



GAZ VERTS :

Renforçons nos synergies



Avant-propos

LES GAZ VERTS au sein de l'ATEE

Avec l'intégration du Club Pyrogazéification fin 2019, l'ATEE rassemble les principales filières de production de gaz renouvelable et bas-carbone que sont la méthanisation, le power-to-gas et la pyrogazéification.

Regroupant les principaux acteurs de leur filière respective, sur l'ensemble de leur chaîne de valeur, les Clubs Biogaz, Power-to-Gas et Pyrogazéification de l'ATEE ont pour mission de permettre l'élaboration d'un cadre favorable au développement et à l'industrialisation de ces technologies. Véritables plateformes d'échanges, nos Clubs assurent un relais entre les acteurs et les pouvoirs publics ainsi que des missions de veille, de communication et de partage de retours d'expériences.

Ces filières complémentaires seront la clé de l'élaboration d'un nouveau modèle de production locale et durable de gaz renouvelable et bas-carbone et leur alliance pourrait permettre d'atteindre un mix 100% gaz verts dans les réseaux à l'horizon 2050. Les 3 Clubs « Gaz Verts » de l'ATEE ont donc engagé une réflexion commune afin de formuler les conditions d'un développement optimisé de ces filières, notamment via l'identification des complémentarités et des synergies décrites dans ce document.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon par le Code pénal. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées dans le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992 – art. L 122-4 et L 122-5 et Code pénal art. 425).

L'ATEE en quelques mots

Ce document a été rédigé par les Clubs Biogaz, Pyrogazéification et Power-to-gas de l'ATEE dans le but de présenter une vision intégrée du développement des filières de production de gaz renouvelables. Le biométhane, le gaz de synthèse et l'hydrogène sont des voies complémentaires qui permettront, selon leur développement et leur maturité, de remplacer les consommations actuelles de gaz naturel et de carburants fossiles.

L'Association Technique Energie Environnement (ATEE) a été créée en 1978 pour encourager les économies d'énergie et l'efficacité énergétique, sujets qui restent encore aujourd'hui au cœur de ses métiers. Elle a progressivement pris en compte les enjeux environnementaux liés à l'énergie, la pollution atmosphérique et le changement climatique, avec la formation d'un second pôle d'activités reposant sur le même principe de démarche technique que le premier.

Aujourd'hui, le premier pôle regroupe les activités relatives à l'efficacité énergétique dans les entreprises et les collectivités dont les Clubs CEE* et Cogénération, tandis que le second est tourné vers le développement des énergies renouvelables à travers les Clubs Biogaz, Power-to-Gas, Pyrogazéification et Stockage d'Énergies.

Lieu d'information, de concertation et de propositions, l'ATEE est ouverte à tous les acteurs concernés par ces sujets, qu'ils soient personnes morales ou physiques, privées ou publiques. L'ATEE dispose en outre de 12 délégations régionales, qui démultiplient l'action sur le terrain et permettent d'en faire remonter les préoccupations et les retours d'expérience.

L'ATEE compte 2200 adhérents et édite la revue bimensuelle d'information Energie Plus.

* Certificat d'Economie d'Energie

PRÉAMBULE

Parce que le gaz est nécessaire à l'équilibre du système énergétique et offre par son verdissement une solution à l'objectif de neutralité carbone, la méthanisation, la pyrogazéification et la production de gaz à partir d'électricité renouvelable et bas-carbone doivent être soutenues. Produits dans les territoires, les gaz renouvelables peuvent s'appuyer sur des infrastructures de gaz existantes couvrant l'ensemble du territoire et qui intègrent des capacités importantes de stockage intersaisonnier (130 TWh).

Nous sommes convaincus de l'importance du gaz pour la transition énergétique et écologique des territoires. Ainsi, nous pensons qu'il est nécessaire de soutenir la décarbonation de cette énergie, associée à des mesures fortes de sobriété et d'efficacité, d'encourager le couplage des énergies et des infrastructures énergétiques et d'affirmer le rôle majeur des gaz verts, en association avec l'électricité et les réseaux de chaleur renouvelable, pour un système énergétique équilibré, résilient et vert.

Sommaire

1	Repenser nos fondamentaux pour surmonter les crises	06
2	Quelle place pour le gaz dans le futur mix énergétique ?	08
2.1	Le gaz : une énergie indispensable à l'équilibre du mix énergétique...	09
2.2	... mais qui doit se décarboner :	09
2.3	Les gaz renouvelables et bas-carbone : des filières complémentaires pour atteindre la neutralité carbone	10
2.4	Vers « un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 » ?	15
3	Renforcer les synergies entre filières pour un mix gazier 100% renouvelable	18
3.1	Les couplages « Méthanisation » et « Pyrogazéification »	19
3.2	Les couplages « Méthanisation » et « Power-to-gas »	20
3.3	Les couplages « Pyrogazéification » et « Power-to-gas »	22
3.4	Des synergies à développer pour soutenir le déploiement optimisé des filières de production de gaz renouvelables et bas-carbone	22



Repenser nos fondamentaux pour surmonter les crises

Depuis début 2020, la crise sanitaire que nous traversons a ralenti le monde. Economie stoppée, grands projets en attente, industrie ralentie, notre société fait une pause, nous donnant l'occasion de réinterroger nos choix et de repenser notre futur.

Cette crise hors normes et la perspective de suivantes, qu'elles soient sanitaires, économiques, climatiques ou environnementales, est un rappel de notre fragilité et nous incite à réfléchir sur les moyens pour améliorer notre résilience et mieux résister à ces événements, qui peuvent avoir un impact considérable, comme la Covid est en train de le démontrer.

Dans le domaine de l'énergie, cette résilience signifie...

... d'abord l'évidente nécessité **d'éviter une crise climatique**, ou à tout le moins d'en réduire le plus possible l'impact, en réduisant les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie, ce qui est **la première promesse des gaz verts**.

... ensuite **consolider nos systèmes énergétiques**, en les mettant le plus possible à l'abri de crises systémiques ou importées, ce à quoi contribuent les gaz verts de plusieurs façons :

- ▶ En s'appuyant sur un **réseau de distribution d'énergie disponible, souple et de long terme**, qui consolide sur beaucoup d'usages le réseau électrique et est capable de synergies et de complémentarités avec les réseaux électriques et de distribution de chaleur. On peut en particulier souligner la capacité des gaz verts à s'équilibrer avec les réseaux électriques et leur souplesse de stockage, qui leur permet de **répondre aux aléas de la production d'électricité renouvelable et non programmable**.
- ▶ En s'appuyant sur des ressources énergétiques locales, ne dépendant pas des aléas internationaux et irriguant les territoires, qui créent des **emplois locaux** suivant des schémas d'**économie circulaire**.



2

Quelle place pour le gaz dans le futur mix énergétique ?

Le gaz : une énergie indispensable à l'équilibre du mix énergétique...

Les énergies fossiles, dont le gaz naturel, se sont progressivement ajoutées voire substituées à la biomasse au cours des deux siècles précédents car elles sont plus homogènes, plus denses énergétiquement, plus faciles à collecter, stocker, transporter, et in fine, à utiliser.

Le gaz naturel profite aujourd'hui de la grande accessibilité des infrastructures existantes de transport (« réseaux ») et de stockage.

Largement maillés sur le territoire, les réseaux de gaz permettent en effet de stocker environ 130 TWh, soit un tiers de la consommation

nationale annuelle, et permettent ainsi une grande souplesse dans la répartition des productions et des consommations.

« L'énergie gaz », associée à ses infrastructures de transport et de distribution, constitue un élément clé du système énergétique actuel.

Elle lui apporte une grande capacité d'adaptation à des besoins variables selon la localisation, grâce à un maillage territorial et des capacités de stockage importantes.

... mais qui doit se décarboner

Axes prioritaires de la transition énergétique, la sobriété et l'efficacité énergétiques représentent un potentiel considérable de réduction des consommations, trajectoire qu'il est primordial d'accélérer, y compris vis-à-vis du gaz naturel.

Au-delà des baisses de consommation accompagnées par la mise en place d'actions en faveur de la sobriété et de l'efficacité énergétique, l'intégration croissante d'énergies renouvelables permet de décarboner les usages restants.

La production d'électricité renouvelable, largement soutenue par les pouvoirs publics, constitue une première solution mais ne peut répondre seule à l'ensemble des enjeux actuels. En effet, le caractère aléatoire et non programmable des énergies éolienne et photovoltaïque fait

apparaître des besoins différents de pilotage dus à la saisonnalité de la demande en énergie, ainsi que des besoins d'infrastructures électriques et de stockage importants pour préserver notre sécurité d'approvisionnement en énergie.

Par ailleurs, certains usages actuels ne peuvent profiter des opportunités de décarbonation offertes par le développement de l'électricité renouvelable ou bas-carbone, que ce soit pour des raisons techniques (usage matière non substituable, besoin de stockage, etc.) ou économiques. C'est par exemple le cas des industries hautement énergivores intégrant des procédés à très haute température (cimentiers, verriers, etc.) ou encore du transport routier de personnes et de marchandises longue distance. Le vecteur gaz, notamment dans ses formes renouvelables et bas-carbone, permet de répondre à ces besoins.

Les gaz renouvelables et bas-carbone : des filières complémentaires pour atteindre la neutralité carbone

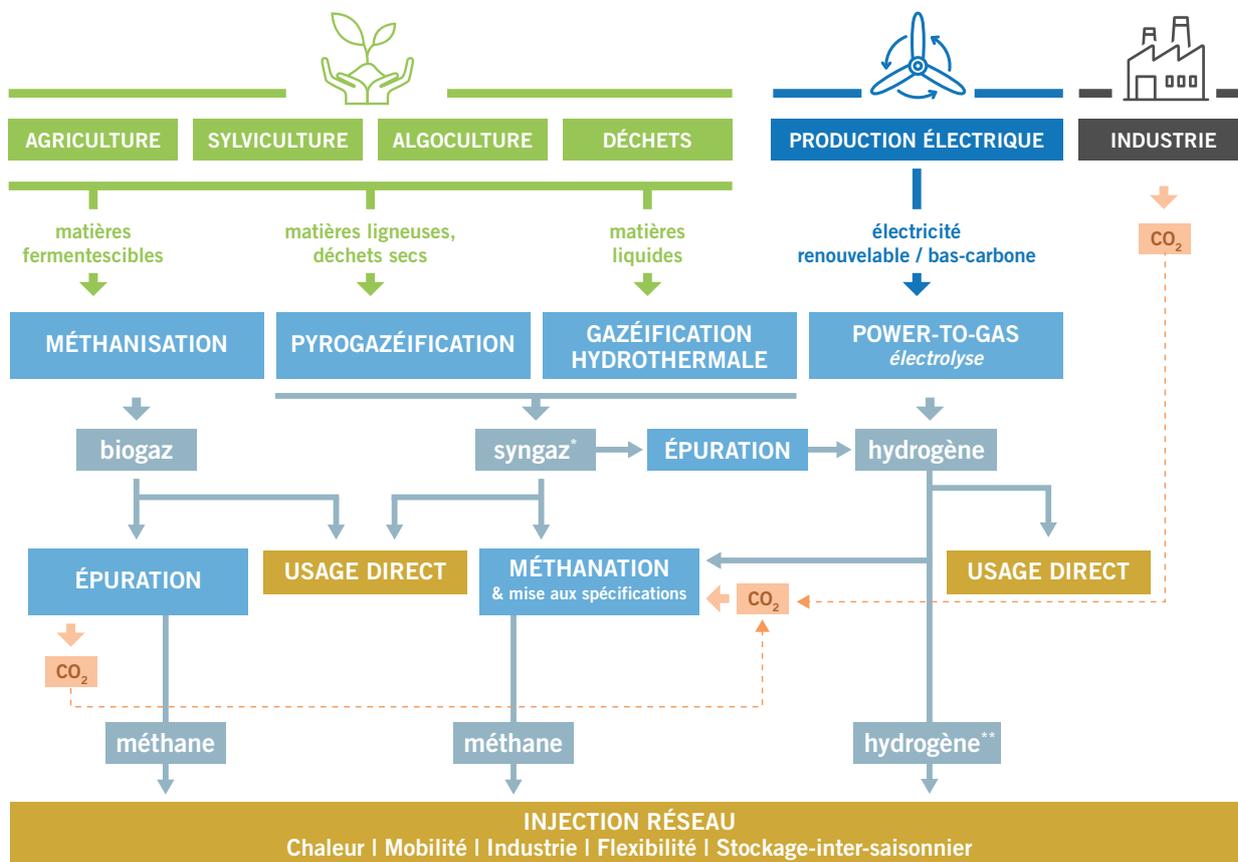
Le **développement conjoint des différentes filières de production de gaz renouvelables** (méthanisation, pyrogazéification, power-to-gas ou encore gazéification hydrothermale) vient en réponse à l'urgente nécessité de décarboner **nos consommations énergétiques et de nous affranchir des énergies fossiles**.

Ces modes de production **valorisent des ressources territoriales** disponibles au plus près des besoins, **font émerger de nouveaux modèles d'économie circulaire** et permettraient d'atteindre 20% de gaz verts dans les réseaux à l'horizon 2030 et la neutralité carbone en 2050.

À la sortie de la crise sanitaire actuelle, les **filières gaz verts constituent ainsi un atout majeur pour notre économie** : au-delà des emplois créés et de leur répartition sur les territoires, qu'elles permettent de dynamiser, elles sont un moyen de consolider notre système énergétique, sa sécurité, sa souplesse et son indépendance vis-à-vis des aléas de conjoncture.

Les technologies de production de gaz renouvelables et bas-carbone sont variées et s'appuient sur des filières industrielles complémentaires, présentant des stades de développement différents. Les principaux flux de matières et d'énergies en jeu sont représentés dans le schéma ci-dessous :

ECOSYSTÈME DES FILIÈRES GAZ VERTS



* Gaz de synthèse (ou syngaz) composé principalement d'H₂, de CO, de CO₂ et de CH₄. Le syngaz peut être qualifié de biogaz s'il est issu de matières biogéniques. ** « À court terme, le taux de 6% en volume d'hydrogène est atteignable en mélange dans la plupart des réseaux, hors présence d'ouvrages ou d'installations sensibles chez les clients » Rapport des opérateurs gaziers – Nov. 2019

Le développement de ces filières se fait en parallèle et sur des temporalités différentes. La méthanisation permet dès aujourd’hui de produire à grande échelle du biométhane injectable (3,6 TWh produits en 2020) et est déjà entrée en phase de massification. Les démonstrateurs de pyrogazéification et de power-to-gas permettent

quant à eux d’engager l’industrialisation de ces modes de production tout en continuant à optimiser leurs performances et à diminuer leurs coûts pour atteindre un déploiement à grande échelle dès 2030. D’autres modes de production innovants, tels que la gazéification hydrothermale, prendront également part au verdissement des gaz de réseaux à horizon 2050.

POUR EN SAVOIR +

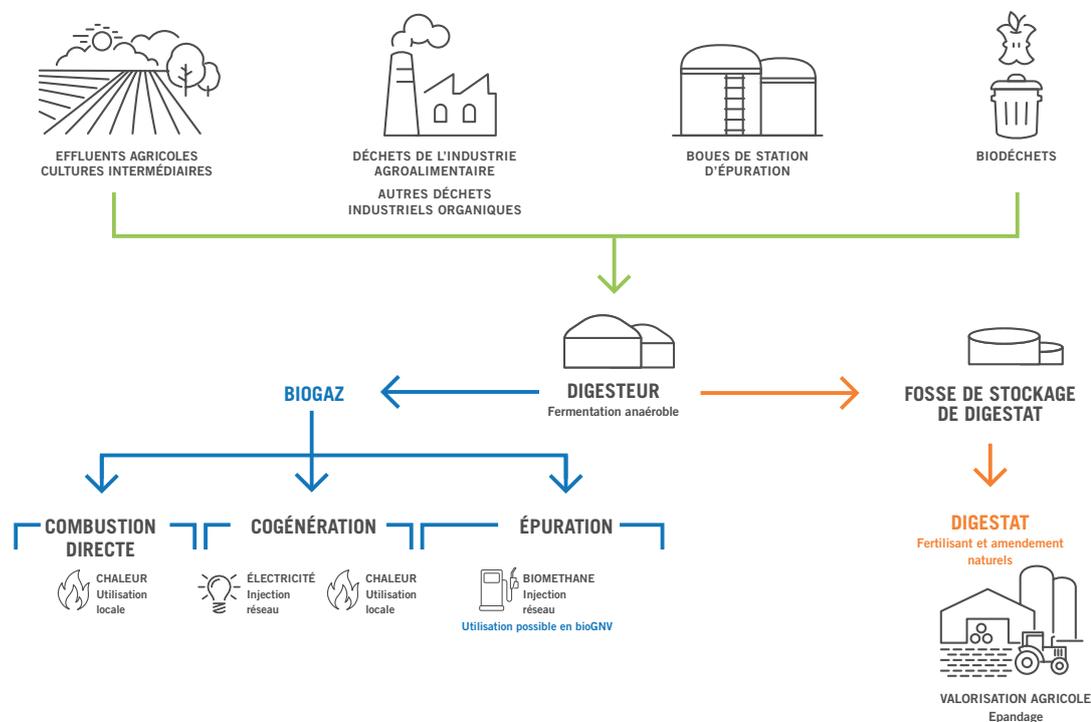
Quelques rappels sur les principales filières de production de gaz renouvelables et bas-carbone : biogaz, gaz de synthèse et hydrogène

LA METHANISATION

- La méthanisation est un mode de transformation de la matière organique en énergie (biogaz) et fertilisant (digestat). C’est une technologie basée sur la dégradation de la matière organique par des micro-organismes, en conditions contrôlées et en l’absence d’oxygène. Les matières traitées sont principalement issues de l’agriculture, mais il peut aussi s’agir de déchets de l’industrie agro-alimentaire ou de stations d’épuration. Le biogaz peut être valorisé sur place en chaleur, en électricité (avec cogénération de chaleur) ou épuré en biométhane utilisable comme du gaz naturel dans l’industrie, le résidentiel ou la mobilité (bioGNV).

LE PROCÉDÉ DE MÉTHANISATION

(source GERES)



- La filière s’est développée depuis 2000 grâce à plusieurs mécanismes de soutien pour la valorisation du biogaz. Participant à la diversification et la résilience des exploitations agricoles, elle représente un millier d’unités en 2020, depuis le digesteur « à la ferme » jusqu’à l’usine exploitée par un énergéticien ou un gestionnaire de déchets. Les pouvoirs publics attendent aujourd’hui une professionnalisation, engagée avec la création de labels et de formations, et une baisse des coûts, entraînée par la réduction des subventions et la massification permettant de standardiser les activités et composants.

2. Quelle place pour le gaz dans le futur mix énergétique ?

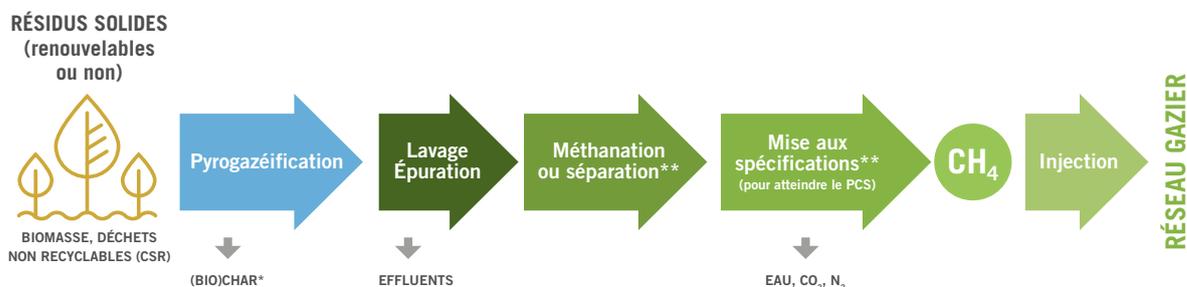
POUR EN SAVOIR +

LA PYROGAZEIFICATION

- La pyrogazéification est un traitement thermo-chimique qui permet, en absence ou défaut d'oxygène, de convertir des matières organiques relativement sèches (biomasses ligneuses - connexes de scieries, bois en fin de vie, résidus de cultures, etc.) mais aussi des déchets divers (Combustibles Solides de Récupération, pneus usagés, boues de stations d'épurations séchées, etc.) en composés énergétiques, qui se présentent selon les procédés sous forme solide, liquide ou gazeuse (gaz de synthèse ou syngaz composé principalement d'H₂, CO, CO₂ et CH₄) et qui gardent leur potentiel énergétique pour une utilisation ultérieure. Cette conversion de la matière en composés énergétiques ouvre la voie à une multitude de modes de valorisation : production de chaleur et/ou d'électricité, de gaz renouvelables (méthane et hydrogène) ou de carburants.

LE PROCÉDÉ DE PYROGAZÉIFICATION

(source GRT Gaz)



* La qualité et la quantité de (bio)char sera très variable en fonction du type de procédé et de l'intrant. En fonction de ses caractéristiques, le biochar pourra notamment être valorisé en agriculture (amendement des sols, puits de carbone, etc.).

** Les briques aval de traitement du gaz de synthèse dépendent du mode de valorisation visé (cogénération, production d'hydrogène, de méthane, de (bio)carburants, etc.). Seule la production de méthane de synthèse injectable en réseau est ici représentée.

La pyrogazéification est une filière s'adaptant à un large spectre de conjonctures territoriales, tant en termes de ressources valorisables, de capacités et de modes de valorisation. Un écosystème dynamique d'entreprises innovantes est aujourd'hui prêt à déployer ces technologies sur le territoire et propose des solutions modulables permettant de valoriser une large gamme d'intrants via une production d'énergie (renouvelable ou de récupération) locale. En parallèle, les acteurs des territoires (industriels, gestionnaires de ressources en recherche d'exutoires pour leurs sous-produits, etc.) reconnaissent dans les technologies de pyrogazéification une nouvelle solution pour valoriser des ressources locales et décarboner leurs consommations d'énergies.

Pour impulser son déploiement à grande échelle, la filière a cependant besoin d'une réglementation adaptée à l'échelle et à la vie des projets et d'un soutien assumé de la part des pouvoirs publics (ex : appels à projets pour l'injection dans les réseaux, appels d'offres en cogénération et production de biocarburants, char, etc.).



2. Quelle place pour le gaz dans le futur mix énergétique ?

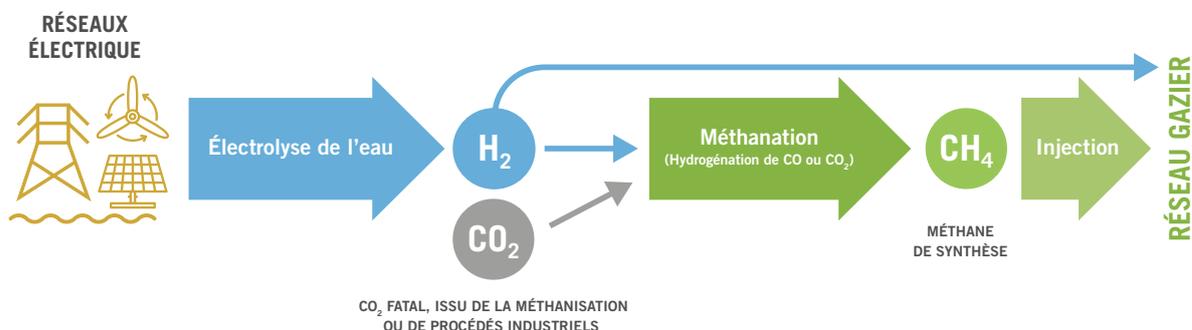
POUR EN SAVOIR +

LE POWER-TO-GAS

- ▶ Le « Power-to-Gas » consiste à convertir de l'électricité d'origine renouvelable (photovoltaïque, éolien, etc.) ou bas-carbone, en hydrogène, par électrolyse de l'eau. Cet hydrogène peut alors être consommé localement, avec ou sans stockage intermédiaire, dans différents secteurs (mobilité/transport, résidentiel/ tertiaire, industrie), ou injecté en mélange dans les infrastructures de gaz. Cet hydrogène peut également être converti en méthane (CH_4) par une étape de méthanation puis injecté dans les réseaux.

LE PROCÉDÉ POWER-TO-GAS

(source GRT Gaz)



Avec plus d'une centaine de projets de production d'hydrogène par électrolyse en France, la filière passe aujourd'hui en phase d'industrialisation. Dévoilée en septembre dernier, la France se dote d'une Stratégie Nationale Hydrogène ambitieuse qui consacre plus de 7 Mds d'euros jusqu'en 2030 au développement de l'hydrogène décarboné dans l'industrie et la mobilité lourde ainsi que dans la R&D afin de préparer les usages de demain. Ce soutien intègre notamment un mécanisme permettant de compenser le surcoût de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone comparé à son équivalent fossile.

Complémentaire aux usages directs, l'injection de cet hydrogène, en mélange avec le gaz naturel ou après méthanation, dans les infrastructures de gaz apporte un levier complémentaire à la décarbonation des usages du gaz et constitue un outil efficace de flexibilité des systèmes électriques. Cette valorisation nécessite encore aujourd'hui des actions de R&D et des opérations pilotes pour lever les contraintes liées à l'impact de l'hydrogène sur les infrastructures existantes et les usages actuels du gaz naturel. Cependant, l'objectif de neutralité carbone à 2050 couplé au développement attendu des renouvelables électriques fait dès aujourd'hui du power-to-gas une solution indispensable au mix énergétique de demain.

Démonstrateur de power-to-gas Jupiter 1000
Crédit photo : Technivue – Stéphane GRUFFAT

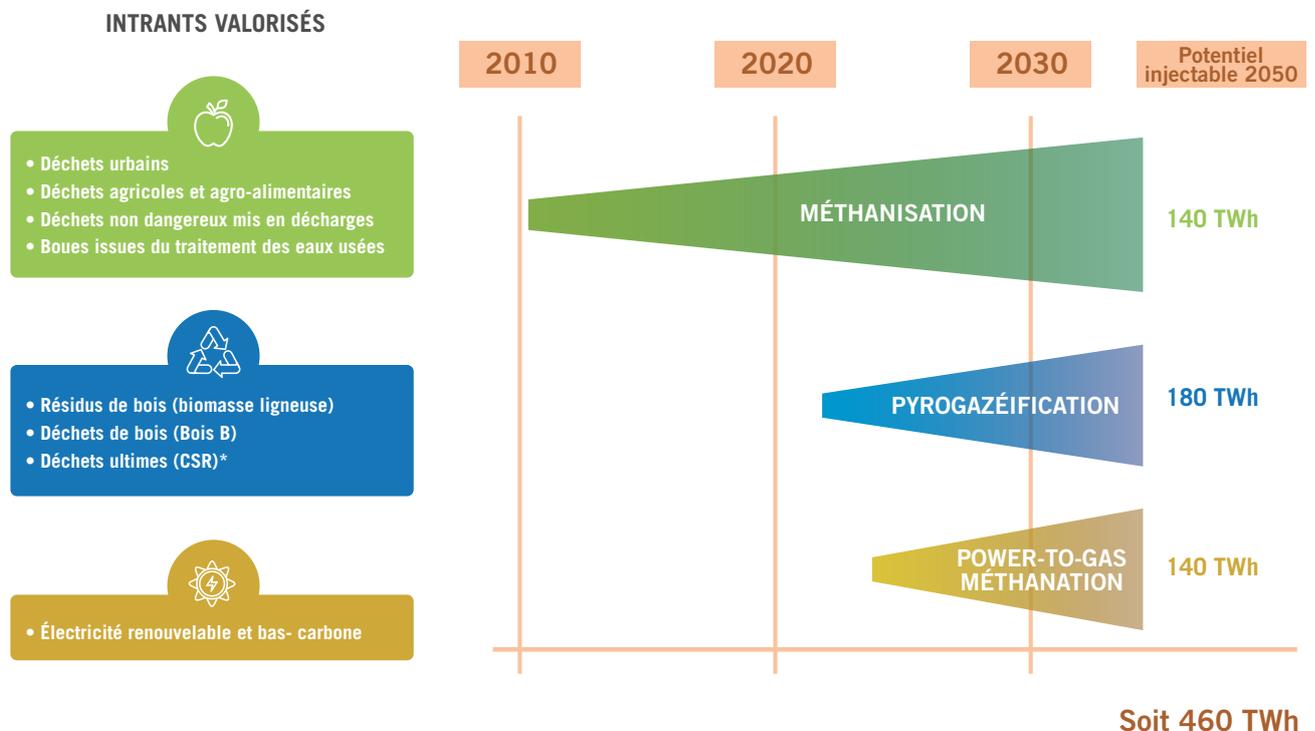
Vers « un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? »

Une étude ADEME parue en 2018 et réalisée par Solagro démontre qu'un mix gazier 100% renouvelable est possible en s'appuyant sur une combinaison de sources d'énergies renouvelables et bas-carbone (biomasse, éolien, PV, etc.).

Ce rapport analyse les conditions de faisabilité technico-économique d'un système gazier basé à 100% sur du gaz renouvelable à horizon 2050 et propose différents scénarios de développement en s'appuyant sur les ressources « primaires » (non-transformées) disponibles dans nos territoires et sur les perspectives de baisse de consommation de gaz à horizon 2050.

D'après cette étude, le potentiel total de ressources primaires renouvelables susceptibles de produire du gaz s'élève à environ 620 TWh et ceci selon les conditions suivantes :

- ▶ Sans concurrence avec les usages « matières premières » (agriculture, forêt, industrie du bois et biomatériaux) et alimentaires qui restent prioritaires ;
- ▶ Avant toute affectation selon des usages énergétiques concurrents (par exemple, le bois énergie peut être utilisé en chaudière).
- ▶ Et en prenant en compte les critères de durabilité (les cultures énergétiques dédiées sont ainsi exclues).



*Combustibles Solides de Récupération - Produits à partir de déchets non dangereux qui ne peuvent être triés ou recyclés

Source : Etude « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? », ADEME, 2018

2. Quelle place pour le gaz dans le futur mix énergétique ?

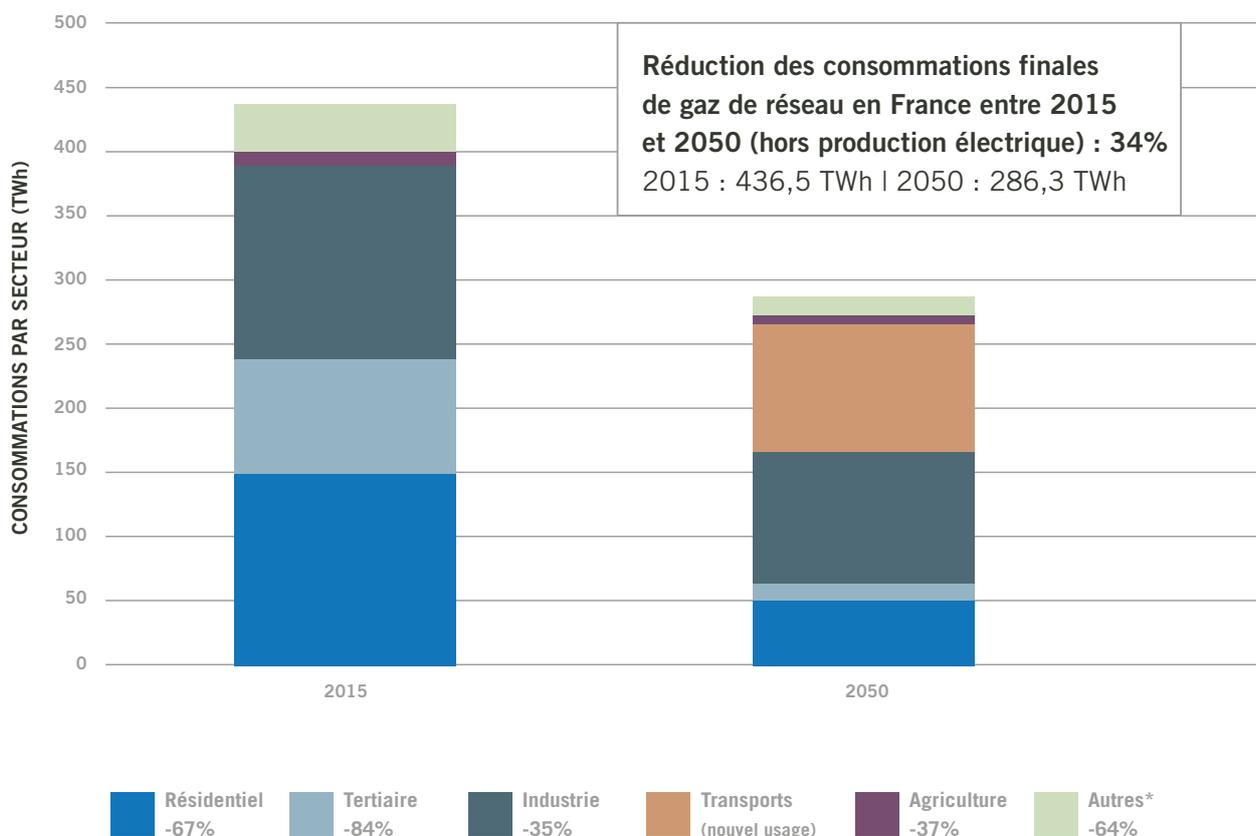
En prenant en compte les rendements de conversion, le potentiel théorique de ressources primaires identifié pourrait produire jusqu'à 460 TWh de gaz renouvelable injectable :

- ▶ **30%** pourraient être fournis avec la filière mature de **méthanisation**, qui permet de convertir les intrants d'origine agricole, les biodéchets et les résidus d'algues pour produire jusqu'à 140 TWh de gaz ;
- ▶ **40%** pourraient être fournis par la filière **pyro-gazéification** sur le bois et ses dérivés, les combustibles solides de récupération (CSR) et une faible fraction de résidus agricoles, pour produire jusqu'à 180 TWh de gaz ;
- ▶ **30%** pourraient être fournis par le **power-to-gas** dans le contexte d'un mix électrique 100 % renouvelable visant à maximiser la production de gaz de synthèse, soit 140 TWh de gaz.

L'étude propose ensuite un cadrage prospectif modélisant l'évolution de la demande de gaz de réseau en 2050 par rapport à 2015 et reposant sur un « scénario volontariste d'efficacité et optimisation énergétique avec une baisse globale des volumes en 2050 de près de 35 % par rapport à 2015 ».

Les évolutions proposées dans ce scénario sont résumées dans la figure ci-dessous. En 2050, on observe une hausse des usages dans les transports (gaz carburant) et, notamment grâce à des actions de sobriété et d'efficacité énergétique, une forte baisse des consommations liées au chauffage dans les bâtiments résidentiels et tertiaires.

ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS FINALES DE GAZ DE RÉSEAU



*Pertes, secteur eau et déchet, consommations internes branche, cogénération, secteur des raffineries
Données issues de l'étude ADEME « Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? » (2018)

Les territoires s'approprient le scénario 100% gaz renouvelable



La Région Nouvelle Aquitaine a publié début 2020 une déclinaison du scénario prospectif de l'ADEME appliquée à ses propres ressources mobilisables pour la production de gaz renouvelable et bas-carbone.

Cette étude conclut à la faisabilité d'un mix de 30% de gaz renouvelable dans les réseaux de la région à horizon 2030 et 100% à horizon 2050... et plus encore :

« Le potentiel de production de gaz vert dépasse largement les besoins de la région, actuels comme futurs. Grâce à de fortes économies sur les usages actuels du gaz (...), cette ressource pourrait satisfaire la demande « traditionnelle », à savoir les secteurs résidentiel, tertiaire, et industriel, mais aussi assurer près de 50 % de l'énergie finale consommée dans le secteur des transports (11,5 TWh), en particulier pour les transports routiers de marchandises. »





3

Renforcer les synergies entre filières pour un mix gazier 100% renouvelable

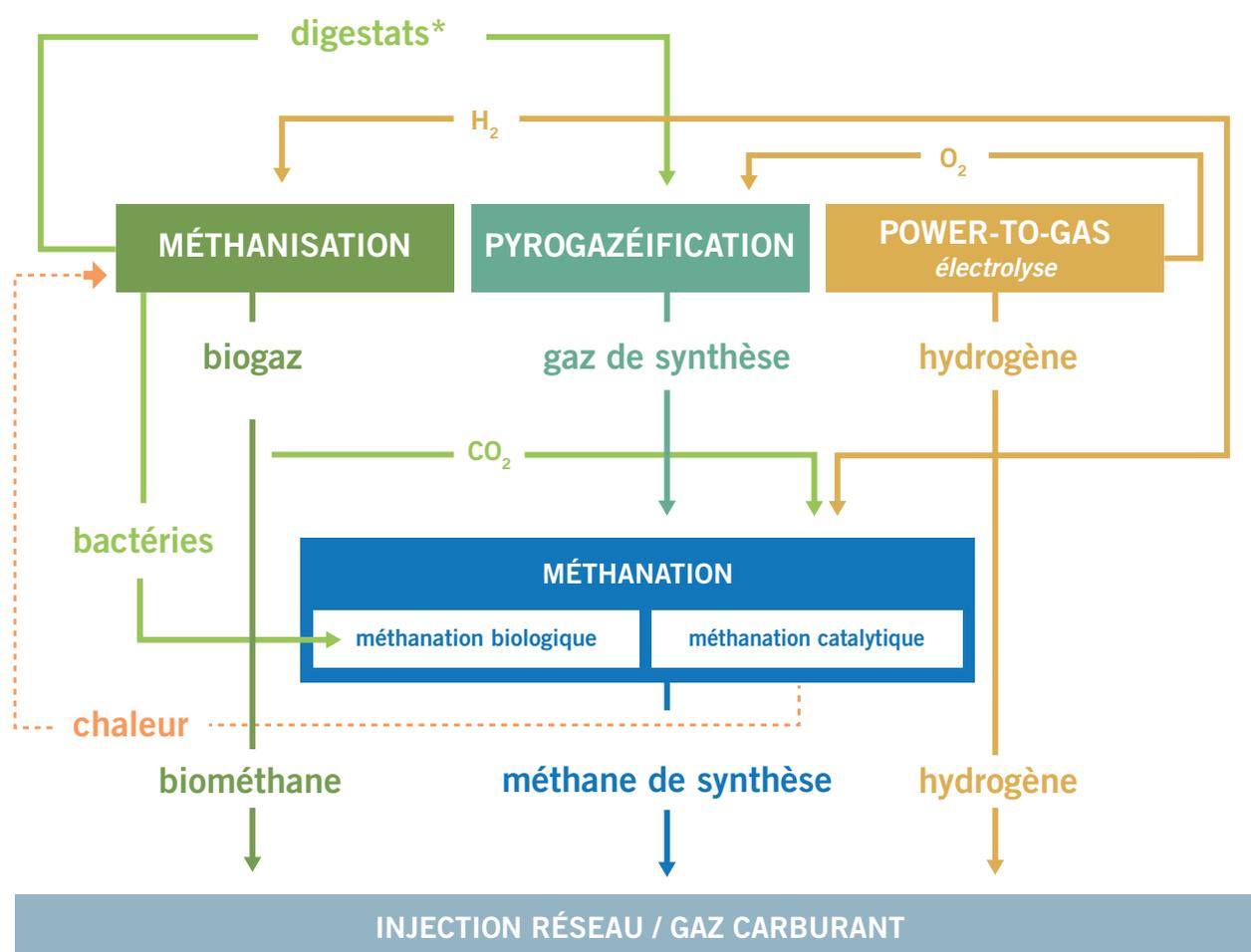
Les moyens de production de gaz renouvelables développés aujourd'hui s'appuient sur des ressources et des technologies variées, permettant ainsi d'envisager des complémentarités et des synergies entre les filières.

Au-delà de la mutualisation des équipements nécessaires à l'injection de ces gaz dans les infrastructures existantes (raccordement et extension éventuelle au réseau de gaz existant, contrôle de la qualité du gaz produit, compression des gaz, odorisation, dispositif de comptage,

système de contrôle/commande du débit et de la pression, etc.), des synergies existent au sein même des technologies et des procédés mis en œuvre.

En effet, comme illustré dans la Figure ci-dessous, la recherche de couplage entre ces procédés biologiques, électrochimiques et thermochimiques permet d'identifier des voies d'optimisation maximisant les performances et mutualisant les coûts.

SYNERGIES POSSIBLES ENTRE LES FILIÈRES DE PRODUCTION DE GAZ RENOUVELABLES ET BAS-CARBONE



* en cas de retour au sol difficile du digestat comme fertilisant

Les couplages « Méthanisation » et « Pyrogazéification »

Optimiser l'accès à la ressource

Alors que la méthanisation s'appuie sur une valorisation des matières biologiques fermentescibles, notamment issues de l'agriculture, la filière pyrogazéification valorise quant à elle des biomasses ligneuses non fermentescibles. Cette complémentarité sur les ressources agricoles permet d'optimiser leur utilisation pour produire du gaz et s'affranchir de tout risque de concurrence entre les filières.

Maximiser le volume de gaz produit en cas de retour au sol du digestat difficile

Dans des situations particulières où le retour au sol du digestat (coproduit fertilisant de la méthanisation) est contraint (milieu urbain avec un accès difficile ou limité à des terres épanchables, composition du digestat ne permettant pas un amendement des sols de qualité, etc.),

sa gazéification peut présenter une alternative intéressante. En effet, même si le retour au sol des sous-produits issus de la méthanisation est à privilégier, la pyrogazéification peut permettre de traiter le digestat afin de maximiser la conversion des matières traitées en gaz renouvelable, celui-ci pouvant alors être consommé localement ou épuré et injecté.

La gazéification hydrothermale, technologie de conversion de biomasses humides permettant le traitement de résidus et de déchets organiques (boues de stations d'épuration, digestats de méthanisation, effluents d'élevage, résidus et coproduits des industries agroalimentaires, etc.), peut également se présenter comme un procédé alternatif ou complémentaire aux technologies existantes de conversion de biomasse en gaz renouvelable.

Exemple de mise en œuvre

Face aux difficultés rencontrées par les secteurs du traitement de l'eau et des déchets, dont les activités génèrent des déchets ultimes pour lesquels le retour au sol après valorisation matière devient de plus en plus complexe, quand il n'est pas proscrit, le Syctom et le SIAAP ont lancé conjointement le partenariat d'innovation Cométhà qui vise à l'élaboration de nouvelles solutions techniques répondant aux enjeux actuels.

L'objectif global du partenariat d'innovation lancé par les deux collectivités est de disposer d'une unité de traitement par co-méthanisation à haut rendement des boues de stations d'épuration et de la fraction organique résiduelle des déchets ménagers, permettant :

une maximisation de la valorisation énergétique, une minimisation de la production des sous-produits et une optimisation de leur valorisation et, d'une manière plus générale, une optimisation de la conversion du carbone.

Le projet inclut la filière complète de co-méthanisation, y compris les équipements techniques complémentaires permettant la gestion des sous-produits notamment des digestats. Les solutions retenues par le Syctom et le SIAAP à ce stade intègrent pour la transformation de ces sous-produits des technologies de traitement thermo-chimique (pyrolyse haute température, carbonisation hydrothermale).

Les couplages « Méthanisation » et « Power-to-gas »

Injection d'H₂ électrolytique dans le réacteur de méthanisation

Ce couplage permettrait de booster la production de méthane en maximisant l'efficacité globale des réactions mises en œuvre. Le digesteur est ici utilisé comme un réacteur de méthanation biologique. Ce couplage permet également de réduire les émissions de CO₂ biogénique car celui-ci est transformé en méthane par association avec l'hydrogène.

Méthanation du CO₂ issu de méthanisation

Le processus de méthanisation de matière organique produit un gaz riche en méthane et en CO₂. Pour le rendre compatible avec l'injection dans les réseaux, il est alors nécessaire de l'épurer pour

en isoler le méthane, composé essentiel du gaz naturel. Ce CO₂, d'origine biogénique, peut quant à lui également être valorisé par combinaison avec de l'hydrogène pour former du méthane grâce une étape de méthanation.

Le couplage d'un méthaniseur avec un électrolyseur permet alors de maximiser le volume de gaz produit et de valoriser le CO₂ qui est sinon rejeté dans l'atmosphère.

Par ailleurs, la chaleur issue du procédé de méthanation catalytique peut être utilisée pour maintenir les digesteurs à leur température optimale (souvent 35 à 40°C).

Exemple de mise en œuvre

Piloté par Storengy, filiale d'Engie, le démonstrateur MéthyCentre a pour objectif d'obtenir du gaz d'origine renouvelable (méthane renouvelable d'une part et hydrogène renouvelable d'autre part) grâce au couplage d'un électrolyseur membranaire et méthanation catalytique en association avec une unité de méthanisation. Cette unité optimisée permet de minimiser les coûts globaux en favorisant les synergies : valorisation du CO₂ contenu dans le biogaz grâce à la méthanation, mutualisation des équipements de purification et d'injection de l'unité de

méthanisation et de méthanation, utilisation de l'oxygène de l'électrolyseur pour la purification des gaz issus de la méthanisation, valorisation de la chaleur du méthaneur pour la méthanisation et ouverture à la mobilité hydrogène.

Sur le même principe, le projet Hycanais permettra de coupler un électrolyseur à une installation de stockage de déchets non dangereux produisant du biogaz et de tester ainsi la voie biologique de la méthanation.



Les couplages « Pyrogazéification » et « Power-to-gas »

Mutualisation des technologies de méthanation

Les filières de production de gaz renouvelables par pyrogazéification et de power-to-methane s'appuient sur une brique technologique commune : la méthanation.

Cette étape de méthanation, réalisée par voie catalytique ou biologique, est une réaction de synthèse du méthane (CH₄) réalisée à partir de dihydrogène (H₂) et de monoxyde de carbone (CO) ou de dioxyde de carbone (CO₂).

Cette synergie permet de mutualiser les travaux de recherche et de développement de cette technologie et d'en diminuer le coût par un effet sur les volumes. Il est aussi possible d'introduire en méthanation biologique des bactéries actives en méthanisation.

Valorisation de l'oxygène d'électrolyse dans un processus de pyrogazéification

La réaction d'électrolyse de l'eau, technologie sur laquelle s'appuie le principe du power-to-gas, produit de l'hydrogène mais également de l'oxygène. Aujourd'hui, relâché dans l'atmosphère en sortie d'électrolyseur, cet oxygène peut être utilisé comme agent gazéifiant (en remplacement de l'air) afin de maximiser la conversion de la matière carbonée en un gaz de synthèse à haut pouvoir calorifique puis, via une étape de méthanation du syngaz, de méthane. Le gaz de synthèse ainsi produit ne contient pas d'azote (composé neutre et majoritaire de l'air), limitant ainsi les besoins de purification et de séparation des gaz en sortie de gazéifieur.

Permettant de valoriser l'oxygène co-produit par électrolyse et d'améliorer la rentabilité globale du système électrolyseur-gazéifieur, ce couplage a d'ores et déjà été identifié par les développeurs de projets en France et constitue la base de plusieurs projets en cours de montage.

Des synergies à renforcer pour soutenir le déploiement optimisé des filières de production de gaz renouvelables et bas-carbone

Mise en commun de ressources, valorisation de co-produits, valorisation de chaleur fatale, gains sur les rendements, etc. : les opportunités de couplage entre les différentes technologies de production de gaz renouvelables et bas-carbone sont diverses et d'ores et déjà identifiées par les acteurs de nos filières. Elles représentent

un potentiel majeur de développement commun et optimisé (amélioration de l'efficacité énergétique, des rendements de production, économies en CAPEX et en OPEX, etc.) de ces modes de production à encourager, en complément des développements et améliorations déjà engagés sur chacune de ces filières.



De haut en bas :

1. La méthanisation s'est développée depuis 2000 grâce à plusieurs mécanismes de soutien pour la valorisation du biogaz
2. Le démonstrateur GAYA produit du méthane renouvelable à partir de pyrogazéification de CSR. **Crédit photo : ENGIE**
3. Vue d'un électrolyseur PEM (Proton Exchange Membrane). **Crédit photo : GRTgaz / Benjamin Bechet**

GAZ VERTS : Renforçons nos synergies

Publication commune des Clubs Biogaz, Power-to-Gas
et Pyrogazéification de l'ATEE

Mars 2021