

La Filière de la « Pyrogazéification » au service du développement des territoires et de la transition énergétique

Les procédés de pyrolyse et gazéification peuvent apporter des réponses innovantes et performantes pour mieux valoriser énergétiquement de façon non intermittente de nombreuses biomasses et déchets au niveau des territoires, en forte complémentarité avec les autres procédés. Au vu de son potentiel et de son dynamisme, signe de l'attente du marché, cette filière mérite et nécessite un encadrement réglementaire plus adapté et un soutien public afin de l'accompagner dans son développement et lui permettre de devenir une référence mondiale sur ce secteur d'avenir.

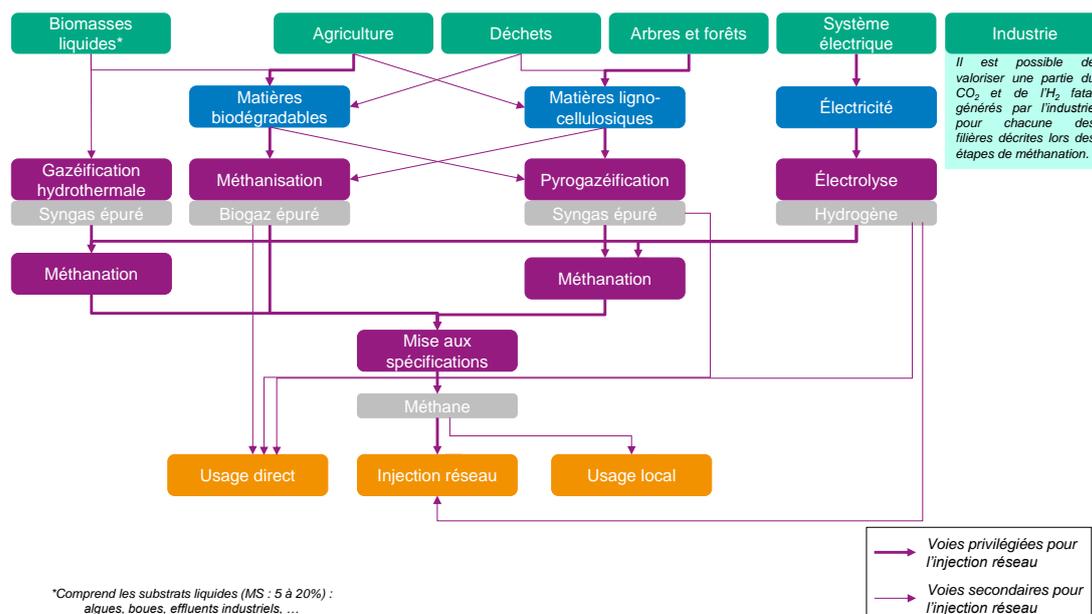
Qu'est-ce que la pyrolyse et la gazéification (pyrogazéification)?

Les procédés de pyrolyse et de gazéification **imitent le procédé à l'origine des énergies fossiles, mais beaucoup plus rapidement** (de quelques secondes à quelques heures). Pour cela, la matière carbonée relativement sèche (biomasse et/ou déchet) est chauffée à haute température (entre 400 et 1500 degrés Celsius), en absence ou défaut d'oxygène. La matière carbonée est alors transformée en gaz (syngaz), huile et/ou solide carboné. Les produits obtenus sont sous forme de composés énergétiques et gardent tout leur pouvoir énergétique pour une application spécifique ultérieure. Ces composés sont plus denses énergétiquement que la matière entrante, plus homogènes et in fine plus facilement valorisables car transportables et stockables. A contrario, la combustion et l'incinération utilisent immédiatement le pouvoir énergétique des produits ou déchets sous forme de chaleur, par oxydation en présence d'un excès d'oxygène.

Après cette transformation sous une forme plus facilement valorisable, ces nouveaux composés peuvent ainsi être utilisés directement en aval ou sur un autre site, soit sous forme énergétique, par exemple dans une chaudière ou un moteur à combustion interne en substitution d'une énergie fossile ou après injection dans le réseau gaz, soit sous forme chimique pour la préparation de biocarburants ou de molécules à haute valeur ajoutée.

Quels gisements pour quelles utilisations ? Quel positionnement par rapport aux autres filières ?

Le schéma ci-après résume les principaux points clé :



Positionnement relatif des filières de méthanisation, gazéification, combustion et électrolyse

- Les **filières méthanisation et pyrogazéification** sont **complémentaires (pas de conflit d'usage des intrants)** et permettent de proposer une **valorisation pour un large panel de matières organiques accessibles en territoire**. En effet, la pyrogazéification utilise principalement des intrants secs et non méthanisables (bois, autres matières ligneuses sèches et ressources biomasse sous statut déchet ou non, autres déchets combustibles comme les CSR).
- De nombreuses utilisations sont possibles : par exemple, le gaz produit (après purification le cas échéant) peut venir **en substitution au gaz naturel dans toutes ses applications** : production d'électricité, de chaleur, combustion directe, gaz matière première (valorisation matière : chimie, alimentation animale, matériaux, ...)

La filière de la pyrogazéification est aussi **complémentaire par rapport à la combustion et l'incinération**. De nombreuses ressources biomasse ne « brûlent » pas bien (fusion des cendres, par exemple les résidus ligno-cellulosiques de compostage) mais se prêtent bien à la pyrogazéification (absence d'oxygène évitant la fusion des cendres). Sur les déchets, la filière de la pyrogazéification se positionne sur des ressources homogènes à fort pouvoir calorifique, sur de petites ou moyennes capacités, cohérentes avec des rayons d'approvisionnement local et non sur des ordures ménagères avec de très grosses capacités (incinération).

Quel potentiel global à long terme ? Quel Modèle industriel ?

Une étude récente de l'ADEME montre qu'un gaz 100% renouvelable en 2050 est possible et à des coûts acceptables. Il en ressort :

- **La pyrogazéification y tient une place de choix avec un potentiel de production entre 15% (40 TWh) et 40% (148 TWh) du potentiel global en fonction des scénarios.**
- **Le potentiel en termes de ressources pyrogazéifiables, non méthanisables, mobilisables sans conflits avec les cultures alimentaires et les usages actuels, est très important**
- **Les ressources pyrogazéifiables sont bien réparties sur l'ensemble du territoire et de nature variée en fonction des régions.**

Ainsi, même dans un scénario où le gaz n'est pas 100% renouvelable en 2050, le développement de cette filière est **un élément majeur de la politique d'aménagement du territoire pour l'agriculture, la sylviculture et la gestion locale des déchets organiques secs**. Grâce à une grande modularité et flexibilité en termes d'entrants et de sortant et de petites ou moyennes capacités pouvant varier de quelques MW_{PCS} à plusieurs dizaines de MW_{PCS}, les technologies de pyrogazéification sont en adéquation avec les gisements décentralisés, évitant autant de transports routiers. La filière propose ainsi **un modèle de production décentralisé, non intermittent et potentiellement désaisonnalisé (injection réseau), à l'échelle des territoires d'unités au plus proche de la ressource**. « En France, nous n'avons pas de pétrole, mais des idées »... et potentiellement beaucoup de gisements exploitables. Pourtant, faute d'un encadrement juridique adéquat, de nombreuses ressources (bois B, résidus ligno-cellulosiques de compostage, CSR,...) s'entassent sur les plateformes françaises ou partent à l'étranger faute d'exutoires sur le territoire.

Quels sont les avantages d'une transformation en composés énergétiques ?

Le fonctionnement en deux étapes des procédés de pyrolyse/gazéification (étape 1 de transformation en composés énergétiques, étape 2 de valorisation) offre de nombreux avantages techniques et environnementaux :

- De meilleurs rendements énergétiques : par exemple, l'utilisation d'un composé sous forme gazeuse dans un moteur à combustion interne permet d'atteindre un rendement électrique de l'ordre de 30% supérieur à celui d'une turbine à vapeur en aval d'une chaudière biomasse ou d'un incinérateur.
- La possibilité de répondre aux contraintes des industriels utilisant des process à haute température : les gaz produits peuvent être valorisés directement au cœur de procédés industriels (verrier, briquetier, ...) en substitution du gaz naturel, permettant d'atteindre les niveaux de température nécessaires et inatteignables avec de la chaleur récupérée sur une chaudière classique. Cette substitution est essentielle à la survie de ces industries sur le territoire et pour répondre à leurs engagements de réduction des GES (180 TWh de gaz consommés aujourd'hui en France par le tissu industriel).

- **De très bonnes performances environnementales** : il est possible de purifier avant leur valorisation, les composés énergétiques produits à partir de déchets, en éliminant par exemple les éléments chlorés, précurseurs de la formation de dioxines, et les poussières. Les mesures réalisées sur les unités existantes montrent en effet **des taux de dioxines/furanes, et poussières atmosphériques nettement plus faibles** que les valeurs limites d'émission réglementaires.
- La possibilité de **transformer localement des biomasses** (très peu denses en énergie au m³), loin des centre-villes, sous forme de **gaz injectable dans les réseaux gaz** pour une utilisation ultérieure et beaucoup plus loin : les réseaux gaz sont **un formidable outil de transfert et de stockage intersaisonnier (130 TWh), très bien maillé au niveau du territoire, capable de répondre efficacement à de fortes pointes intrajournalières, et complémentaire à un réseau électrique appelé à accueillir de plus en plus d'énergies intermittentes**.
- Le volume de fumées dégagées après combustion des composés énergétiques est 2 à 4 fois plus faible qu'en combustion directe, permettant **d'améliorer l'efficacité énergétique globale du système** (moins de pertes thermiques dans les fumées) mais aussi d'avoir des **installations beaucoup plus compactes**.

Maturité technologique : la mise en œuvre des procédés de pyrolyse/gazéification est ancienne comme en témoigne la fabrication séculaire de charbon de bois, ou de gaz à partir de charbon et/ou de bois (gaz de houille pour l'éclairage de villes au 19^{ème} siècle, gazogène au début du 20^{ème} siècle comme carburant de véhicules de transport). Actuellement, ces procédés sont développés de façon industrielle dans les zones géographiques où la ressource biomasse ou les déchets sont abondants et bon marché (Amérique latine, Chine, UK, ...).

Pour les déchets, le développement des technologies est plus récent. Une première génération de procédés a été développée à partir des années 80/90 en alternative aux technologies d'incinération, avec l'avantage d'avoir des installations plus compactes et de vitrifier les mâchefers (beaucoup utilisés au Japon). Depuis quelques années, une seconde génération de procédés s'intéresse prioritairement aux déchets issus de refus de tri ou triés à la source et non recyclables, a fortiori beaucoup plus homogènes que les ordures ménagères en mélange. Ils se caractérisent par des tailles plus réduites en adéquation à la fois avec les gisements de ressources et les besoins énergétiques locaux. Ils se focalisent sur la valorisation énergétique des déchets et non sur un simple traitement, avec la recherche d'une plus grande efficacité énergétique globale.

Pour l'injection réseau, les projets européens de démonstration en cours (dont Gaya à Lyon par Engie mis en service en 2017) ont permis de confirmer la faisabilité technique de la production de biométhane de synthèse à partir de biomasse. En fonction du soutien des Pouvoirs Publics pour lancer et sécuriser la filière en France, les premiers projets d'injection réseau de gaz issu de gazéification pourraient apparaître d'ici 2020/2021.

La filière est l'objet également de nombreuses innovations avec un tissu industriel riche en start-ups nationales épaulées par un tissu de laboratoires et de centres d'expertises issus de l'excellence scientifique française

Rendement énergétique global : il varie de 65 à 85% en fonction de l'usage direct ou non et de la valorisation de la chaleur, **rendement énergétiquement avantageux par rapport aux autres voies de valorisation pour une même ressource et même débouché**.

Bilan environnemental : La construction de la filière pyrogazéification s'inscrit résolument dans l'excellence environnementale, notamment en termes de **réduction des émissions de poussières et de dioxines**, point décisif dans le cadre des problématiques de pollutions aux poussières fines au cœur des villes ou de certaines vallées. Les études préliminaires montrent par exemple que la production de biométhane de synthèse par pyrogazéification de la biomasse bois émet 18 gCO₂eq/MJ (étude GAYA, 2017), soit une **réduction des émissions de GES de 80%** pour une utilisation bioGNV par rapport aux filières diesel / essence. Cela signifie qu'elle **répond aux critères de durabilité en cours de définition par le Conseil Européen** dans le cadre de la Directive RED II.

Compétitivité : par exemple, pour l'injection réseau, le contexte français permet d'envisager un **coût de production compris entre 90 et 120 €/MWh**, 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 de procédé de production de gaz renouvelable**. L'industrialisation de la filière permettra 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.

Les enjeux sociaux : les gisements visés étant très peu denses en énergie au m³, ils se prêtent très mal au transport. Ces ressources doivent donc être utilisées localement... ou à défaut resteront mal valorisées. La valorisation locale permet de consolider l'agriculture et la sylviculture, crée de nombreux emplois au niveau de la collecte des ressources, de la construction et de l'exploitation des installations et peut offrir une solution durable à la gestion de certains résidus de déchets comme les CSR.

Les enjeux macro-économiques : au-delà de l'emploi, la France reprend la main sur l'utilisation de ses ressources et la production de son énergie (**balance commerciale**). Le développement de la filière permet également de donner **une seconde vie (durable) à des infrastructures utilisant jusque-là des énergies fossiles** s'amortissant sur de longues durées comme les réseaux gaz, qui deviendraient à défaut des actifs « échoués ».

Une filière française très dynamique : Plus de 80 sociétés sont représentées au sein du Club Pyrogazéification, créé il y a 4 ans, avec notamment les principaux acteurs du gaz, de la gestion des déchets, et de nombreuses startups, bureaux d'étude et laboratoires de recherche. La filière française a **le potentiel pour prendre une place de leader au niveau Européen et mondial**. Cette filière a besoin du soutien des pouvoirs publics, en partie sur le plan financier pour aider au lancement de la filière et à l'amorçage d'un marché intérieur, mais aussi pour **mettre en place un écosystème plus favorable** (de nombreux projets ne se font pas car l'innovation est souvent perçue seulement comme un risque).

Leviers d'action envisageables et système d'aide au développement proposé par la filière : dès maintenant, la filière « Pyrogazéification » française a besoin de dispositifs de soutien économique et réglementaire incitatifs pour se développer sur le territoire national, à l'instar des mesures déjà prises pour développer la filière méthanisation ainsi que d'autres énergies renouvelables (solaire, thermique, photovoltaïque, éolien terrestre, énergies marines) et de ce qu'ont su mettre en œuvre certains pays européens comme le Royaume-Uni ou les Pays-bas. 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

Quelle que soit la trajectoire réelle du mixte énergétique français des 10 prochaines années, il ressort des différentes analyses que le développement de la pyrogazéification présente de nombreux intérêts et complémentarités avec les autres filières en termes de transition énergétique, de développement de l'économie circulaire, d'aménagement du territoire en lien avec l'agriculture, la sylviculture et la gestion des déchets. La pyrogazéification est donc une chance, une « carte à jouer » d'autant plus que la France dispose d'une filière dynamique et d'une demande très forte. Comme toute filière innovante, comme cela a été le cas pour la méthanisation, son développement demande du temps, l'amorçage d'un marché intérieur favorable et un écosystème businessdynamique. Il est donc fondamental de donner rapidement à la filière les impulsions nécessaires.