

# Position Paper de la filière « Injection de biométhane de synthèse » (issu de pyrogazéification)

DATE	06/06/2018	NB DE PAGES TOTAL	24
AUTEUR	Club Pyrogazéification - Filière « Injection de biométhane de synthèse »	N° VERSION	21
CONTACT	Annabelle BROUSSE CLERET : annabelle.brousse-cleret@grtgaz.com		

Ce Position Paper a été rédigé par les membres de la filière « Injection de biométhane de synthèse » du Club Pyrogazéification. Il définit les orientations stratégiques de la filière en termes économiques, techniques et environnementaux.

La présente note est le reflet d'un travail collectif concerté des acteurs de la filière « Injection de biométhane de synthèse », en particulier :





## Table des matières

<b>La Filière « Injection de biométhane de synthèse »</b> .....	3
<b>1. Messages clés :</b> .....	3
1.1 Bilan Environnemental.....	4
1.2 Potentiels de production de biométhane de synthèse et gisements accessibles .....	4
1.3 Complémentarité avec la méthanisation .....	4
1.4 Modèle industriel.....	4
1.5 Un modèle intégré aux territoires et de nombreuses externalités positives .....	5
1.6 Maturité économique et scénario d’industrialisation .....	5
1.7 Procédés, maturité technologique et rendements associés .....	5
1.8 Les réseaux de gaz, des puissants outils de transfert, de stockage et de flexibilité intrajournalière .....	6
1.9 Complémentarité avec la combustion pour production de chaleur .....	6
1.10 Références industrielles et projets de pyrogazéification en cours en France et en Europe .....	7
1.11 Leviers d’action envisageables et système d’aide au développement proposé par la filière .....	7
<b>2. Argumentation détaillée des messages clés</b> .....	8
2.1 Bilan Environnemental .....	8
2.2 Quel gisement de ressources accessibles ? Quel potentiel de production de biométhane de synthèse ? .....	9
2.3 Complémentarité avec la méthanisation.....	10
2.4 Un modèle industriel qui adresse les problématiques des territoires et offre de nombreuses externalités positives .....	11
2.5 Maturité économique et scénario industriel 2020-2030 .....	12
2.6 Procédés, maturité technologique et rendement associé .....	13
2.7 Les réseaux de gaz, de puissants outils de transfert, de stockage d’énergie et de flexibilité intrajournalière.....	14
2.8 Complémentarité avec la combustion pour production de chaleur .....	17
2.9 Références industrielles et projets .....	20
2.10 Leviers d’action envisageables et système d’aide au développement proposé par la filière	22
<b>Références bibliographiques</b> .....	24

## La Filière « Injection de biométhane de synthèse »

La filière « Injection de biométhane de synthèse » (issu des procédés de pyrogazéification), appelée « Injection de biométhane de synthèse » dans le texte, est une **filière innovante de production d'énergie renouvelable non intermittente. A la maille des territoires**, celle-ci s'inscrit au cœur de la **transition énergétique et de l'économie circulaire**.

Dotée de **technologies innovantes à haut rendement énergétique**, elle assure la **conversion en biométhane de gisements locaux très variés, parfois réputés difficiles à valoriser par les filières conventionnelles** : certains résidus de la filière bois, des sous-produits agricoles secs, des boues séchées... Le biométhane de synthèse ainsi produit est **injectable dans les réseaux gaziers et substituable au gaz naturel dans toutes ses applications** : mobilité, gaz matière première (valorisation matière : chimie, alimentation animale, matériaux, ...), production d'électricité, de chaleur, combustion directe.

### 1. Messages clés :

La Pyrogazéification permet de produire du gaz renouvelable ou de récupération à partir de biomasse sèche ou de combustibles recyclés issus d'un tri à la source lorsque ces derniers ne peuvent pas être valorisés en amont sous forme de matière. Parmi les voies possibles de valorisation, le gaz de synthèse obtenu peut être converti en gaz injectable dans les réseaux. Ce dernier est substituable au gaz naturel dans toutes ses applications.

La filière « Injection de biométhane de synthèse », en valorisant des intrants renouvelables (parfois difficiles à traiter par les filières conventionnelles) s'inscrit dans une triple perspective à la maille des territoires :

1. Valoriser ou recycler une grande variété d'intrants grâce à des technologies flexibles et diversifiées, adaptables au contexte propre à chaque territoire. Certains gisements ne trouvent en effet que peu (ou pas) de voies de valorisation alternatives.
2. Produire de manière décentralisée un gaz renouvelable afin de soutenir la mise en place d'une économie circulaire efficace. Ce gaz renouvelable permet une diversité des usages, notamment une mobilité propre à l'échelle locale.
3. Contribuer efficacement à la réduction des émissions de GES ainsi qu'aux problématiques locales de santé publique grâce à de véritables atouts environnementaux.

Produit à haute valeur ajoutée, le gaz injecté est également stockable sur le long terme et transportable grâce aux réseaux de gaz. Les réseaux sont en effet largement maillés sur le territoire et bien maîtrisés. Ils permettent par ailleurs de répondre efficacement aux pointes intra journalières.

La filière apporte par ailleurs de nombreuses autres externalités positives ayant une valeur intrinsèque réelle pour la collectivité : santé publique et environnement, emplois locaux, synergies possibles avec d'autres types d'installations (Méthanisation, Power to gas ...), réemploi et optimisation d'installations industrielles, amélioration de la balance commerciale, indépendance énergétique nationale et support efficace au déploiement des territoires à énergie positive ...

Ainsi, avec le soutien des pouvoirs publics, la filière « Injection de biométhane de synthèse » pourra contribuer efficacement à la maximisation de la part de gaz renouvelables dans les réseaux. Les potentiels estimés de gaz injectable issus des procédés de pyrogazéification peuvent atteindre de 65 à 140 TWh de biométhane de synthèse dans les réseaux en 2050<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Étude « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? » (ADEME, janvier 2018)

### 1.1 Bilan Environnemental

La construction de la filière « Injection de biométhane de synthèse » s'inscrit résolument dans l'**excellence environnementale**. Les études préliminaires montrent que la filière française de production de biométhane de synthèse par pyrogazéification de la biomasse bois émet 18 gCO<sub>2</sub>eq/MJ ou 64 gCO<sub>2</sub>eq/kWh<sup>2</sup> (étude GAYA, 2017), soit 76 gCO<sub>2</sub>eq évités / MJ de biométhane produit. Cela signifie qu'à partir de ce type d'intrant, elle **répond aux critères de durabilité en cours de définition par le Conseil Européen dans le cadre de la Directive RED II** <sup>3</sup>.

- Pour un usage carburant, elle assure une réduction des émissions de GES de 80% par rapport à la référence définie dans RED II<sup>4</sup>.
- Les technologies mises en œuvre permettent d'envisager à dire d'experts<sup>5</sup> une réduction drastique des émissions atmosphériques, notamment des poussières.

### 1.2 Potentiels de production de biométhane de synthèse et gisements accessibles

D'après une étude très récente coordonnée par l'ADEME<sup>6</sup>, un **gisement d'intrants de l'ordre de 230 TWh en 2050** sera techniquement mobilisable notamment grâce à de nouvelles pratiques comme la sylviculture dynamique et d'autres ressources biomasse (périmètre examiné dans l'étude majoritairement centré sur le bois et ses dérivés). En fonction des arbitrages réalistes sur les intrants, cela pourra représenter **de 65 à 140 TWh de biométhane de synthèse (issu des procédés de pyrogazéification) injectable dans les réseaux**, soit environ un tiers de la production de biométhane injectable envisagé à cette échéance.

La pyrogazéification à des fins d'injection dans les réseaux permet également de convertir des combustibles recyclés issus d'un tri à la source lorsque ces derniers ne peuvent être réutilisés en amont sous forme de matière (conformément à la hiérarchie de traitement des déchets). Dans ce cas, la filière se positionne comme une alternative innovante et vertueuse au modèle linéaire conventionnel conduisant in fine à l'incinération et/ou à l'enfouissement. Cette solution de valorisation bénéficie des bonnes pratiques de tri déjà en place pour produire efficacement de l'énergie à partir de matières carbonées en fin de vie, et cela, avec un taux d'émission de particules, GES et polluants réduit.

Échéance **2028 – 2030** :

À cet horizon de temps, la filière estime que le **potentiel** de production de biométhane de synthèse est compris entre **10 et 20 TWh/an**<sup>7</sup>.

### 1.3 Complémentarité avec la méthanisation

Les **filières méthanisation et pyrogazéification** permettent de **valoriser conjointement une partie des biomasses et matières organiques accessibles en territoire**. En effet, la pyrogazéification utilise principalement des intrants secs et non méthanisables (bois, autres matières ligneuses sèches, ressources biomasse sous statut déchet, matières organiques non biodégradables).

### 1.4 Modèle industriel

La filière « Injection de biométhane de synthèse » propose un **modèle de production décentralisé à l'échelle des territoires d'unités d'injection réseau au plus proche de la ressource** pouvant varier de quelques MW<sub>PCS</sub> à plusieurs dizaines de MW<sub>PCS</sub> (soit de 300 à plusieurs milliers de nm<sup>3</sup>/h selon la

<sup>2</sup> Calculs réalisés avant optimisation de la chaîne de production. Ces chiffres seront révisés suite aux essais réalisés sur la plateforme GAYA avec une chaîne de production optimisée.

<sup>3</sup> RED II : Directive Energie Renouvelable II, à paraître courant 2018 – Position du conseil du 13/12/2017 – Critère de durabilité pour la production de chaleur = -70% par rapport à la référence fossile (80 gCO<sub>2</sub>eq/MJ) en 2021 et -75% en 2026.

<sup>4</sup> Selon l'amendement EU 2015/065 à la Fuel Quality Directive

<sup>5</sup> Cf. notamment, la pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique, Société française de santé publique, Collection Santé et société N° 4 mai 1996

<sup>6</sup> Étude « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? » (ADEME, janvier 2018)

<sup>7</sup> Ce potentiel intègre majoritairement du biométhane de synthèse issu des procédés de pyrogazéification et également du biométhane issu des procédés de gazéification hydrothermale des algues et de Power to gas.

puissance et les types d'intrants). La technologie propose une **forte modularité et flexibilité technique sur les intrants** dans un mode productif non intermittent.

#### 1.5 Un modèle intégré aux territoires et de nombreuses externalités positives

Le maillage du réseau de gaz français permet de disposer d'une **liberté d'implantation sur la quasi-totalité du territoire**. En effet, **98% du gisement de ressources renouvelables accessibles à l'injection de méthane issu de pyrogazéification en France est positionné à moins de 50 km d'une canalisation de gaz** (selon une étude du DBFZ<sup>8</sup>).

La filière permettra de **créer des emplois directs et non délocalisables** de tous niveaux de qualification, ainsi que de nombreux emplois indirects pour l'approvisionnement des ressources, la construction et l'exploitation des sites.

Par ailleurs, la filière « Injection de biométhane de synthèse » crée de **nombreuses autres externalités positives** ayant une valeur intrinsèque réelle pour la collectivité, tant au niveau national que territorial. Néanmoins, elles restent à quantifier à ce stade : santé publique, environnement, contribution à la mise en place des territoires à énergie positive et mobilité propre à l'échelle locale, balance commerciale, réemploi d'installations industrielles et production de garanties d'origine en quantité.

#### 1.6 Maturité économique et scénario d'industrialisation

La filière « Injection de biométhane de synthèse » produite par pyrogazéification est actuellement en phase de démarrage avec **l'émergence des premières unités commerciales en Europe**. Ces premières installations à taille industrielle qui visent l'injection de biométhane de synthèse dans les réseaux de gaz proposent des unités d'une **puissance de l'ordre de 5 MW à 30 MW**.

Le contexte français permet d'envisager un **prix de vente du biométhane de synthèse compris entre 90 et 120 €/MWh PCS**, notamment **en fonction des intrants utilisés**. Ce prix, est cohérent avec ce qu'on observe ailleurs en Europe pour ce type de filière innovante et pour d'autres filières de production d'énergie renouvelable comme la méthanisation. Ce modèle intègre l'augmentation de la fiscalité du carbone qui viendra impacter significativement les énergies conventionnelles et renforcer la compétitivité de ce type d'énergie renouvelable. Par ailleurs, l'industrialisation de la filière permettrait à moyen terme d'envisager **une baisse substantielle des coûts de production grâce à l'effet d'apprentissage, des gains d'échelle, de la standardisation et des progrès technologiques**. Le scénario industriel envisagé présente dès maintenant une montée en puissance progressive de la filière biométhane de synthèse issu de pyrogazéification. Il permettra de contribuer à l'atteinte en 2030 des objectifs d'injection de gaz renouvelables dans les réseaux, en complément de la méthanisation et d'autres filières innovantes comme le Power to gas.

En fonction du soutien des pouvoirs publics pour lancer et sécuriser la filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification en France, et compte-tenu de la forte mobilisation du tissu industriel français et des acteurs locaux, les **premiers projets** pourraient apparaître **dès 2020/2021**.

#### 1.7 Procédés, maturité technologique et rendements associés

Les acteurs de la filière sont fortement mobilisés et disposent dès à présent de solutions techniques flexibles et innovantes. La plupart des technologies utilisées à ce stade dans la chaîne de valeur reposent sur des **procédés techniquement éprouvés (TRL<sup>9</sup> de 8)**.

Les projets de démonstration ont permis de confirmer la faisabilité technique de la production de biométhane de synthèse à partir de biomasse. L'un des défis actuels est l'intégration de ces procédés pour produire par pyrogazéification du biométhane de synthèse à une échelle industrielle.

<sup>8</sup> DBFZ : Deutsches Biomasseforschungszentrum / German biomass research center, étude Vgas réalisée en 2010 dans le cadre du programme ANR / Bioénergie (étude non publique)

<sup>9</sup> TRL : Technology Readiness Level : indice de maturité technologique selon l'échelle internationale. Indice de 1 à 4 : technologie à l'échelle laboratoire ; un indice de 4 à 7 : technologie à l'échelle pilote ; indice 8-9 : technologie commerciale

À titre illustratif, la conversion de la biomasse en biométhane par pyrogazéification suivie d'une étape de méthanation<sup>10</sup> offre des **rendements énergétiques (biométhane + récupération de chaleur) avantageux** de 70 à 85% en moyenne validé à l'échelle industrielle<sup>11</sup>

#### 1.8 Les réseaux de gaz, des puissants outils de transfert, de stockage et de flexibilité intrajournalière

**Généralement peu sensibles aux contraintes de saisonnalité, la plupart des réseaux permettent de consommer à n'importe quel moment dans l'année ou dans la journée le gaz produit sur le territoire Français.** Ainsi, avec des garanties d'origine étendues à la filière « Injection de biométhane de synthèse », le biométhane produit pourrait être utilisé pour tous les usages conventionnels du gaz naturel. Ces usages sont en effet très nombreux grâce à la grande polyvalence du vecteur gaz: mobilité, gaz matière, première production de chaleur, d'électricité ...

Les réseaux et les stockages souterrains sont alors utilisés comme des **puissants outils de transfert et de stockage** de l'énergie produite localement (environ 130 TWh à la maille nationale). Cette énergie est ensuite utilisable **sur le long terme** (plusieurs saisons, voire davantage). Les réseaux assurent ainsi la **sécurité et la continuité d'approvisionnement des consommateurs**. Les infrastructures gazières garantissent une meilleure résilience et offrent une disponibilité accrue par rapport au système électrique. Les réseaux gaziers peuvent donc également contribuer à l'équilibrage et au bon fonctionnement du réseau électrique.

Dès à présent, les réseaux de gaz se préparent pour favoriser l'émergence des filières de production de gaz renouvelables, telles que la Pyrogazéification, le Power to gas, la Gazéification hydrothermale de biomasse liquide (algues, boues, effluents) et par voie de conséquence la multiplication des points d'injection (exemples : maillage, rebours, gaz et GNL portés, etc.). Les investissements engagés actuellement serviront demain utilement, et à coût maîtrisé, le déploiement des autres filières renouvelables. Il convient par ailleurs de souligner que les estimations réalisées montrent que les coûts d'adaptation du réseau restent marginaux<sup>12</sup>.

#### 1.9 Complémentarité avec la combustion pour production de chaleur

Les chaudières biomasse s'avèrent, dans beaucoup de cas, une excellente solution alternative aux énergies fossiles (habitat dispersé, usage direct de l'énergie produite, en présence de gisements bois et en l'absence de réseau de gaz à proximité). Pour un même usage de la biomasse, la filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification apporte elle aussi une réponse agile et efficace aux enjeux de la transition énergétique en adressant de multiples problématiques :

- **Multiplicité des usages de l'énergie produite** : mobilité, gaz matière première, production d'électricité, combustion directe dans les process industriels... tandis que la chaleur n'est utilisable que sous cette seule forme.
- **Biomasses valorisées** : certains gisements plus complexes à traiter ne trouvent pas de valorisation bien maîtrisée à travers les filières conventionnelles comme les chaufferies (résidus de l'industrie vinicole et de l'industrie sylvicole, fientes de volaille séchées, ...). Or, les enjeux d'optimisation des ressources auxquels nous sommes confrontés imposent de mobiliser dès à présent le panel d'intrants le plus large possible. En complément des chaudières biomasse, la pyrogazéification avec injection dans les réseaux propose un nouveau champ des possibles tout en contribuant au renforcement d'une économie circulaire efficace dans les territoires.
- **Stockabilité, désaisonnalisation et transférabilité de l'énergie produite** : le biométhane injecté bénéficie de la puissance des réseaux de gaz en termes de stockage, transfert, sécurité

<sup>10</sup> Le gaz issu de la pyrogazéification est transformé en méthane injectable dans le réseau par méthanation.

<sup>11</sup> Étude Quantis : Comment valoriser au mieux la ressource bois dans le canton de Vaud ? Loerincik Y., Schneider G., Codina Gironès V., Maréchal F., Février 2015

<sup>12</sup> Dans le cadre de l'étude « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? » (ADEME, janvier 2018), les coûts d'adaptation du réseau représentent 2 à 3% du coût complet (coût de production + coût d'acheminement + coût d'adaptation des réseaux).

d'approvisionnement et dessaisonnalisation de la production d'énergie. Ces atouts qui offrent une flexibilité inégalée restent - à ce jour - uniques dans le paysage énergétique ...

- **Excellence environnementale et bénéfiques pour la santé publique** avec des volumes de fumées de 2 à 4 fois inférieurs à la filière combustion, une très forte réduction des poussières et particules fines et des émissions de GES.
- **Performance énergétique et taux d'utilisation des équipements** : le rendement de la filière « Injection de biométhane de synthèse », de 70 à 85% en moyenne (avec intégration de la chaleur coproduite), s'avère comparable à celui des chaudières biomasse, de l'ordre de 80 à 85%<sup>13</sup>.

Par ailleurs, grâce à une utilisation des unités de production répartie sur toute l'année, leur taux d'utilisation se trouve largement amélioré par rapport à la filière combustion dont les chaufferies ne sont utilisées que sur les mois d'hiver et en demi-saison, dans la majorité des cas.

- **Contribution à l'amélioration du cadre de vie grâce à la réduction des nuisances urbaines** avec une implantation des unités de production à l'écart des villes, contrairement aux chaudières qui doivent être installées au plus près des consommateurs. Le transport du gisement est quant à lui également réduit et se situe loin des agglomérations et d'un trafic routier intense.

**Ainsi, en fonction du besoin et du contexte propres à chaque situation, chacun de ces deux procédés s'inscrit dans le panel des solutions décarbonées du mix énergétique français auquel elles contribuent efficacement.**

### 1.10 Références industrielles et projets de pyrogazéification en cours en France et en Europe

**En France** : Plate-forme R&D semi-industrielle : le projet **GAYA** centré autour de la production de biométhane de synthèse injectable dans les réseaux a inauguré et mis en service sa plateforme de démonstration industrielle en Octobre **2017** à Saint Fons (69).

**En Europe** : La centrale de 20 MW<sub>BioCH<sub>4</sub></sub> **GOBIGAS** injecte depuis **2014** du biométhane dans le réseau de gaz de la ville de Göteborg en Suède. Parmi les projets industriels significatifs en Europe à venir, on peut citer les projets **AMBIGO** (2,8 MW<sub>BioCH<sub>4</sub></sub>, échéance 2019) aux Pays-Bas et **GoGreen Gas** en UK (12MW<sub>BioCH<sub>4</sub></sub> à terme, dont la première tranche est prévue pour fin 2018).

### 1.11 Leviers d'action envisageables et système d'aide au développement proposé par la filière

**A l'instar des mesures déjà prises pour développer la filière méthanisation ainsi que d'autres énergies renouvelables** (photovoltaïque, thermique, éolien terrestre, énergies marines), **la filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification a besoin dès maintenant de dispositifs incitatifs de soutien économique et réglementaire pour se développer.** Pour mémoire, plusieurs mécanismes de soutien coexistent en Europe, parfois dans un même pays (ex Pays-Bas : mécanisme de compensation (« feed in premium ») et contrats en gré à gré).

Grâce au soutien des pouvoirs publics, la **filière** propose de **s'engager** sur la **baisse des coûts à moyen terme** afin de limiter l'impact de son développement sur les finances publiques.

<sup>13</sup> D'après les études ADEME suivantes :

- Évaluation des performances énergétiques et environnementales de chaufferies biomasse - Rapport public - Août 2014,
- Évaluation des performances énergétiques et environnementales de chaufferies biomasse - CAMPAGNE DE MESURE 2016 - Version révisée de Février 2017

## 2. Argumentation détaillée des messages clés

### 2.1 Bilan Environnemental

La construction de la filière « Injection de biométhane de synthèse » s'inscrit résolument dans **l'excellence environnementale**. À titre d'exemple, un bilan environnemental complet a été réalisé sur l'ensemble de la filière lors du lancement du projet GAYA basé sur des intrants biogéniques (ACV GAYA, 2016 ; Müller-Langer, F., A. Perimenis, et al., 2009). Cette étude montre que la filière française de production de biométhane de synthèse par pyrogazéification de la biomasse bois émet 18 gCO<sub>2</sub>eq/MJ ou 64 gCO<sub>2</sub>eq/kWh<sup>14</sup> (étude GAYA, 2017), soit 76 gCO<sub>2</sub>eq évités / MJ de biométhane produit. Cela signifie qu'elle **répond aux critères de durabilité discutés par le Conseil Européen dans le cadre de la Directive RED II**<sup>15</sup>.

- Pour un **usage carburant**, elle assure une **réduction** maximale des émissions de **GES de 80%** par rapport à la référence définie dans RED II <sup>16</sup>.
- Les technologies mises en œuvre permettent d'envisager à dire d'experts<sup>17</sup> une **réduction drastique des émissions atmosphériques**, notamment des poussières, par rapport aux voies de valorisation conventionnelles (chaleur, électricité, biofuel ...).
- La filière contribuera demain à l'atteinte de l'objectif de **réduction de 50% de l'enfouissement à l'horizon 2025**. Alors que la Chine, première destination des déchets mondiaux (un quart du total mondial des déchets valorisables), annonce une réduction drastique de ses importations.

Parmi les effets constatés dans cette même étude (voir figure 1 ci-dessus) :

- 25% en moyenne des impacts sont liés aux filières amont d'approvisionnement en ressources. La filière se positionne en faveur de projets décentralisés à proximité du gisement afin de minimiser le transport (rayon d'approvisionnement inférieur à 70 km). Une augmentation du rayon d'approvisionnement à 200 km ayant pour effet d'augmenter cette part à 50%.
- L'impact du transport du biométhane dans le réseau est inférieur à 1% ce qui confirme l'intérêt de convertir la biomasse en gaz puis de le transporter par ce mode faiblement émetteur.
- Le process permettant la conversion de la biomasse en biométhane est responsable d'environ 60 % des émissions de CO<sub>2</sub> de la filière (via la consommation d'utilités et consommables notamment). Les 40% restant sont imputables à la production / transport de la biomasse en début de chaîne et au transport du biométhane de synthèse dans les réseaux.
- Les rejets atmosphériques sont réduits tant en quantité qu'en terme de concentrations (très inférieures aux normes de rejets les plus drastiques en Europe). Les rejets atmosphériques de la filière sont donc beaucoup plus aisés à maîtriser et traiter que pour les filières conventionnelles.

---

<sup>14</sup> Calculs réalisés avant optimisation de la chaîne de production. Ces chiffres seront révisés suite aux essais réalisés sur la plateforme GAYA avec une chaîne de production optimisée.

<sup>15</sup> RED II : Directive Energie Renouvelable II, à paraître courant 2018 – Position du conseil du 13/12/2017 – Critère de durabilité pour la production de chaleur = -70% par rapport à la référence fossile (80 gCO<sub>2</sub>eq/MJ) en 2021 et -75% en 2026.

<sup>16</sup> Selon l'amendement EU 2015/065 à la Fuel Quality Directive

<sup>17</sup> Cf. notamment, la pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique, Société française de santé publique, Collection Santé et société N° 4 mai 1996

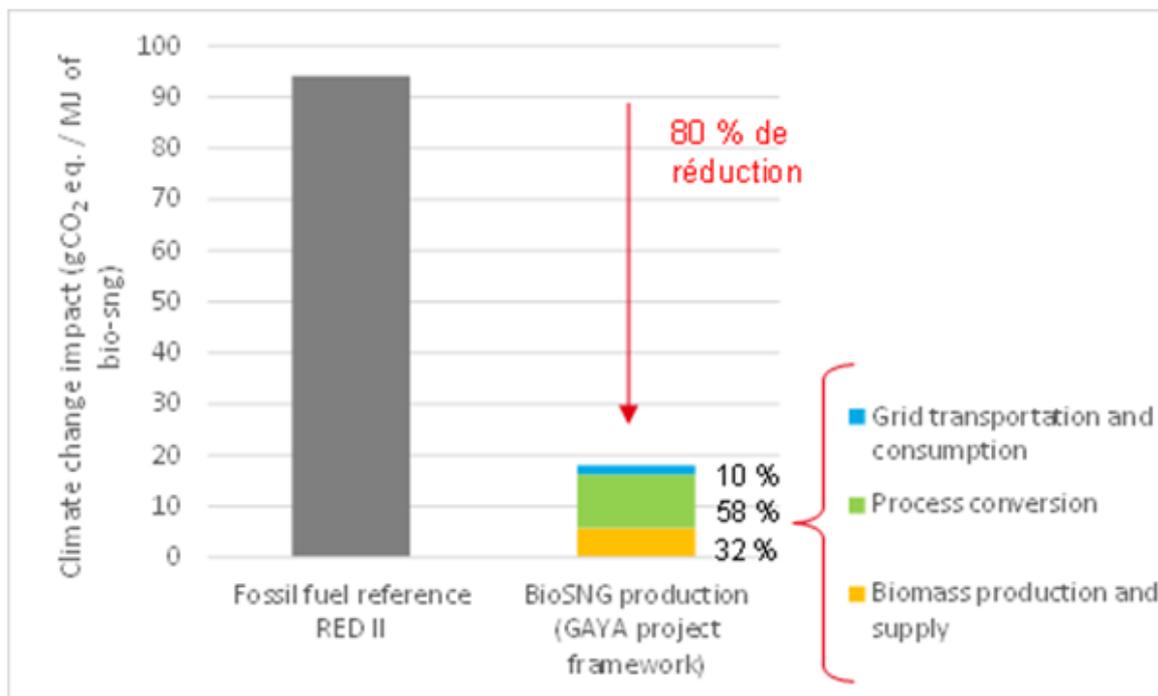


Figure 1 : Analyse de cycle de vie du biométhane produit dans le cadre du projet GAYA et comparaison des impacts suivant le référentiel de la Directive Européenne RED II<sup>18</sup> (gCO<sub>2</sub>eq/ MJ biométhane)

## 2.2 Quel gisement de ressources accessibles ? Quel potentiel de production de biométhane de synthèse ?

La filière permet de valoriser un large spectre de ressources en complément des filières conventionnelles ou par digestion anaérobie notamment. L'essentiel de ces ressources est d'origine lignocellulosique (sylviculture, agriculture, industrie du bois, ...). Il est également constitué des ressources biomasse sous statut déchets et autres matières organiques difficilement ou non biodégradables (boues papetières, traverses, poteaux, etc...).

Elle s'attache en particulier aux ressources peu ou mal valorisées (cf. les ressources biomasse sous statut déchets et les autres matières organiques non biodégradables). La filière « Injection de biométhane de synthèse » contribue donc à la mise en place et à la montée en puissance des voies de production et de collecte des gisements identifiés. Parmi ceux-ci, on pourrait citer le bois, dont l'évolution durable des pratiques de production permettrait d'accroître la disponibilité pour les différents usages. À titre d'exemple, le potentiel de croissance de la production sylvicole en France est estimé jusqu'à 20 millions de m<sup>3</sup> entre 2031 et 2035<sup>19</sup>.

Le gisement techniquement mobilisable provenant du bois et de ses dérivés accessible sur le territoire français est estimé à 230 TWh à horizon 2050<sup>20</sup>. Le potentiel de production de biométhane de synthèse injectable dans les réseaux et issu des procédés de pyrogazéification correspondant est estimé entre 65 et 140 TWh à horizon 2050<sup>14</sup> en fonction des arbitrages réalistes sur les intrants, soit environ un tiers de la production de biométhane injectable envisagé à cette échéance. Compte-tenu de la progression attendue de la filière pour atteindre cet objectif, le potentiel de production de biométhane de synthèse est estimé entre 10 et 20 TWh à l'horizon 2028/2030.

<sup>18</sup> Selon l'amendement EU 2015/065 à la Fuel Quality Directive

<sup>19</sup> « Étude de la disponibilité en bois pour l'énergie et les matériaux en France, à l'horizon 2035 », FCBA (avril 2016)

<sup>20</sup> Étude « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? », ADEME, GRDF, GRTgaz (janvier 2018).

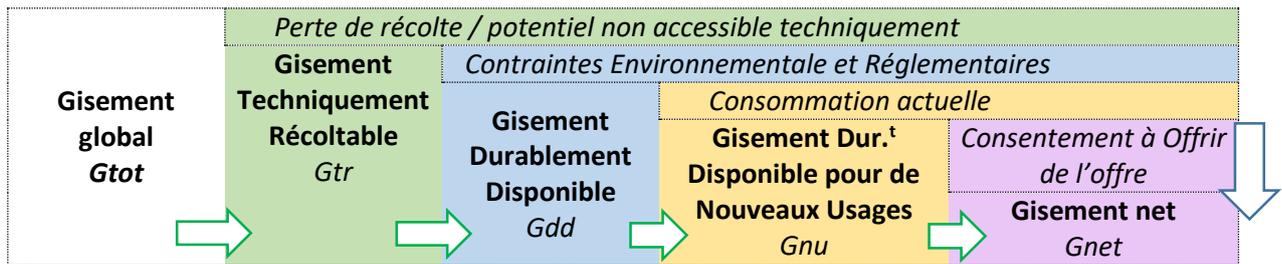


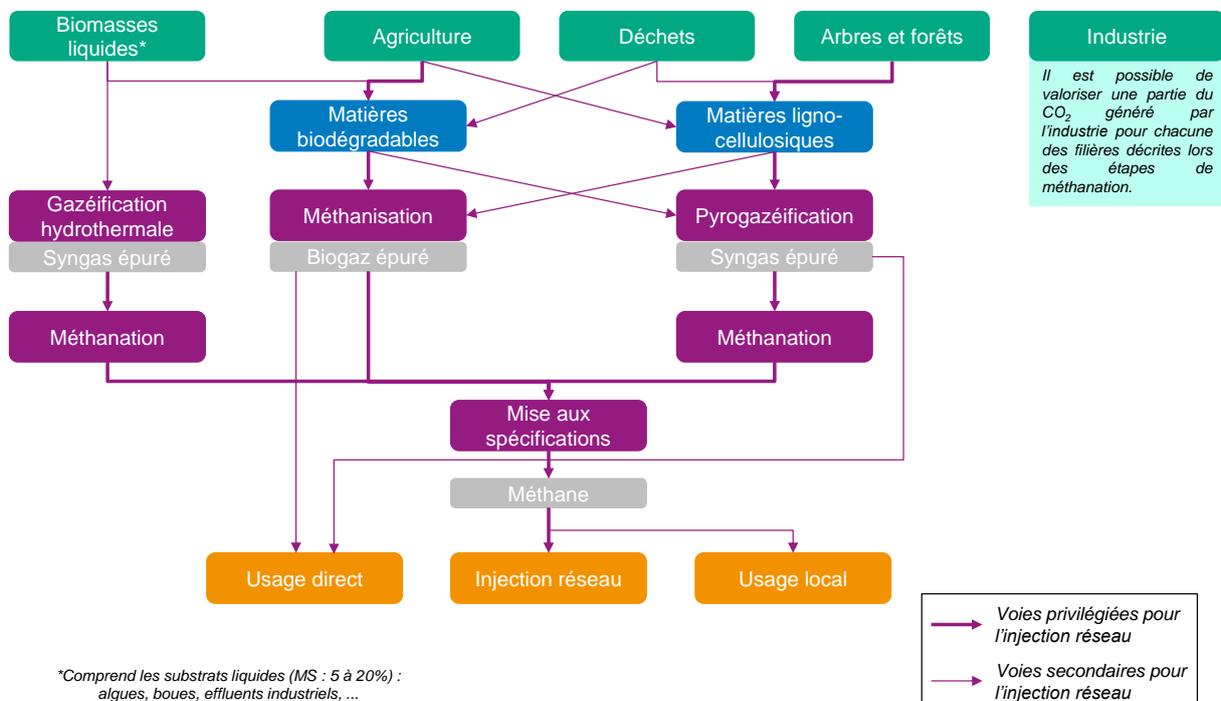
Figure 2 : Étapes de calcul des différents gisements de biomasse

La pyrogazéification à des fins d’injection dans les réseaux permet également de convertir des combustibles recyclés issus d’un tri à la source lorsque ces derniers ne peuvent être réutilisés en amont sous forme de matière (conformément à la hiérarchie de traitement des déchets).

La filière se positionne alors comme une alternative innovante et vertueuse au modèle linéaire conventionnel conduisant in fine à l’incinération et/ou à l’enfouissement. Cette solution de valorisation bénéficie des bonnes pratiques de tri déjà en place dans les territoires. Elle permet de produire efficacement de l’énergie à partir des matières carbonées en fin de vie, et cela, avec un taux d’émission de particules réduit. Dans ce cas de figure, le modèle proposé s’intègre ainsi parfaitement au processus de mise en place d’une économie circulaire optimisée dans les territoires.

### 2.3 Complémentarité avec la méthanisation

Les voies « Injection dans les réseaux » des filières méthanisation et pyrogazéification sont complémentaires et permettent de valoriser conjointement une partie des biomasses et matières organiques accessibles en territoire (voir figure 3 ci-dessous). Elles permettent également d’activer les synergies entre les procédés.



\*Comprend les substrats liquides (MS : 5 à 20%) : algues, boues, effluents industriels, ...

Figure 3 : Les filières de production de gaz renouvelables, pour valoriser une grande variété de biomasses disponibles dans les territoires

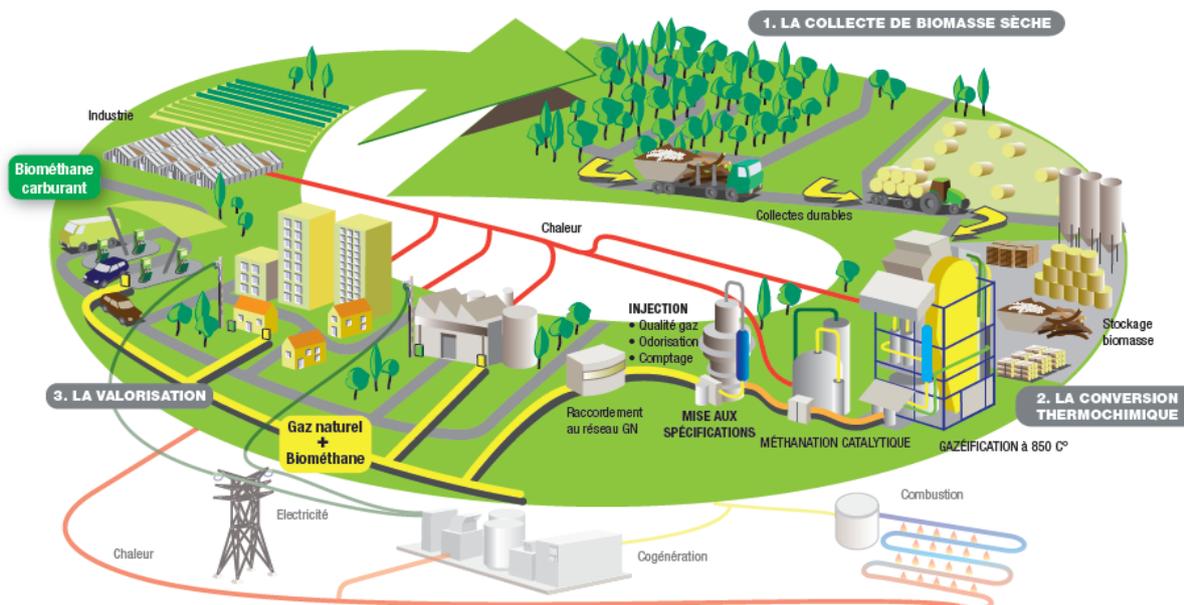
La voie de l’injection de biométhane de synthèse issu de la filière **pyrogazéification** vise la **conversion de matières carbonées sèches de type ligno-cellulosiques** comme des résidus forestiers ou agricoles ainsi que des **matières recyclées renouvelables, des sous-produits du traitement des déchets** (boues, ...). Elle n’est généralement pas adaptée à la valorisation de matières à taux d’humidité très élevé qui sont plutôt destinées à la filière de production de biométhane par digestion anaérobie (méthanisation).

Les procédés de méthanisation et de pyrogazéification sont donc complémentaires puisqu’ils font appel à des intrants différents (excepté - à la marge - sur les pailles ou les boues de step).

Par ailleurs, notons que la méthanisation peut également recourir à la méthanation comme procédé aval, pour recycler le CO<sub>2</sub> contenu dans le biogaz et permettre la production d’un biométhane de synthèse d’origine différente de la pyrogazéification (voir figure 3). Associés ou non, Power to gas, Méthanisation et Pyrogazéification permettent ainsi d’activer les synergies et de maximiser les économies.

### 2.4 Un modèle industriel qui adresse les problématiques des territoires et offre de nombreuses externalités positives

La filière « Injection de biométhane de synthèse » produit par pyrogazéification propose **un modèle industriel basé sur la valorisation énergétique ou le recyclage d’un large panel d’intrants à l’échelle du territoire**. Cette parfaite intégration à la bio-économie locale est permise par la flexibilité des technologies de pyrogazéification qui sont capables de valoriser des intrants de natures très variées (biomasses, ...) et à l’échelle de gisements locaux.



**Figure 4 : Filière de production de biométhane de synthèse issu de pyrogazéification et intégration au territoire selon un modèle circulaire**

Le modèle économique de la filière repose sur la valorisation et le recyclage de nombreuses matières issues de la forêt, de résidus de l’agriculture ou de déchets industriels et municipaux.

## Position Paper

Filière « Injection de biométhane de synthèse »



La filière peut ainsi contribuer à **valoriser ces matières à proximité des gisements afin de limiter les distances de transports et contribuer pour certaines d'entre elles à un retour à la terre des minéraux** (notamment pour le bois et les résidus agricoles). Dans certains cas, le biométhane produit injecté sur les réseaux peut être utilisé en **matière première pour certains usages** à haute valeur ajoutée tels : chimie, alimentation animale, matériaux ...

Les **projets à vocation d'injection réseau** pourront être **situés au plus proche des ressources**<sup>21</sup>. Ils présentent des tailles pouvant varier de quelques MW<sub>PCS</sub> à plusieurs dizaines de MW<sub>PCS</sub> (soit de 300 à plusieurs milliers de nm<sup>3</sup>/h selon la puissance et les types d'intrants), et mobilisent en moyenne 10 à 100 000 T/an de matières à valoriser.

Les projets permettront demain de valoriser des intrants de tous types, non adressables à la filière méthanisation, répondant ainsi en partie aux problématiques des territoires, notamment liées à l'optimisation des schémas régionaux biomasse et déchets.

La filière « Injection de biométhane de synthèse » produit par pyrogazéification permettra de **créer des emplois directs et non délocalisables** de tous niveaux de qualification :

- Pour l'approvisionnement des ressources,
- Pour la construction du site,
- Pour l'exploitation du site.

Outre les emplois, la filière « Injection de biométhane de synthèse » crée de **nombreuses autres externalités positives ayant une valeur intrinsèque réelle pour la collectivité, tant au niveau national que territorial**. Néanmoins, ces dernières restent à quantifier et monétiser à ce stade :

- **Santé publique** : particules fines, réduction des volumes de fumées de 2 à 4 fois inférieures aux filières conventionnelles, très forte réduction des émissions de polluants à l'atmosphère...,
- **Environnement** : très forte réduction des émissions de GES, empreinte au sol et toxicité réduites, contribution à l'optimisation des filières biomasse et déchets,
- **Contribution à la mise en place des territoires à énergie positive et à une mobilité propre à l'échelle locale,**
- **Réemploi d'installations industrielles** : friches industrielles, réseaux de gaz ...,
- **Balance commerciale** : réduction des importations de gaz naturel,
- **Production de garanties d'origine en quantité.**

La démarche de la filière « Injection de biométhane de synthèse » offre également des opportunités de développement voire de leadership aux TPE et PME françaises, en pointe sur les briques innovantes de la chaîne de valeur, et qui se mobilisent dès aujourd'hui.

## 2.5 Maturité économique et scénario industriel 2020-2030

La filière de production de méthane par pyrogazéification est actuellement en **phase de démarrage** avec **l'émergence des premières unités commerciales en Europe**. Ces premières installations à taille industrielle qui visent l'injection de biométhane de synthèse dans les réseaux de gaz proposent des unités d'une puissance de l'ordre de 5 MW à 30 MW en moyenne.

Avec l'émergence des premiers projets en France dès la fin de l'année 2017 ainsi que l'appui de la puissance publique, la filière sera en capacité à l'horizon **2021** de délivrer les **premières installations à taille industrielle**. Le **prix de vente du biométhane produit** pour les premières installations est **comparable à celui de la filière méthanisation, soit entre 90 et 120 €/MWh PCS**. Ce prix est cohérent avec les chiffres observés ailleurs en Europe pour des contextes réglementaires similaires. Ce modèle intègre l'augmentation de la fiscalité du carbone

<sup>21</sup> Selon une étude non publique du DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum / German biomass research center) étude Vgas réalisée en 2010 dans le cadre du programme ANR / Bioénergie

## Position Paper

Filière « Injection de biométhane de synthèse »



qui viendra impacter significativement les énergies conventionnelles et renforcer la compétitivité de ce type d'énergie renouvelable.

À titre d'exemple, le montant de la TICGN s'élèvera à 16 €/MWh à opposer au prix du gaz naturel au marché de gros (PEG Nord) de 18 €/MWh (15/02/2018).

L'industrialisation de la filière permettrait à **moyen terme** d'envisager une **baisse substantielle des coûts de production grâce à l'effet d'apprentissage, des gains d'échelle, la standardisation et les progrès technologiques**. Le scénario industriel proposé présente dès maintenant une montée en puissance progressive de la filière afin de contribuer à l'atteinte en 2030 des objectifs d'injection de gaz renouvelables, en complément de la méthanisation et d'autres filières innovantes comme le Power to gas.

Le tissu industriel se mobilise dès aujourd'hui pour assurer le développement de la filière avec l'arrivée des premiers projets prévue pour 2021. **Grâce à la mobilisation des acteurs industriels et des pouvoirs publics, la filière « Injection de biométhane de synthèse » contribuera de manière significative à l'atteinte des objectifs de la Loi de transition énergétique.**



Figure 5 : Montée en puissance de la filière « Injection de biométhane de synthèse »

## 2.6 Procédés, maturité technologique et rendement associé

Le méthane obtenu par pyrogazéification est injectable dans les réseaux gaziers et substituable au gaz naturel dans ses nombreuses applications grâce à la grande polyvalence du vecteur gaz : mobilité, production d'électricité, de chaleur, combustion directe, gaz matière première (chimie, alimentation animale, matériaux ...).

La production de biométhane issu des procédés de pyrogazéification comprend généralement **5 étapes clés** (voir figure 6) :

- La **préparation des intrants** (séchage, pelletisation, torréfaction, broyage) pouvant être intégrée au procédé en option.
- La **pyrogazéification** : étape de décomposition thermique d'un intrant carboné (biomasse, ...) en gaz de synthèse, en absence ou en défaut d'oxygène, qui peut reposer ou non sur une étape préalable de pyrolyse.
- Le **lavage, épuration** : permet d'extraire ou d'éliminer la fraction condensable du gaz de synthèse brut ainsi que certains polluants afin de le purifier. Cette étape est rendue nécessaire par le passage ultérieur de ce gaz de synthèse purifié dans les briques en aval du gazéifieur afin de séparer ou méthaner le gaz raffiné obtenu.
- La **méthanation** : étape de synthèse du méthane à partir du gaz de synthèse brut ayant subi une épuration.
- La **mise aux spécifications** : pour ajuster les caractéristiques finales du gaz obtenu (pouvoir calorifique, teneur en eau ...) afin de répondre aux spécifications du gaz injectable dans les réseaux.

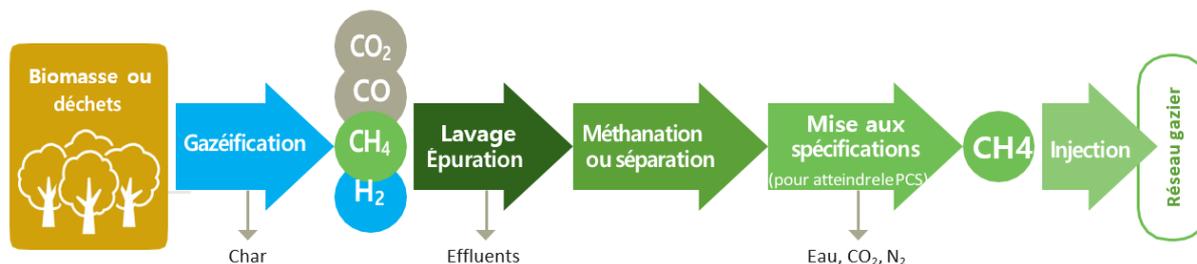


Figure 6 : Description du procédé de production de biométhane de synthèse par pyrogazéification

La conversion de la biomasse en biométhane par pyrogazéification suivie d'une étape de méthanation<sup>22</sup> offre des **rendements énergétiques (biométhane + récupération de chaleur) avantageux** de 70 à 85% en moyenne validé à l'échelle industrielle<sup>23</sup> (pour un rendement biomasse → biométhane de 65 % validé à l'échelle industrielle<sup>24</sup>). Les **technologies** de pyrogazéification et de méthanation mobilisées sur les briques de la filière « Injection de biométhane de synthèse » produit par pyrogazéification existent déjà et sont **pour la plupart capables d'être déployées à l'échelle industrielle (TRL 8)**. De nombreuses références existent déjà sur les briques technologiques pour d'autres applications (traitement des particules, traitement des sulfures...). Des développements de nouvelles technologies sont en cours sur certaines briques de la chaîne de valeur (méthanation biologique, ...).

L'**enjeu de maturité technique du système** dans son ensemble ne repose pas sur une rupture technologique mais sur **l'assemblage des briques technologiques pour un fonctionnement optimisé et continu** en condition industrielle (TRL 8). En effet, les différents projets démonstrateurs R&D en Europe (GOBIGAS, GAYA, voir chapitre 2.9) ont permis d'accélérer la mise au point de ces technologies et d'optimiser leur intégration pour la production de biométhane de synthèse. Ces progrès ouvrent la voie vers une nouvelle ère industrielle du procédé basée sur un modèle décentralisé, compétitif, doté de bonnes performances de disponibilité (disponibilité de 7 500 heures par an) et capable de fonctionner toute l'année sans contrainte de saisonnalité.

## 2.7 Les réseaux de gaz, de puissants outils de transfert, de stockage d'énergie et de flexibilité intrajournalière

Le modèle de production de gaz de synthèse avec injection réseau présente l'intérêt de bénéficier de la souplesse et des puissantes capacités de stockage des réseaux et stockages souterrains de gaz (environ 130 TWh à la maille nationale). **Généralement peu sensibles aux contraintes de saisonnalité, la plupart des réseaux permettent de consommer à tout moment dans l'année ou dans la journée le gaz produit en tout point du territoire français.** En effet, des garanties d'origine étendues à la filière « Injection de biométhane de synthèse » pourraient être utilisées pour tous les usages conventionnels du gaz naturel. Ces usages sont en effet très nombreux grâce à la polyvalence du vecteur gaz : mobilité, gaz matière première, production de chaleur, d'électricité, ...

Les infrastructures gazières sont de fait utilisées comme des **puissants outils de transfert et de stockage de l'énergie produite**. Cette énergie est alors **utilisable sur le long terme : plusieurs saisons, voire davantage**. Les réseaux garantissent ainsi **la sécurité et la continuité d'approvisionnement des consommateurs**, et s'inscrivent en **complémentarité d'autres énergies plus difficilement stockables** (voir figure 7 ci-après). Les infrastructures gazières garantissent en effet une meilleure résilience et offrent une disponibilité accrue par rapport au système électrique. Ils permettent par ailleurs de répondre en temps réel aux pointes intra journalières, même en période

<sup>22</sup> Le gaz issu de la pyrogazéification est transformé en méthane injectable dans le réseau par méthanation.

<sup>23</sup> Étude Quantis : Comment valoriser au mieux la ressource bois dans le canton de Vaud ? Loerincik Y., Schneider G., Codina Gironès V., Maréchal F., Février 2015

<sup>24</sup> Issu de l'étude GAYA et des données publiques de Gobigas : [https://www.svebio.se/app/uploads/2017/05/Holmquist\\_Lars\\_ABC17.pdf](https://www.svebio.se/app/uploads/2017/05/Holmquist_Lars_ABC17.pdf)

## Position Paper

Filière « Injection de biométhane de synthèse »

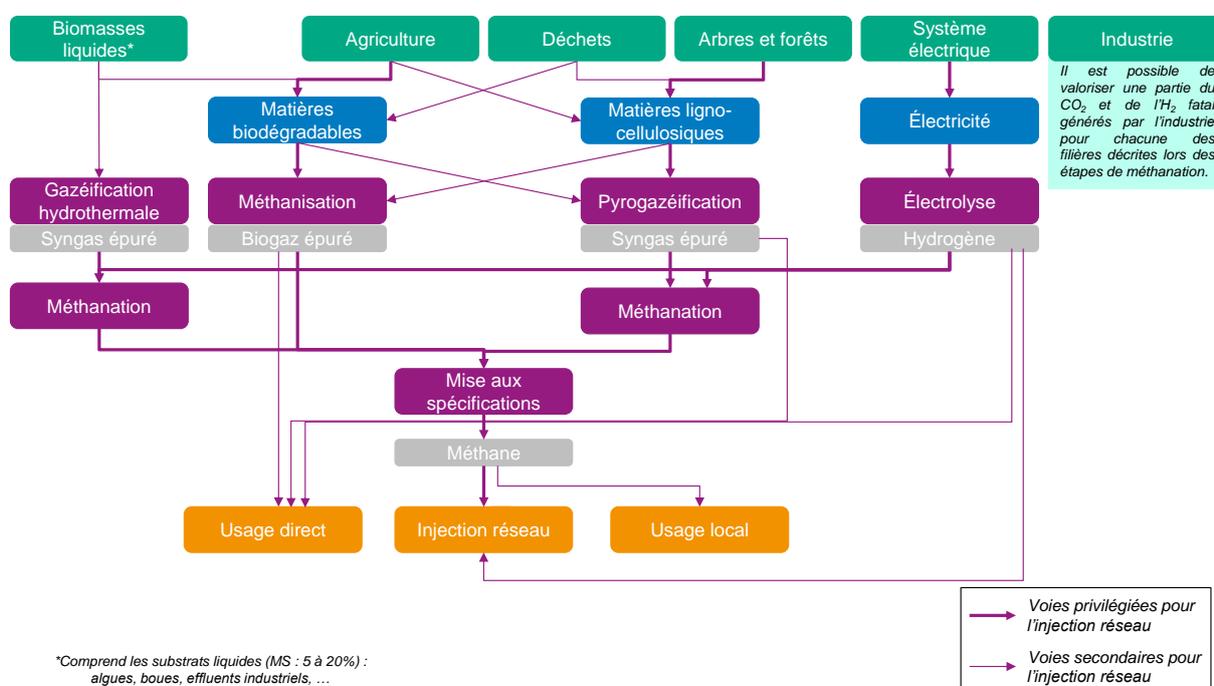
hivernale. Les réseaux gaziers peuvent donc également contribuer à l'équilibrage et au bon fonctionnement du réseau électrique.

Par ailleurs, les réseaux de gaz se préparent dès à présent afin de favoriser l'émergence des différentes filières de production de gaz renouvelables (exemples : maillage, rebours, gaz et GNL portés, etc.).

Différents modes de production de biométhane de synthèse avec injection peuvent en effet coexister :

- des installations de production de biométhane par digestion anaérobie (méthanisation),
- des installations de production de biométhane de synthèse par pyrogazéification,
- des dispositifs de type Power to gas, passerelles entre réseaux d'électricité et réseaux de gaz, permettant l'injection d'hydrogène, de méthane de synthèse produit à partir de CO<sub>2</sub> capté dans les fumées ou, par exemple, de biométhane de synthèse issu de la méthanisation,
- les technologies centrées sur la valorisation de la biomasse liquide (algues, boues, effluents),
- ou d'autres technologies à venir dans le futur.

**Les investissements engagés actuellement serviront demain utilement et à coût maîtrisé le déploiement des autres filières renouvelables.** Soulignons que les estimations réalisées montrent que **les coûts d'adaptation du réseau restent marginaux**<sup>25</sup>.



**Figure 7 :** Les filières de production de gaz renouvelables, pour valoriser une grande variété de biomasses disponibles dans les territoires

Injecté dans le réseau, le biométhane de synthèse produit par pyrogazéification est donc utilisable pour tous les usages conventionnels du gaz naturel, tels que le secteur résidentiel-tertiaire, l'industrie ou la mobilité.

<sup>25</sup> Dans le cadre de l'étude « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? » (ADEME, janvier 2018), les coûts d'adaptation du réseau représentent 2 à 3% du coût complet (coût de production + coût d'acheminement + coût d'adaptation des réseaux).

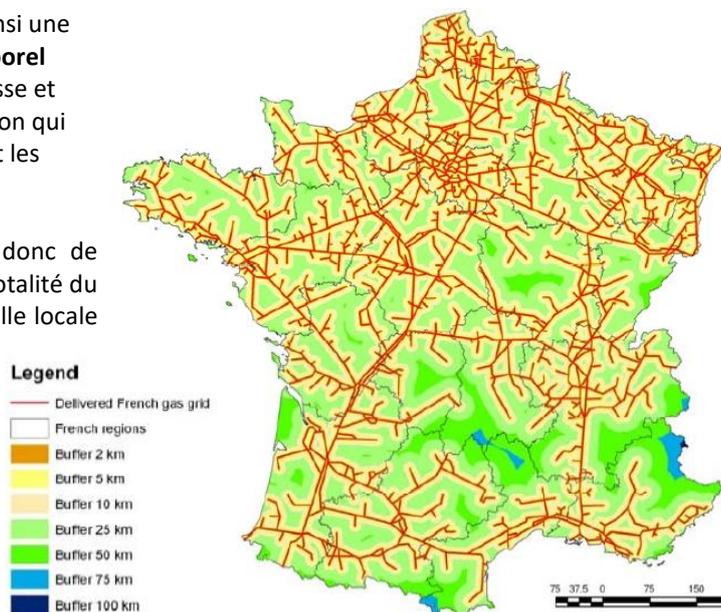
## Position Paper

Filière « Injection de biométhane de synthèse »

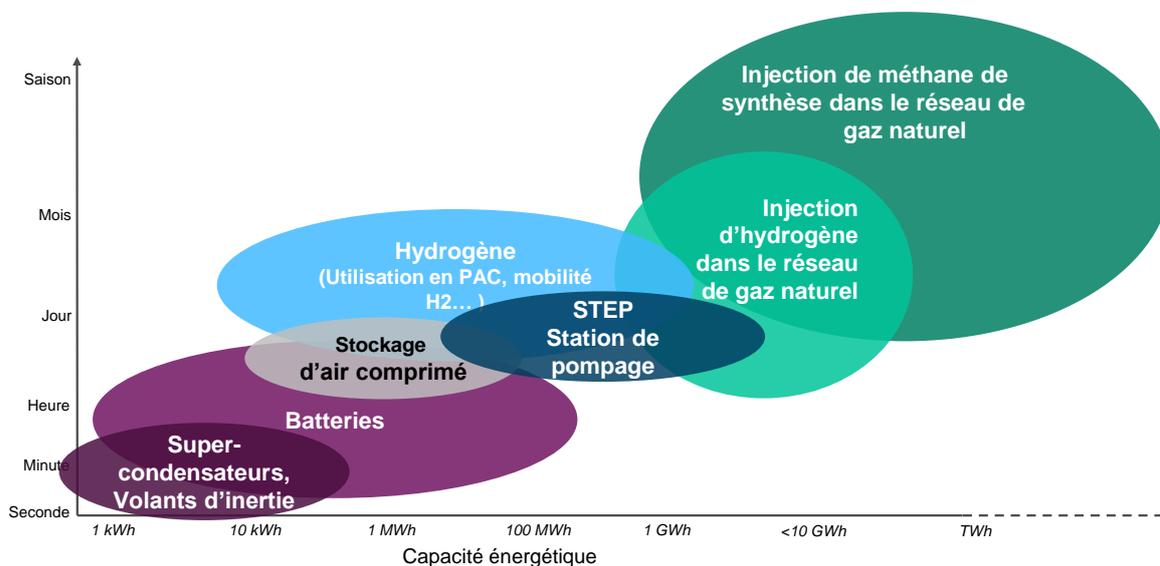
Une étude du DBFZ<sup>26</sup> montre que **98% du gisement de ressources renouvelables** accessibles à l'injection de biométhane issu de pyrogazéification en France est positionné à **moins de 50 km d'une canalisation de gaz**.

Le modèle industriel basé sur l'injection apporte ainsi une **grande flexibilité en termes géographique et temporel** entre la production dans les zones riches en biomasse et ressources éligibles aux procédés et la consommation qui peut être concentrée dans les clusters industriels et les grandes villes.

Le maillage du réseau de gaz français permet donc de disposer d'une liberté d'implantation sur la quasi-totalité du territoire national avec un modèle intégré à la maille locale d'installations de production de biométhane de synthèse (biométhane de méthanisation, biométhane de synthèse, hydrogène). Demain, cette possibilité sera encore améliorée via les réflexions en cours d'adaptation des réseaux.



**Figure 8 :** Recoupement géographique du gisement de biomasse accessible à l'injection de méthane de synthèse en France et du réseau de gaz<sup>27</sup>.



**Figure 9 :** Les réseaux, de puissants outils de stockage

<sup>26</sup> DBFZ : Deutsches Biomasseforschungszentrum / German biomass research center, étude Vgas réalisée en 2010 dans le cadre du programme ANR / Bioénergie (étude non publique)

<sup>27</sup> DBFZ : Deutsches Biomasseforschungszentrum / German biomass research center, étude Vgas réalisée en 2010 dans le cadre du programme ANR / Bioénergie (étude non publique)

## Position Paper

Filière « Injection de biométhane de synthèse »

La filière « Injection de biométhane de synthèse » est donc en mesure d'apporter des **réponses efficaces aux problématiques liées aux schémas régionaux biomasse et déchets tout en s'affranchissant des contraintes saisonnières** inhérentes aux modes de valorisation traditionnels (chaudières, valorisation de la chaleur produite par incinération ou cogénération).

### 2.8 Complémentarité avec la combustion pour production de chaleur

L'utilisation de procédés de combustion de la biomasse remonte à des temps ancestraux et s'avère encore dans beaucoup de cas, une excellente solution alternative aux énergies fossiles : habitat dispersé ou isolé ou encore, usage direct de l'énergie produite, notamment dans des réseaux de chaleur, en l'absence de réseau de gaz à proximité.

Pour un même usage de la biomasse, la filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification offre elle aussi de nombreux **atouts** :

- **Multiplicité des usages de l'énergie produite** : à l'instar du gaz naturel, le biométhane obtenu par pyrogazéification peut bien sûr être utilisé pour produire de la chaleur mais adresse également de nombreux autres usages: mobilité, gaz matière première (chimie, alimentation animale, matériaux, ...), production d'électricité, combustion directe dans les process industriels (fabrication de matériaux, verre, briques, matériaux de construction, d'isolation,...).

La chaleur produite dans les chaufferies de biomasse n'est quant à elle utilisable que sous forme de chaleur (et production d'électricité dans certains cas). Elle n'est donc pas valorisable pour tous les autres usages et offre moins de flexibilité.

- **Biomasses valorisées** : la nature des intrants traités est un point clé du choix des technologies employées. En effet, certaines technologies comme les chaufferies biomasse constituent des voies bien maîtrisées de valorisation de certains intrants traditionnels comme le bois. Afin de répondre efficacement aux enjeux de la Transition Énergétique, il est dorénavant indispensable d'élargir le champ des possibles en mobilisant le plus large panel d'intrants techniquement envisageables.

Or, certains gisements sont à ce jour peu ou/et mal valorisés par les filières conventionnelles (tels que les résidus de l'industrie vinicole et de l'industrie sylvicole, les fientes de volaille séchées, ou le bois pollué) mais trouvent d'ores et déjà des valorisations possibles sur certains sites équipés de gazéificateurs<sup>28</sup>. La pyrogazéification avec injection dans les réseaux apporte des solutions pour ces biomasses complexes à traiter et plus difficilement acceptables en chaudière. Elle contribue par conséquent directement à une mise en place efficace de l'économie circulaire dans les territoires, en complément des chaudières biomasse.

- **Stockabilité, désaisonnalisation et transférabilité de l'énergie produite** : alors que la chaleur produite par combustion doit être utilisée immédiatement sans possibilité d'être stockée, le biométhane produit par pyrogazéification peut être injecté toute l'année dans les réseaux de gaz. Il peut y être stocké en grandes quantités (environ 130 TWh, soit un tiers de la consommation annuelle nationale) et sur de longues durées (quelques mois à une année, voire davantage) mais également déstocké très rapidement afin de répondre à des pointes intra journalières.

La chaleur produite par combustion n'est transférable que sur de relatives courtes distances et au prix de pertes énergétiques importantes (entre 10 à 25% à dire d'experts). Elle donc doit être consommée à proximité, ce qui impose de fortes contraintes aux projets (présence d'un utilisateur pérenne en aval).

<sup>28</sup> Tels qu'à Cardiff (Royaume-Uni) pour la gazéification de bois B, à Ciudad Real (Espagne) pour la gazéification de marc de raisin et de grignons d'olives, à Vechta (Allemagne) pour la gazéification de fientes de volailles et à Dornbirn (Autriche) pour la valorisation de boues de step séchées

La filière « Injection de biométhane de synthèse » bénéficie ainsi de la puissance, de l'efficacité mais aussi de la grande résilience des infrastructures gazières.

- **Accessibilité des réseaux de gaz** : largement maillés sur le territoire et bien maîtrisés, les réseaux offrent une réelle proximité: une étude du DBFZ<sup>29</sup> montre que **98% du gisement de ressources renouvelables** accessibles à l'injection de méthane issu de pyrogazéification en France est positionné **à moins de 50 km d'une canalisation de gaz**. Les projets d'amélioration des réseaux en cours apporteront à moyen terme encore davantage de souplesse pour des coûts d'adaptation maîtrisés voire marginaux, de l'ordre de 2 à 3% du prix du biométhane produit (exemples : maillage, rebours, gaz et GNL portés, etc.).

Demain, grâce aux gaz renouvelables, la production de chaleur décarbonée pourra se développer à travers les réseaux de chaleur situés à proximité des réseaux de gaz. Ces bénéfices peuvent être envisagés sans investissement ni modification des installations de combustion existantes utilisant déjà du gaz naturel.

- La filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification présente également de nombreux **atouts pour la santé et l'environnement**, pour un même usage de la biomasse sèche :
  - **Santé publique** : réduction drastique des volumes de fumées de 2 à 4 fois inférieurs aux filières conventionnelles (au minimum), très forte réduction des poussières, particules fines et des émissions de polluants à l'atmosphère...
  - **Environnement** : très forte réduction des émissions de GES grâce par des volumes de fumées réduits, moindre empreinte au sol et toxicité induite, contribution à l'optimisation des filières biomasse et déchets.

Ainsi, la filière s'inscrit résolument **dans l'excellence environnementale**. À titre d'exemple, les études menées dans le cadre du projet GAYA montrent que ce type de procédé valorisant des biomasses répond aux critères de durabilité en cours de définition par le Conseil Européen dans le cadre de la Directive RED II <sup>30</sup> (18 gCO<sub>2</sub>eq/MJ de biométhane produit ou 64 gCO<sub>2</sub>eq/kWh soit 76 gCO<sub>2</sub>eq évités / MJ de biométhane produit.<sup>31</sup>).

- **Performance énergétique et taux d'utilisation des équipements** : lorsque la chaleur fatale coproduite en surplus sur l'installation est également valorisée, le rendement énergétique (biomasse → biométhane + récupération de chaleur) de la filière « Injection de biométhane de synthèse » s'inscrit de 70 à 85% en moyenne, validé à l'échelle industrielle (pour un rendement biomasse → biométhane de 65 % validé à l'échelle industrielle<sup>32</sup>). Ces rendements s'avèrent donc comparables à ceux des chaudières biomasse, de l'ordre de 80 à 85%<sup>33</sup>.

Par ailleurs, soulignons que la filière « Injection de biométhane de synthèse » permet à la fois une production et une utilisation de l'énergie produite réparties sur toute l'année. Le taux d'utilisation s'en trouve donc largement amélioré par rapport à la filière combustion dont les chaufferies ne sont utilisées que sur les mois d'hiver et en demi-saison, dans la majorité des cas.

- **Sécurité d'approvisionnement** : l'injection de biométhane de synthèse dans les réseaux de gaz permet, grâce aux puissantes capacités de transfert et de stockage de ces derniers, de se prémunir des risques

---

<sup>29</sup> DBFZ : Deutsches Biomasseforschungszentrum / German biomass research center, étude Vgas réalisée en 2010 dans le cadre du programme ANR / Bioénergie (étude non publique)

<sup>30</sup> RED II : Directive Énergie Renouvelable II, à paraître courant 2018 – Position du conseil du 13/12/2017 – Critère de durabilité pour la production de chaleur = -70% par rapport à la référence fossile (80 gCO<sub>2</sub>eq/MJ) en 2021 et -75% en 2026.

<sup>31</sup> Calculs réalisés avant optimisation de la chaîne de production. Ces chiffres seront révisés suite aux essais réalisés sur la plateforme GAYA avec une chaîne de production optimisée.

<sup>32</sup> Issu de l'étude GAYA et des données publiques de Gobigas :

[https://www.svebio.se/app/uploads/2017/05/Holmquist\\_Lars\\_ABC17.pdf](https://www.svebio.se/app/uploads/2017/05/Holmquist_Lars_ABC17.pdf)

<sup>33</sup> D'après les études ADEME suivantes :

- Évaluation des performances énergétiques et environnementales de chaufferies biomasse - Rapport public - Août 2014,

- Évaluation des performances énergétiques et environnementales de chaufferies biomasse - CAMPAGNE DE MESURE 2016 - Version révisée de Février 2017

liés à la rupture d’approvisionnement pour l’utilisateur final. Les réseaux assurent ainsi la continuité d’approvisionnement des consommateurs.

La chaleur produite par combustion de la biomasse ne bénéficie pas de cette sécurité : en cas de problème technique lié au process ou de rupture d’approvisionnement du combustible, le consommateur final est immédiatement impacté, sauf si ce dernier dispose d’une solution palliative. La gestion de l’alimentation en intrants des chaudières implique donc davantage de complexité logistique et d’exploitation. Pour les usages les plus sensibles, une redondance active des équipements ou un raccordement de secours au réseau de gaz sont donc indispensables.

- **Soutien au réseau électrique** : les infrastructures gazières garantissent d’excellentes performances de résilience et de disponibilité. Soulignons que les réseaux gaziers peuvent contribuer efficacement à l’équilibrage et au bon fonctionnement du réseau électrique à travers un vecteur gaz décarboné (cogénération, CCG, Power to gas) bénéficiant d’un rendement amélioré par rapport aux turbines de faible puissance<sup>34</sup>.
- **Contribution à l’amélioration du cadre de vie** :
  - **Réduction des nuisances urbaines** grâce à une implantation des unités de production au plus près des ressources et à l’écart des villes. Compte-tenu de la difficulté à stocker et transférer de la chaleur, les chaudières doivent quant à elles être installées au plus près des consommateurs. Les chaudières en centre-ville présentent souvent des contraintes d’urbanisme en zone dense.
  - **Amélioration de la sécurité routière** : la filière « Injection de biométhane de synthèse » nécessite également moins de roulage de la biomasse qui peut être gazéifiée au plus près des réseaux, loin des agglomérations et d’un trafic routier intense.

La filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification permet notamment de valoriser des intrants plus difficiles à traiter par les filières conventionnelles. Elle s’inscrit donc en complémentarité d’autres technologies de production d’ENR en valorisant conjointement une partie des biomasses et matières organiques accessibles en territoire.

Par ailleurs, grâce à leurs puissantes capacités de transfert et de stockage, les infrastructures gazières offrent une flexibilité inégalée à ce jour dans le paysage énergétique. En effet, la chaleur et l’électricité restent plus difficilement transportables et stockables.

Demain, le développement de la filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification permettra, aux côtés des autres filières, de contribuer à l’atteinte des objectifs de 10% de gaz renouvelables dans les réseaux à l’horizon 2030, et même de les dépasser avec un objectif réalisable de 30% selon les Opérateurs de réseaux<sup>35</sup>.

<sup>34</sup> La combustion directe d’un solide nécessite des excès d’air importants et limite le rendement de production d’électricité en raison d’un recours à des turbines de faible puissance ( $\eta = 30 \%$ ). La transformation de la biomasse en biométhane dont la combustion est plus facile à maîtriser permet d’accéder à la production électrique par l’usage de moteurs plus efficaces ( $\eta = 42\%$ ).

<sup>35</sup> Étude « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? », ADEME, GRDF, GRTgaz (janvier 2018).

### 2.9 Références industrielles et projets



La **centrale GOBIGAS** a été inaugurée en 2014 dans la ville de Göteborg (Suède). D'une puissance de 20 MW<sub>biométhane</sub> (34 MW<sub>biomasse</sub>) elle convertit 90 000 T/an de plaquette de bois en biométhane injecté dans le réseau de transport de gaz de Swedishgas à 34 bars.

Le projet a été lancé en 2006 et fait suite à un plan stratégique de la régie municipale Göteborg Energi d'atteindre à l'horizon 2030, 100% de gaz renouvelable dans le réseau de la ville qui dispose déjà de plusieurs unités de biométhane issu de digestion anaérobie de déchets.

Le principal marché visé en Suède est la commercialisation de biométhane carburant sous forme de bioGNV. Avec plus de 50 stations dans la ville, Göteborg dispose d'un marché dynamique du biométhane et d'une forte demande de la part des entreprises et des clients particuliers.

Le **projet GAYA**, mené par ENGIE, est né de la collaboration de 11 partenaires industriels, académiques et institutionnels. Subventionné par l'ADEME, il a pour objectif de démontrer la faisabilité technique, économique et environnementale de la production de biométhane par gazéification de biomasse et méthanation du gaz de synthèse.

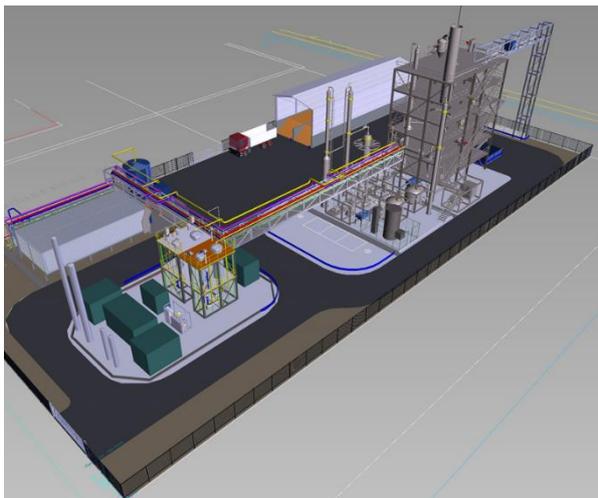
Fort d'un programme R&D de 9 ans, le projet a développé bon nombre d'outils pour appuyer l'industrialisation de cette filière dont une analyse du cycle de vie permettant d'orienter les choix techniques tout en démontrant la pertinence d'une telle filière d'un point de vue environnemental.



Le projet a construit et inaugurée en octobre 2017 en région lyonnaise une plateforme de démonstration unique dotée d'un jeu d'équipements de taille préindustrielle mis au point par les équipes de R&D d'ENGIE. La plateforme est destinée à accompagner l'écosystème des équipementiers afin de tester et d'optimiser leurs technologies via le déploiement d'un programme d'essais, contribuant ainsi rapidement à la réduction des coûts de production. Le projet a d'ores et déjà contribué à la montée en compétence d'une vingtaine de laboratoires et de start-ups.

## Position Paper

Filière « Injection de biométhane de synthèse »



Le **projet AMBIGO** est un démonstrateur commercial qui doit ouvrir une nouvelle filière industrielle de production de biométhane issu de pyrogazéification à partir de bois et de matières recyclées aux Pays-Bas. L'unité en projet sur la ville d'Alkmaar sera d'une puissance de 4 MW<sub>biomasse</sub> (2,6 MW<sub>biométhane</sub>) et injectera dans le réseau de gaz local grâce au soutien d'un tarif d'achat négocié en gré à gré avec le Gouvernement Néerlandais de 90 €/MWh supporté par Gasunie.

L'ingénierie de l'unité sera réalisée par ENGIE avec l'appui de 5 partenaires sur la base d'une technologie innovante de pyrogazéification et de méthanation développées par les sociétés Synova et ECN. Sa mise en service est prévue pour 2019.

2 autres projets industriels sont actuellement en préparation sur la base du modèle industriel d'AMBIGO.

Le démonstrateur GOGREENGAS est un projet mené à Swindon (UK) par la société Advanced Plasma Power en partenariat avec Cadent, et 2 autres partenaires. Il vise à démontrer la faisabilité technico-économique de la conversion de déchets de biomasse et déchets industriels en méthane de synthèse injectable par des technologies de pyrogazéification de type plasma. Le projet a mené à bien la construction d'un pilote de 1 MW et démarre la construction d'une unité industrielle de 4 MW afin de lancer une nouvelle filière de production de méthane issu de pyrogazéification. La première tranche du projet est prévue pour fin 2018 avec une puissance de l'installation de 12MW<sub>BioCH<sub>4</sub></sub> à terme.



### 2.10 Leviers d'action envisageables et système d'aide au développement proposé par la filière

À l'instar des mesures déjà prises pour développer la filière méthanisation ainsi que d'autres énergies renouvelables (photovoltaïque, thermique, éolien terrestre, énergies marines), **la filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification a besoin dès maintenant de dispositifs incitatifs de soutien économique et réglementaire pour se développer :**

- **Donner les moyens aux pouvoirs publics** d'accompagner le développement de la filière et de participer à ses travaux, en cohérence avec les politiques Méthanisation, Biomasse et Power to gas (DGEC, DGPR, ADEME), conformément au rapport de la Cour des comptes<sup>36</sup>
- **Soutenir la R&D:**  
À ce stade de développement et comme toute filière innovante de production d'énergie décarbonée, la filière « Injection de biométhane de synthèse » issu de pyrogazéification a besoin d'industrialiser son modèle et de se donner les moyens d'explorer de nouvelles alternatives.
  - En finançant des démonstrateurs de la filière par les pouvoirs publics comme l'ADEME (via les Fonds Chaleur et Déchets), et par les aides locales, régionales ou européennes (fonds d'investissements ciblés),
  - En acceptant un cadre dérogatoire pour ces projets de démonstration, en lien avec la DGPR,
  - En adaptant des procédures existantes, notamment pour les unités traitant moins de 50 t/an, en appliquant une réglementation adaptée : 2910 A ou B si justifié, ...

Avec le soutien des pouvoirs publics, la filière pourra s'industrialiser et envisager à moyen terme une baisse substantielle des coûts de production grâce à l'effet d'apprentissage, des gains d'échelle, la standardisation et les progrès technologiques. La filière propose par conséquent de s'engager résolument dans cette voie. Elle propose dès à présent une dégressivité encadrée des coûts de production afin de limiter l'impact de son développement sur les finances publiques.

- **Mettre en place des outils incitatifs dédiés** permettant le développement de la filière.  
Aujourd'hui, les acteurs de la filière sont prêts à lancer des projets à taille commerciale d'injection de biométhane de synthèse issu de pyrogazéification. Cependant, sans visibilité sur une autorisation d'injection et un mécanisme de soutien, les projets ne pourront se concrétiser.  
À titre d'exemple, les textes existants relatifs au biométhane sont dédiés à la digestion anaérobie. L'autorisation d'injecter du biométhane dans les réseaux est donc uniquement associée à la technologie de méthanisation. Sans modification de la réglementation existante, il n'est de fait pas possible d'injecter un biométhane produit par d'autres technologies.  
Avant toute chose, il est donc nécessaire de permettre réglementairement l'injection de biométhane de synthèse dans les réseaux par pyrogazéification (et plus généralement, par tout autre procédé). Ensuite, un mécanisme de soutien financier encadré, applicable sur une durée déterminée, pourrait être mis en place, à l'instar des aides attribuées à la filière méthanisation.  
Par exemple :
  - étendre le système de **garanties d'origine** mis en place pour la méthanisation à l'injection de biométhane de synthèse,
  - **aides aux premiers projets** (y compris sous la forme d'aides au raccordement des projets aux réseaux ...),
  - mettre en œuvre une **fiscalité incitative** applicables au biométhane produit par pyrogazéification (non-soumission à la TICGN, taxe carbone, TGAP, ...).

La filière propose également de permettre la coexistence d'un mécanisme de soutien dédié et de contrats mis en place dans la phase de lancement de la filière (AMI ou gré à gré) dans le cas où des projets seraient lancés en amont de son développement. Comme évoqué précédemment, la filière propose de s'engager sur la baisse des coûts de production à moyen terme.

<sup>36</sup> Rapport de la Cour des comptes, page 9 : « Le soutien aux énergies renouvelables », communication à la commission des finances du Sénat, mars 2018

## Position Paper

### Filière « Injection de biométhane de synthèse »

Pour mémoire, plusieurs dispositifs d'aide existent d'ores et déjà en Europe, parfois dans un même pays (ex Pays-Bas : mécanisme de compensation (« feed in premium ») et contrats en gré à gré).

- **Dupliquer certaines mesures mises en place ou demandées pour la filière méthanisation** : des mesures pertinentes et efficaces sont déjà mises en place dans le cadre de la filière méthanisation. Certaines d'entre elles pourraient utilement et facilement être étendues à d'autres procédés de production de biométhane comme la pyrogazéification. De manière générale, cette mutualisation des outils réglementaires est de nature à faciliter l'émergence de nouvelles filières.  
**Ainsi, il serait intéressant de bénéficier des dispositions mises en place pour la filière méthanisation lorsque celles-ci sont aisément transposables à la filière « injection de biométhane de synthèse »** : non-soumission à la TICGN / taxe carbone, TGAP, garanties d'origine, files d'attente.

## Références bibliographiques

**Boerrigter, H., Zwart, R. W. R., Deurwaarder, E. P., Meijden, C. M. & Paasen, S. V. B. (2006).** Production of Synthetic Natural Gas (SNG) from biomass; development and operation of an integrated bio-SNG system; non-confidential version.

**Bush, V. (2008).** Biomass Gasification: Emerging Technologies for Converting Biomass to Pipeline-Quality SNG. *Wisconsin Public Utility Institute, Natural Gas Symposium* **GTI, Gas Technology Institute.**

**Gassner, M. & Marechal, F. (2006).** Thermo-economic optimisation of the integration of electrolysis in SNG production from wood.

**Gassner, M. & Maréchal, F. (2006).** Thermo-economic model of a process converting wood to methane. *Submitted to Biomass and Bioenergy.*

**Mozaffarian, M., Zwart, R. W. R., Boerrigter, H., Deurwaarder, E. P. & Kersten, S. R. A. (2006).** Green Gas' as SNG (Synthetic Natural Gas); A renewable fuel with Conventional Quality. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion, 6 th International Conference, Vancouver Island, Canada* **30**, 04-085.

**Zwart, R. W. R. & Boerrigter, H. (2005).** High efficiency co-production of synthetic natural gas (SNG) and Fischer-Tropsch (FT) transportation fuels from biomass. *Energy and Fuels* **19**, 591-597.

**Cour des comptes (mars 2018) :** Rapport « Le soutien aux énergies renouvelables », communication à la commission des finances du Sénat