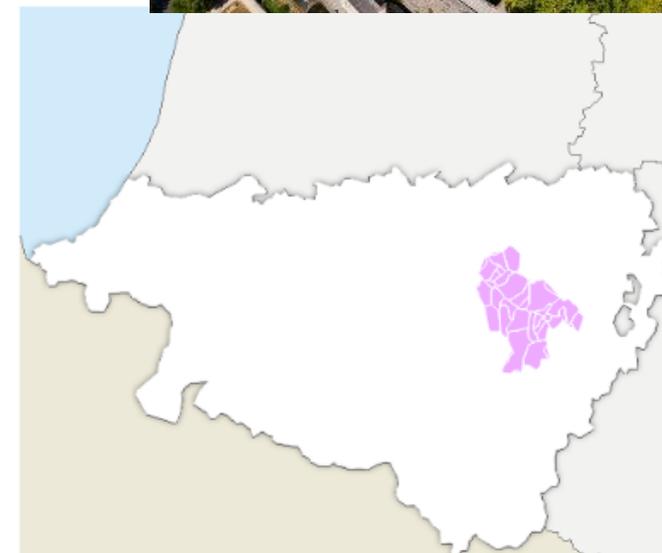


La Communauté d'Agglomération Pau Béarn Pyrénées (CAPBP) regroupe 31 communes depuis 2017 et est présidée par François Bayrou, maire de Pau. Elle porte une politique environnementale ambitieuse et volontariste.

Fortement engagée pour le développement durable, la CAPBP a adopté un **Plan Action Climat** en 2018 visant à :

- Aménager un territoire sobre en carbone
- Soutenir l'innovation en faveur de l'environnement
- Doubler sa production d'énergies renouvelables d'ici 2023
- Diminuer de **27%** ses émissions de GES d'ici 2030

⇒ Projet FEBUS : ligne de bus à haut niveau de service équipée de véhicules de 18 mètres à hydrogène (Septembre 2019)



Contexte

Un site regroupant les installations de valorisation des déchets urbains



Contexte

L'usine de dépollution des eaux usées de Lescar

- L'usine de dépollution des eaux usées de Lescar
 - Construite en plusieurs phases entre 1980 et 2006
 - Boues activée à aération prolongée d'une capacité 200.000 EH
 - Mise en conformité ERU à venir (gestion du temps de pluie)
- Une filière actuelle de **traitement des boues avec un coût très élevé** et pas soutenable sur le long terme compte tenu des investissements indispensables à moyen terme sur les infrastructures d'assainissement
- Deux **contrats d'exploitation arrivant à échéance** (Marché de PS pour l'exploitation de l'usine, DSP pour l'élimination des boues d'épuration par valorisation thermique)

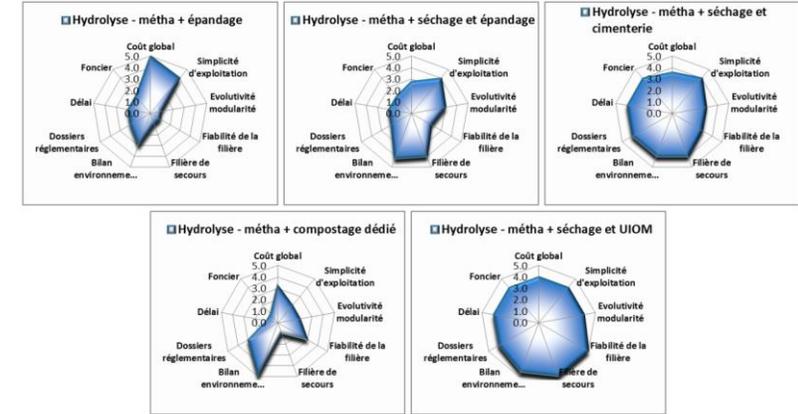


**Saisir l'opportunité
pour trouver nouvelle une filière de valorisation des boues**

Contexte

Les études de faisabilité

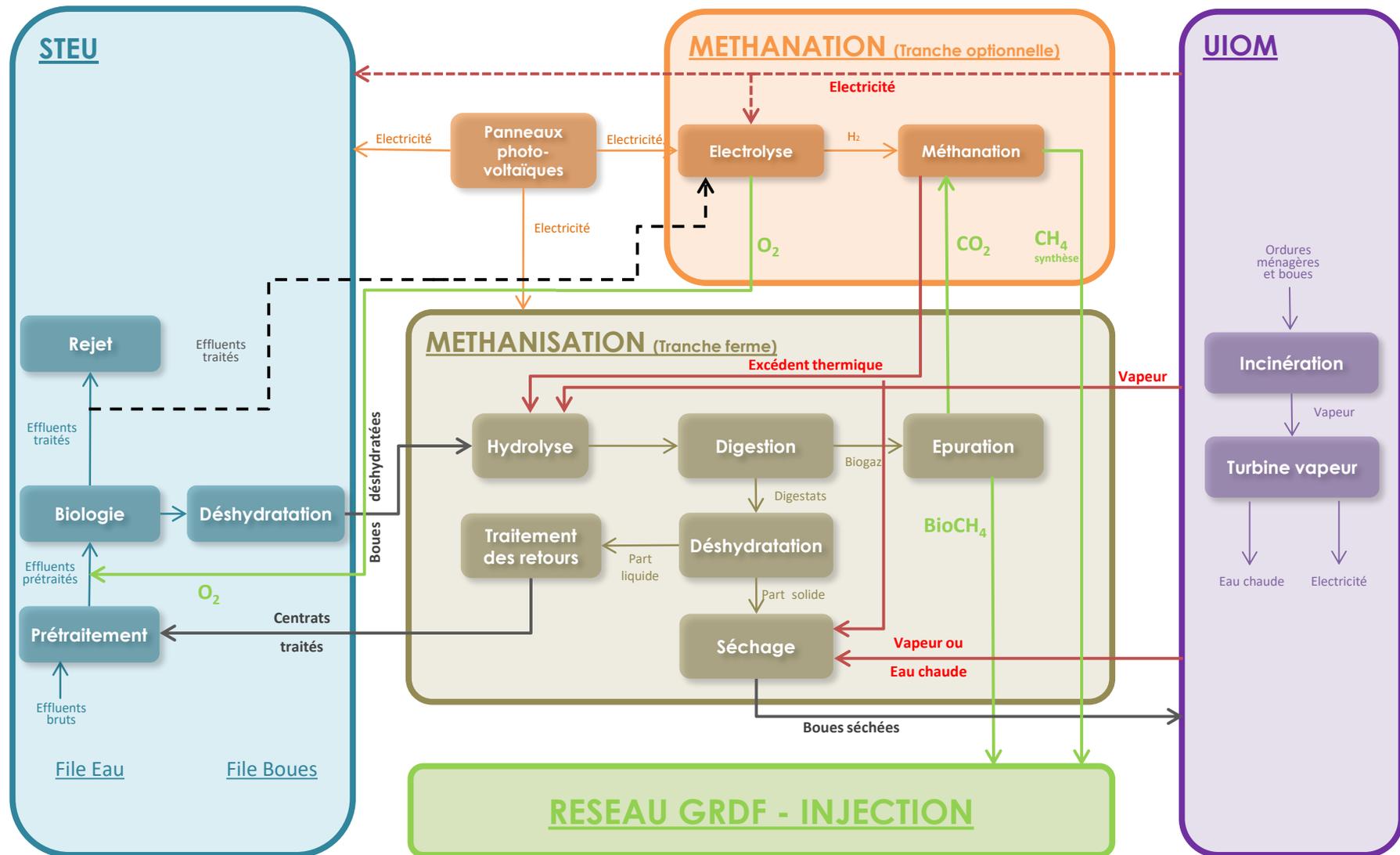
- **Temps 1** : recherche d'une filière alternative pour la valorisation des boues d'épuration
 - Analyse multicritères des filières existantes ou à créer
 - Décision de retenir la **solution de méthanisation** sur site compte tenu des **gains financiers espérés**, des **synergies** envisageables avec les installations connexes de valorisation des déchets urbains et de la contribution de cette solution aux objectifs de la CAPBP en matière de **transition énergétique**
- **Temps 2** : décarboner la future installation de méthanisation des boues d'épuration
 - **Limiter l'impact carbone** par la valorisation du bioCO₂ issu de l'épuration du biogaz
 - Etude de faisabilité de la méthanation \Rightarrow technologie intrinsèquement déficitaire à ce jour, conséquence d'une filière industrielle émergente, d'un coût de l'électricité élevé au regard du coût de vente du méthane de synthèse



Valoriser le CO₂ issu des off-gaz du biogaz :
une nécessité au regard de l'objectif de neutralité carbone en 2040

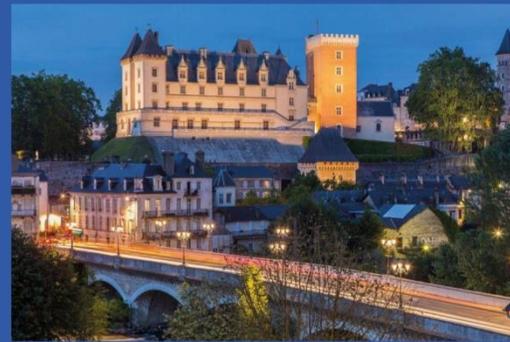
Contexte

L'insertion des nouveaux ouvrages dans l'écosystème existant





Le montage du projet



Le montage du projet

Une multiplicité de contraintes et incertitudes

- **Foncière** : disponibilité foncière restreinte
- **Financière**
 - Tarifs de vente des méthanes
 - Tarifs d'achat de l'énergie thermique à l'UIOM et d'acceptation des digestats sur l'UIOM
- **Temporelle** :
 - Fin du marché d'exploitation des installations actuelles
 - Mise en service dans les 3 années suivant la signature du contrat d'achat de biométhane (25/09/2020)
 - Impact sur le régime ICPE applicable, nécessairement plafonné à l'enregistrement
- **Cadre réglementaire** :
 - Evolution programmée de l'arrêté type 2781 (abouti en décembre 2020)
 - Absence de cadre réglementaire pour l'injection eCH₄

**Un programme fonctionnel devant intégrer
les contraintes et les nombreuses incertitudes**

Le montage du projet

Les choix techniques - Méthanisation

INTANGIBLES	VARIABLES
<ul style="list-style-type: none">• Dimensionnement sur la pointe 14 jours• Gisement de boues fixé• Conditionnement thermique des boues• Digestion mésophile• Traitement obligatoire des retours de déshydratation• Qualité du digestat compatible avec une valorisation sur l'UIOM (PCI min > 1700 kcal/kg)	<ul style="list-style-type: none">• Engagement à l'initiative du candidat sur un gisement de graisses externes (MIATE sous seuil autorisation ICPE)• Positionnement du conditionnement thermique laissé libre• Récupération de chaleur (eau chaude / vapeur) possible sur UIOM• Technologies laissées au choix du candidat pour l'épuration du biogaz et le traitement des retours de déshydratation• Possibilité de conserver, adapter, transformer ou démolir certains ouvrages existants

**La volonté de sécuriser l'installation
tout en profitant du savoir-faire des industriels**

Le montage du projet

Les choix techniques - Méthanation

INTANGIBLES	VARIABLES
<ul style="list-style-type: none">• Valorisation de 100% du CO₂ des offgaz de l'épuration du biogaz• Alimentation électrique de l'installation en autoconsommation individuelle par le biais de la centrale photovoltaïque : énergie fournie gratuitement au titulaire du marché• Technologie de méthanation catalytique imposée	<ul style="list-style-type: none">• Ouverture possible à des technologies qui permettent de supprimer l'épuration de biogaz, la méthanation jouant ce rôle• Technologie de l'électrolyseur laissée au choix du candidat• Valorisation possible de l'O₂ produit lors de l'étape d'électrolyse pour les besoins en aération des bassins biologiques• Valorisation possible de l'énergie thermique liée à l'exothermicité de la réaction de méthanation

Des choix à la fois sécuritaires et volontaristes

Le montage du projet

Les choix en termes de montage administratif

Contractualisation	Dévolution
<ul style="list-style-type: none">• Marché global de performances (conception, construction et exploitation)<ul style="list-style-type: none">• Engagement sur des performances de production de bioCH₄ et de eCH₄• Intéressement du titulaire aux recettes de vente de bioCH₄ et de eCH₄• Durée d'exploitation de 15 années, calée sur la durée du contrat d'achat du biométhane• Date de démarrage de l'exploitation calée sur la fin du marché de prestation de service, imposant un délai de construction contraint (20 mois)• Mandataire du groupement imposé = exploitant• Portage des contrats gaz par le maître d'ouvrage	<ul style="list-style-type: none">• Méthanation en tranche optionnelle• Procédure avec négociation pour adapter les offres aux exigences du maître d'ouvrage, notamment sur le volet Méthanation• Analyse des offres sur le coût global (construction, exploitation, intéressement), toutes tranches confondues• Cahier des garanties souscrites très détaillé pour cadrer les engagements de performance (consommations d'énergie et de réactifs, production de méthanes)• Intervention d'un jury avec la difficulté de vulgariser le contenu technique

**L'intéressement du titulaire du marché
au service de la performance des installations**



La solution retenue



La solution retenue

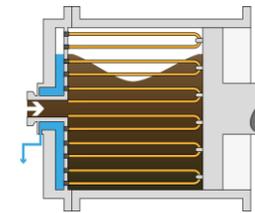
Filière méthanisation

File Boues

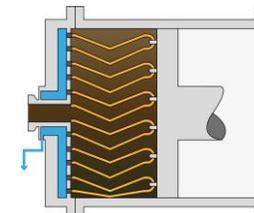
- Tamisage des boues
- Epaissement par presse à vis
- Digestion, chauffé par l'énergie thermique récupérée sur la méthanation et l'électrolyse
- Déshydratation par centrifugeuses existantes reconditionnées
- Carbonisation hydrothermale (HTC™)
- "Séchage" par **presse à piston**
- Traitement des concentrats par stripping

File Gaz

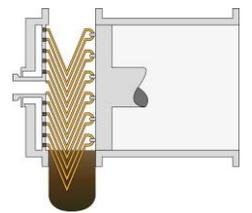
- Gazomètre intégré au digesteur
- Epuration membranaire



1. Phase d'alimentation



2. Phase de pressage/
morcellement du gâteau

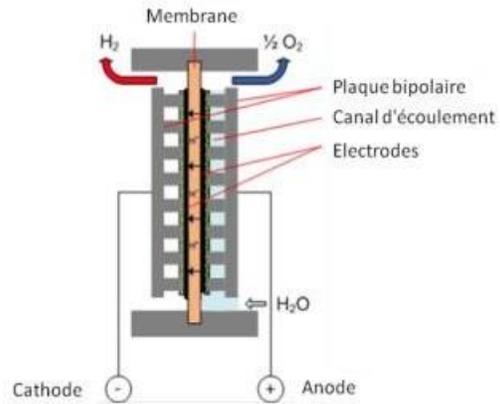


3. Phase de débâttissage

Une innovation au service de la performance énergétique de l'installation

La solution retenue

Filière méthanation



- Compression du CO₂
- Polishing du CO₂
- Production d'H₂ par électrolyse de type PEM
- Méthanation catalytique
- eCH₄ avec moins de 2% molaire de H₂ résiduel
- Valorisation des co-produits :
 - O₂ pour limiter l'aération dans la file Eau
 - Chaleur pour la régulation de température du digesteur et potentiellement d'autres externalités (aquaponie)

**Un fonctionnement atypique (en continu)
et de choix technologiques sécuritaires et à haut TRL**

La solution retenue

Engagement de performances / Fiabilité / Sécurité

METHANISATION	METHANATION
<p>Engagements de performance</p> <ul style="list-style-type: none">• Production de biométhane : 0,105 Nm³ CH₄/kg DCO• Siccité des digestats séchés (biochar) > 65%• Rendement du traitement des retours (N-NH₄) > 80%	<p>Engagements de performance</p> <ul style="list-style-type: none">• Taux de conversion du CO₂ > 96,5%• Disponibilité de l'installation > 8500 heures (-> Fonctionnement en base de l'électrolyseur)
<p>Fiabilité</p> <ul style="list-style-type: none">• Equipements en secours installés• By-pass de certains équipements• Bâches tampons	<p>Fiabilité</p> <ul style="list-style-type: none">• Polishing du CO₂ pour fiabiliser la réaction de méthanation• Maintenance préventive et monitoring
<p>Sécurité</p> <ul style="list-style-type: none">• Digesteur métallique• Cercles de danger maintenus dans le site	<p>Sécurité</p> <ul style="list-style-type: none">• Torchère spécifique• Zones ATEX

Un compromis entre production et consommation de ressources

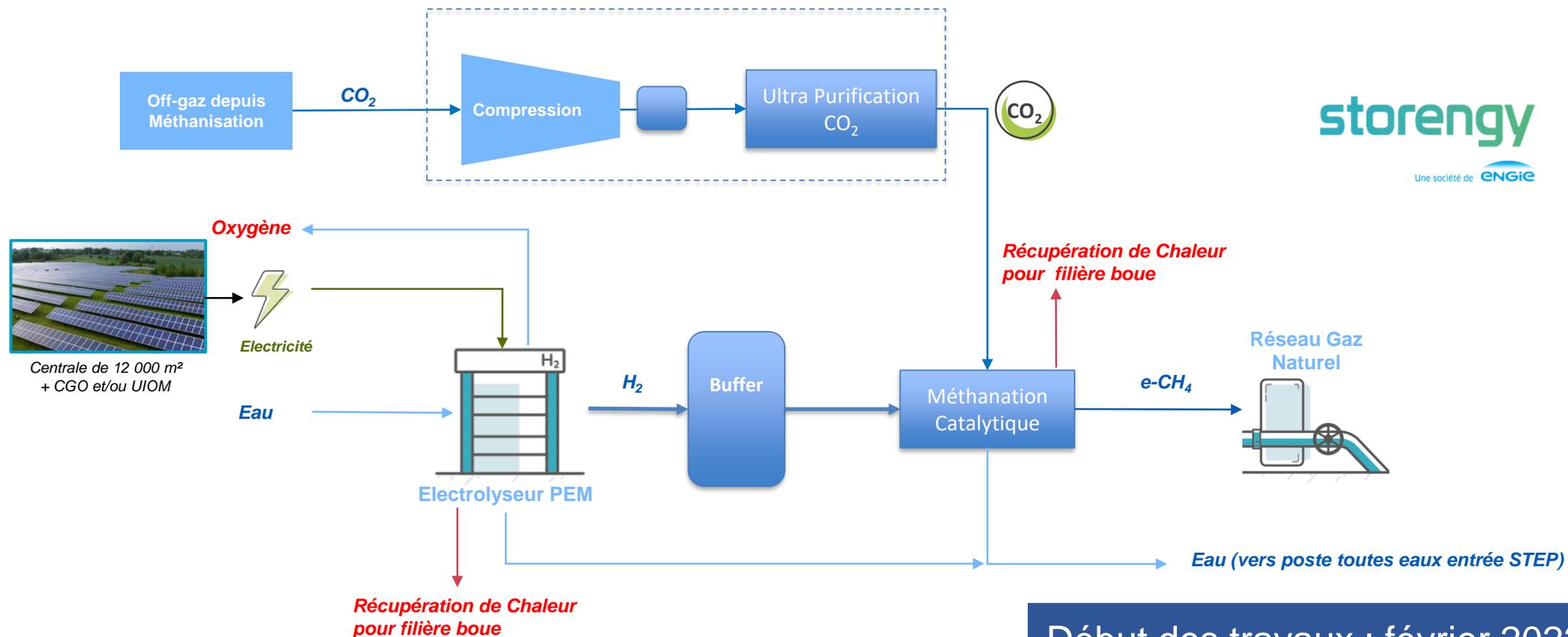


Focus sur la brique Méthanation



Focus sur la méthanation

La filière retenue



Début des travaux : février 2022
Mise en service : fin 2023

Focus sur la méthanation

Les démarches réglementaires

Une volonté des pouvoirs publics de développer la filière hydrogène et le Power-to-Gas



Electricité et gaz renouvelables
(PPE 2016-2023)



Usage de la
biomasse



Indépendance
énergétique de la France



Prospectives ADEME

- **Un cadre réglementaire restreint au biométhane :**

- Droit à l'injection
- Obligations des gestionnaires de réseaux
- Qualité du gaz injectable
- Soutien tarifaire (arrêté du 23/11/2011 puis par arrêté du 23/11/2020)

- **Des expérimentations en cours pour faire évoluer la réglementation :**

- Bac à sable réglementaire de la **Commission de Régulation de l'Énergie** : réalisation de l'étude détaillée, inscription au registre des capacités, bénéfice des prestations du gestionnaire de réseau pour le raccordement et l'injection -> obtention des dérogations en mars 2021
- Dérogations complémentaires relevant de la **DGEC** : droit à l'injection, mutualisation du poste d'injection, réfaction tarifaire -> en attente
- Sollicitation d'un soutien tarifaire au **MTE** pour le développement de la filière : les contrats d'expérimentation comme horizon, sous réserve d'une modification législative préalable

Un cadre expérimental pour 4 à 8 ans pour l'injection du eCH₄

Focus sur la méthanation

Quelques chiffres

Electrolyse

- Puissance de l'électrolyseur = 1,3MW BOL ou 1,6MW EOL
- Capacité résiduelle de l'électrolyseur = 200 kg/j

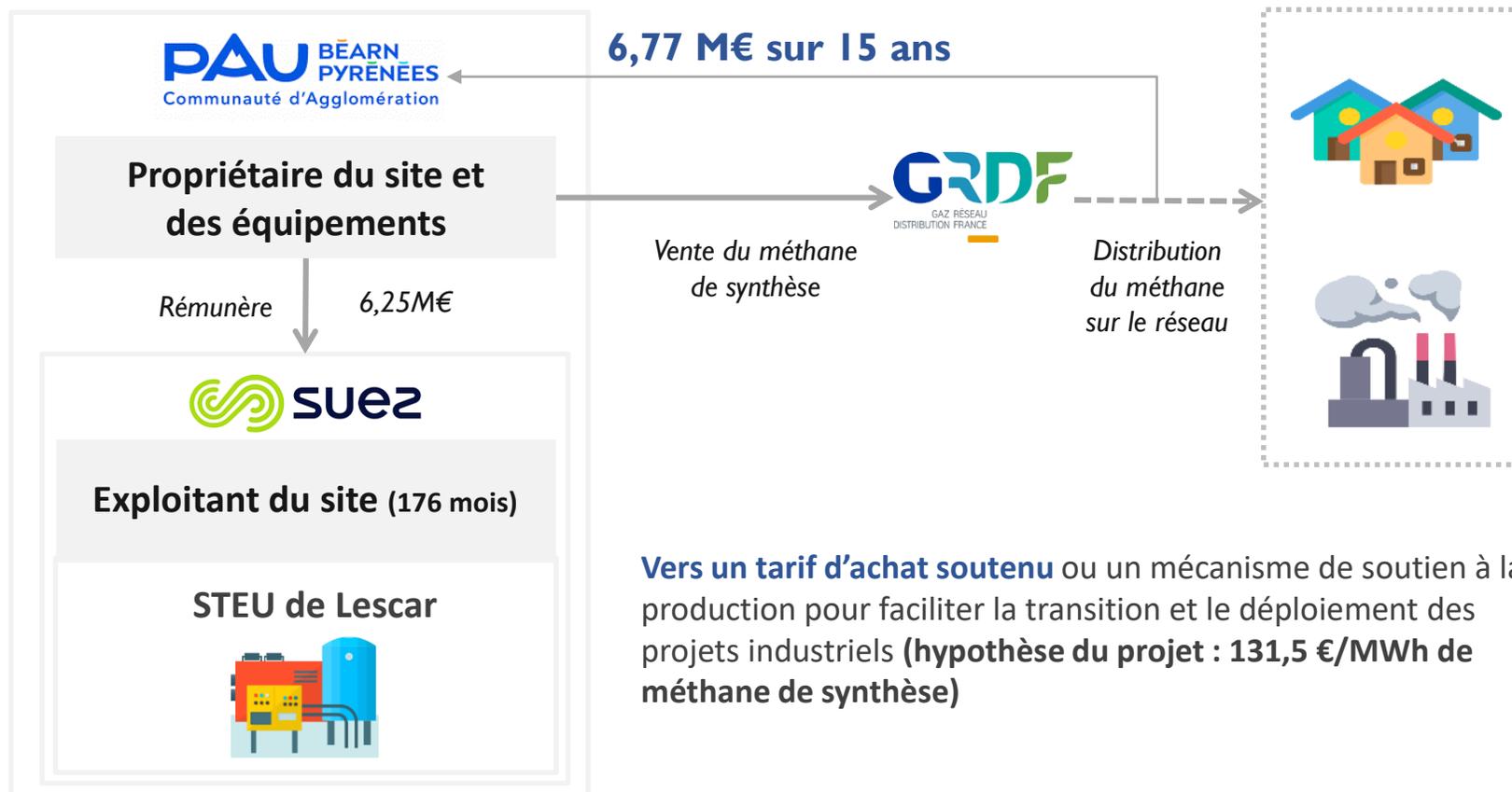
Méthanation

- Capacité nominale = 68 Nm³/h - Pression de fonctionnement = 22 barg
- Production annuelle (à terme) de eCH₄ = **3,6 GWh PCS/an** (à comparer aux 6,9 GWh/an de bioCH₄)
- Consommation énergétique : 23 KWh/Nm³ de CO₂ traité
- **Rendement Méthanation = 50%** (hors récupération thermique) / **Rendement global Méthanisation + méthanation = 108%**

Un bilan énergétique fortement amélioré par les synergies entre les unités

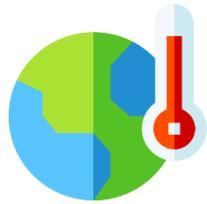
Focus sur la méthanation

L'enjeu financier



Une intensité globale d'aide publique à l'investissement de 45% est nécessaire pour tendre vers l'équilibre avec un tarif d'achat soutenu du méthane de synthèse (coût d'investissement de 8,3 M€)

Les retombées environnementales, sociales et sociétales



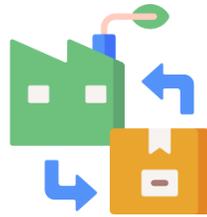
Lutte contre
le réchauffement
climatique

Valorisation de **100 %** du CO₂ issu de méthanisation

Décarbonation du traitement des eaux usées et de la production de gaz

Méthanation = **-2 300 t CO₂/an** par rapport au site actuel

« Puits de carbone » avec un bilan complet de **-550 tCO₂/an** pour le site (émissions évitées > émissions)



Diminution de
la consommation
des ressources

Economie circulaire à l'échelle du site, avec la **valorisation de 10 ressources et énergies** produites localement -



Acceptabilité et sensibilisation

Absence de risques d'odeur grâce aux technologies mises en place

Circuit pédagogique pour sensibiliser le grand public et les scolaires aux enjeux de la transition



Création et maintien
d'emplois

Création de **3 emplois directs pérennes** (exploitation) et **12 emplois indirects** (ferme aquaponique)

Création **d'emplois pour la construction** pendant 2 ans

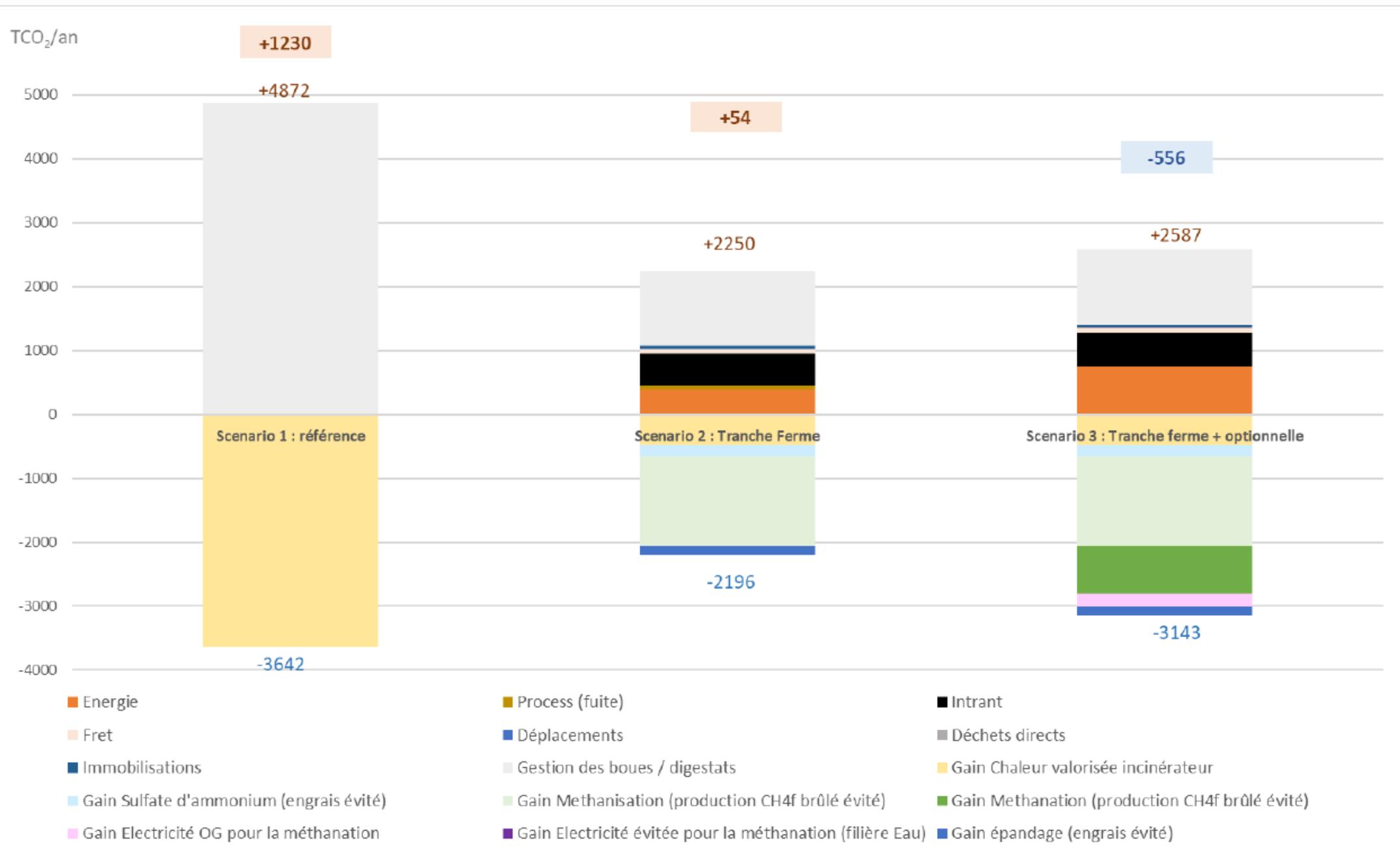


Figure 12 : Bilan globaux (émissions directes et évitées) de différentes filières modélisées.



Répliquabilité sur les STEU en France



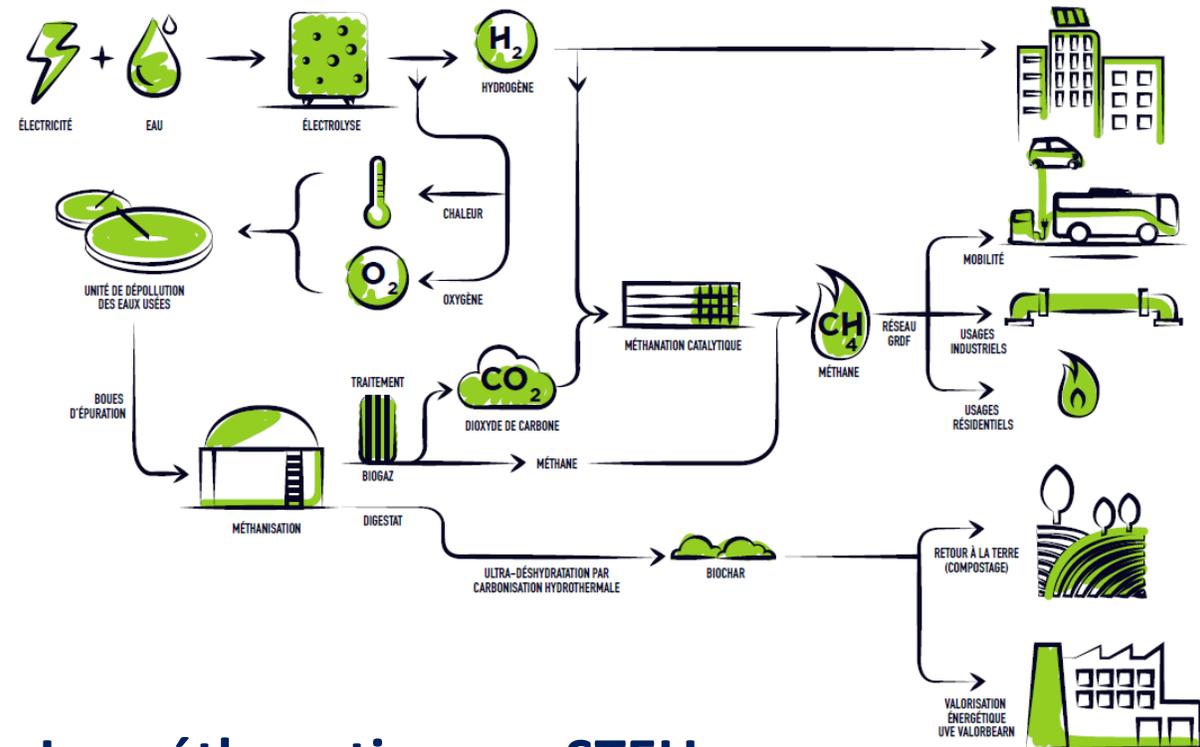
Les Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU), un gisement important et pérenne

Forte progression de la production de biométhane et de méthane de synthèse d'ici 2050 d'après les différents scénarii de l'ADEME (nov. 2021) :

- Un potentiel global en France jusqu'à 140 TWh PCS pour le biométhane, dont **2,5 TWh PCS issu des STEU**
- Un potentiel global en France jusqu'à 40 TWh PCS pour le méthane de synthèse, dont **1,5 TWh PCS issu des STEU**

→ Soit **un total de 4 TWh PCS issu des STEU** pour le potentiel complet de méthane (bioCH₄ et eCH₄)

900 000 tCO₂eq/an évitées d'ici 2050 en France grâce au biométhane issu des boues d'épuration



La méthanation sur STEU



Les STEU, des sites pertinents pour la méthanisation et la méthanation

L'intérêt des STEU pour l'implantation d'unités de méthanation



Seul segment de la filière PtG permettant l'accès et la valorisation de la quasi-totalité des co-produits sur place

- Chaleur
- Oxygène (recyclé sur la STEU pour couvrir une partie des besoins d'aération, donc réduire la consommation énergétique)
- Eau



Faible coût de traitement du CO2 provenant des STEU

- Qualité des boues homogènes, contrairement aux autres types de sources de CO2
- Faible quantité d'O2 dans le CO2



Raccordement facilité aux réseaux de distribution grâce à l'implantation géographique des STEU

- Acceptabilité citoyenne

Une solution répliquable

**STEU > 100 000 EH
équipées d'unités de
méthanisation**

Un fort intérêt des collectivités

Plusieurs études en cours





Contacts :

Yan FIGAROL (yan.figarol@storengy.com)

Guillem GRAU (guillem.grau@suez.com)

Alexandre LECOMTE (a.lecomte@agglo-pau.fr)