

## EVALUATION DES IMPACTS GES DE LA PRODUCTION ET L'INJECTION DU BIOMETHANE DANS LE RESEAU DE GAZ NATUREL – RAPPORT SYNTHETIQUE



*Crédit photo : Biométhane à Epaux-Bézu, Studiovdm - GRDF*



Marcial Vargas

*Chef de projet*

[marcial.vargas-gonzalez@quantis-intl.com](mailto:marcial.vargas-gonzalez@quantis-intl.com)

Elsa Maurice

*Consultante*

[elsa.maurice@quantis-intl.com](mailto:elsa.maurice@quantis-intl.com)

## INFORMATION ETUDE

<b>Titre du rapport</b>	EVALUATION DES IMPACTS GES DE LA PRODUCTION ET L'INJECTION DU BIOMETHANE DANS LE RESEAU DE GAZ NATUREL
<b>Organisation contractante</b>	GRDF
<b>Comité de Pilotage</b>	ADEME, GRDF et GRTgaz
<b>Déclaration de responsabilité</b>	Les informations et les résultats figurant dans ce rapport ont été calculés sur la base de sources considérées fiables. La mise en œuvre de ces résultats est à l'entière discrétion et de la seule responsabilité du lecteur. Quantis ne peut être tenu responsable de toute perte ou dommage découlant de l'utilisation des informations contenues dans ce document.
<b>Version</b>	Rapport synthétique 09 mars 2020
<b>Équipe projet</b>	Marcial Vargas (marcial.vargas-gonzalez@quantis-intl.com) – Chef de projet Elsa Maurice (elsa.maurice@quantis-intl.com) - Consultante Fabiola Graveaud (fabiola.graveaud@enea-consulting.com) – Chef de projet
<b>Contacts client</b>	Jihane Loudiyi (jihane.loudiyi@grdf.fr)
<b>Experts de la revue critique externe</b>	Amandine Foulet (amandine.foulet@irstea.fr) Roland Hischier (Roland.Hischier@empa.ch) Christian Couturier (christian.couturier@solagro.asso.fr)

## TABLE DES MATIERES

1. Résumé .....	5
2. Contextualisation.....	5
2.1. Contexte et objectifs.....	5
2.2. Méthodologie d'évaluation .....	6
2.3. Prise en compte du carbone biogénique.....	8
3. Champ de l'étude .....	9
3.1. Définition et fonctions du système.....	9
3.2. Unité fonctionnelle et gestion de la multifonctionnalité.....	10
3.3. Frontières du système .....	11
3.4. Impacts induits .....	13
3.5. Impacts évités.....	14
3.6. Sources de données d'inventaire du cycle de vie (ICV) .....	15
4. Résultats et interprétation .....	16
5. Recommandations.....	17
6. Pistes d'amélioration .....	18

## Liste des abréviations et sigles

Abréviation	Nom complet
<b>ACV</b>	Analyse du Cycle de Vie
<b>CIVE</b>	Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique
<b>FFOM</b>	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre
<b>ICV</b>	Inventaire du Cycle de Vie
<b>ISDND</b>	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
<b>ISO</b>	International Standard Organization
<b>Off-gaz</b>	Gaz pauvre
<b>OMr</b>	Ordures Ménagères résiduelles
<b>PCI</b>	Pouvoir Calorifique Inférieur
<b>STEU</b>	Station de Traitement des Eaux Usées
<b>TMB</b>	Traitement Mécano Biologique
<b>UF</b>	Unité Fonctionnelle

## 1. Résumé

Cette étude a permis la quantification des impacts sur le réchauffement climatique des 4 filières de production et d'injection de biométhane identifiées à travers une approche attributionnelle.

Les émissions totales nettes du biométhane produit en France injecté dans le réseau gaz et consommé en usage résidentiel et tertiaire s'élèvent donc à **23,4 g de CO<sub>2</sub>éq/ kWh PCI** selon le mix prospectif de la filière à horizon 2023.

**Cette valeur est environ 10 fois inférieure à celle du gaz naturel et comparable aux énergies renouvelables électriques et thermiques, ce qui confirme l'intérêt du développement de la filière française de méthanisation et d'injection au regard des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la France.**

## 2. Contextualisation

### 2.1. Contexte et objectifs

Le biométhane est un gaz 100% renouvelable produit à partir de :

- Biodéchets issus de l'industrie agro-alimentaire, de la restauration collective, des ménages, ... ;
- Boues de stations d'épuration ;
- Effluents d'élevages, cultures intermédiaires à vocation énergétique, résidus agricoles.

Ce biogaz épuré a les mêmes propriétés et usages que le gaz naturel<sup>1</sup>. Il peut donc être injecté dans les réseaux gaziers très facilement pour un usage final équivalent.

La filière d'injection de biométhane dans les réseaux gaziers est actuellement en plein essor : en janvier 2020, plus d'une centaine d'unités de méthanisation injectent du biométhane dans les réseaux gaziers en France (tous réseaux confondus), et plus d'un millier de projets sont inscrits dans le registre des capacités. La loi énergie climat du 8 novembre 2019 fixe un objectif de 10 % de gaz renouvelable d'ici 2030. Par ailleurs, l'étude « Un mix de gaz 100 % renouvelable en 2050 » menée par l'ADEME en collaboration avec GRTgaz et GRDF en 2017, met en avant la contribution significative de cette filière, dans la perspective d'atteindre 100 % de gaz renouvelable à horizon 2050.

---

<sup>1</sup> [https://www.grdf.fr/documents/10184/3448557/Prescriptions\\_techniques\\_GRDF.pdf/684f33b5-0ee1-4c73-8324-a1ecb7e5d418](https://www.grdf.fr/documents/10184/3448557/Prescriptions_techniques_GRDF.pdf/684f33b5-0ee1-4c73-8324-a1ecb7e5d418)

La dynamique de développement de la méthanisation s'inscrit également dans l'évolution du secteur des traitements des déchets qui fait face à des enjeux en matière de gestion et de valorisation. Elle accompagne enfin l'évolution des attentes sociétales de transformation de certaines pratiques du monde agricole (réduction des émissions de gaz à effet de serre et émissions de méthane, stockage de carbone dans le sol...).

Les bénéfices du biométhane, en termes de réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et plus largement en termes d'économie circulaire, sont nombreux et témoignent de l'intérêt de la filière.

Le biométhane étant une énergie renouvelable produite à partir de matières organiques, les émissions de CO<sub>2</sub> liées à sa combustion sont totalement compensées en amont par la photosynthèse. En outre, étant en partie produit à partir de déchets, le biométhane permet de réduire ou d'éviter des émissions de GES liées à leur gestion. La méthanisation produit également du digestat, qui peut dans certains cas se substituer aux engrais minéraux industriels, évitant ainsi leur production et les émissions de GES associées.

La production, l'épuration et l'injection du biométhane génèrent également des impacts qu'il est nécessaire de quantifier pour évaluer de manière globale l'intérêt de cette filière.

**Afin d'évaluer l'impact sur le climat de la filière française de production et d'injection du biométhane, GRDF a souhaité faire réaliser une étude en Analyse de Cycle de Vie (ACV) par le cabinet Quantis.**

**Cette étude, réalisée en 2017, et dont le présent document constitue une synthèse, a pour but de contribuer à la compréhension des enjeux de la filière, ainsi qu'à évaluer l'intérêt de son développement dans la perspective de réduction des émissions de GES prévue par les pouvoirs publics.**

## 2.2. Méthodologie d'évaluation

L'outil qui permet une évaluation de tous les types d'impact est l'analyse du cycle de vie (ACV), une méthodologie encadrée par les normes ISO14040<sup>2</sup> à ISO14044<sup>3</sup>.

La présente étude vise à quantifier via une approche d'ACV attributionnelle l'impact du développement de la filière d'injection du biométhane en France pour un horizon 2023.

L'ACV attributionnelle tient compte de l'ensemble des quantités de matière et d'énergie intervenant dans le cycle de vie d'un produit ou d'un service. Son principe est d'attribuer au système une part des impacts de l'ensemble des activités humaines. Dans cette étude, il est

---

<sup>2</sup> ISO14040 : Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework

<sup>3</sup> ISO14044 : Environmental management - Life Cycle assessment - Requirements and guidelines

important de considérer que **seul l'impact sur le changement climatique est évalué**. Les résultats de l'évaluation des filières sont présentés en grammes de CO<sub>2</sub> équivalent (gCO<sub>2eq</sub>) en utilisant les facteurs de caractérisation de l'IPCC 2013 pour un horizon de temps de 100 ans<sup>4</sup>.

Pour réaliser cette étude, une description des filières a été proposée avec une prévision du mix moyen représentatif de la production de biométhane à l'horizon 2023. Celui-ci tient compte des différents projets d'injection identifiés pour un raccordement aux réseaux gaziers en 2018. Le mix prospectif de biométhane injecté à horizon 2023, défini lors de cette étude est le suivant :

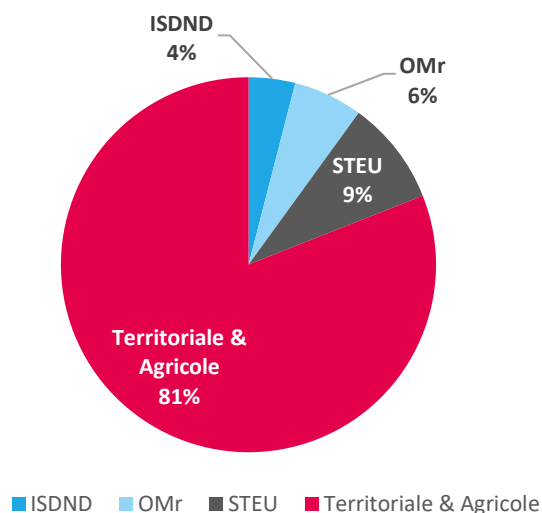


Figure 1 - Mix moyen de production du biométhane en France à l'horizon 2023.

**L'évaluation des émissions de GES induites et évitées par chacune des différentes filières permet d'obtenir les impacts moyens de la filière d'injection de biométhane en 2023.**

La présente étude a été pilotée par un comité de pilotage composé de l'ADEME, GRDF, GRTgaz.

Les principales données et principaux choix méthodologiques ont fait l'objet d'une validation au sein du Groupe de travail Injection qui rassemble les principaux membres de la filière de production de biométhane ainsi que des représentants des pouvoirs publics<sup>5</sup>. La conformité de l'étude avec la série de normes ISO 14040 a été validée par une revue critique réalisée par les experts indépendants suivants :

- Roland Hischier, EMPA : Expert ACV, président du panel de revue critique ;
- Amandine Foulet, IRSTEA : Chercheuse spécialisée en ACV ;
- Christian Couturier, SOLAGRO : Expert agronome et expert méthanisation.

<sup>4</sup> JRC 2013: Characterisation factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment methods

<sup>5</sup> Le GT injection est l'instance de concertation de la filière d'injection de biométhane dans les réseaux. Y sont représentés les pouvoirs publics (DGEC, la CRE, ADEME), les opérateurs de réseaux (GRDF, SPEGNN, GRTgaz, TEREGA), les acteurs de la gestion des déchets (FNADE, FP2E, ASTEE), le monde agricole (AAMF, ACPA) et professionnels du secteur (ATEE-Club Biogaz, SER), les collectivités locales (FNCCR, RAEE), les équipementiers de l'épuration des gaz, les BET et développeurs et, selon les sujets traités, des intervenants extérieurs (bureaux d'études, banques, ...).

## 2.3. Prise en compte du carbone biogénique

Pour comprendre les bénéfices que représentent la production de biométhane, il est nécessaire de présenter les notions de « cycle court » et « cycle long » du carbone.

Contrairement au gaz naturel ou au pétrole, le biométhane est produit à partir de matières organiques. Celles-ci sont-elles-même issues de la biomasse de manière directe (résidus agricoles, CIVES, déchets verts, ...) ou indirecte (boues de STEU, effluents d'élevage, certains biodéchets). Au cours de sa croissance, cette biomasse a capté une certaine quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère nécessaire à la photosynthèse. Le CO<sub>2</sub> ainsi capté est restitué à l'atmosphère lors de la combustion du biométhane, et à nouveau capté par la biomasse et ainsi de suite.

**La combustion de biométhane n'augmente donc pas la quantité de CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère mais la fait circuler dans des cycles courts du carbone.** On parle de CO<sub>2</sub> biogénique, par opposition au CO<sub>2</sub> d'origine fossile.

Au contraire, les énergies fossiles sont issues de la captation de CO<sub>2</sub> au cours d'un cycle long de plusieurs millions d'années et étaient auparavant inaccessibles. Aujourd'hui, leur combustion libère donc du CO<sub>2</sub> additionnel que la nature n'a pas la capacité de capter.

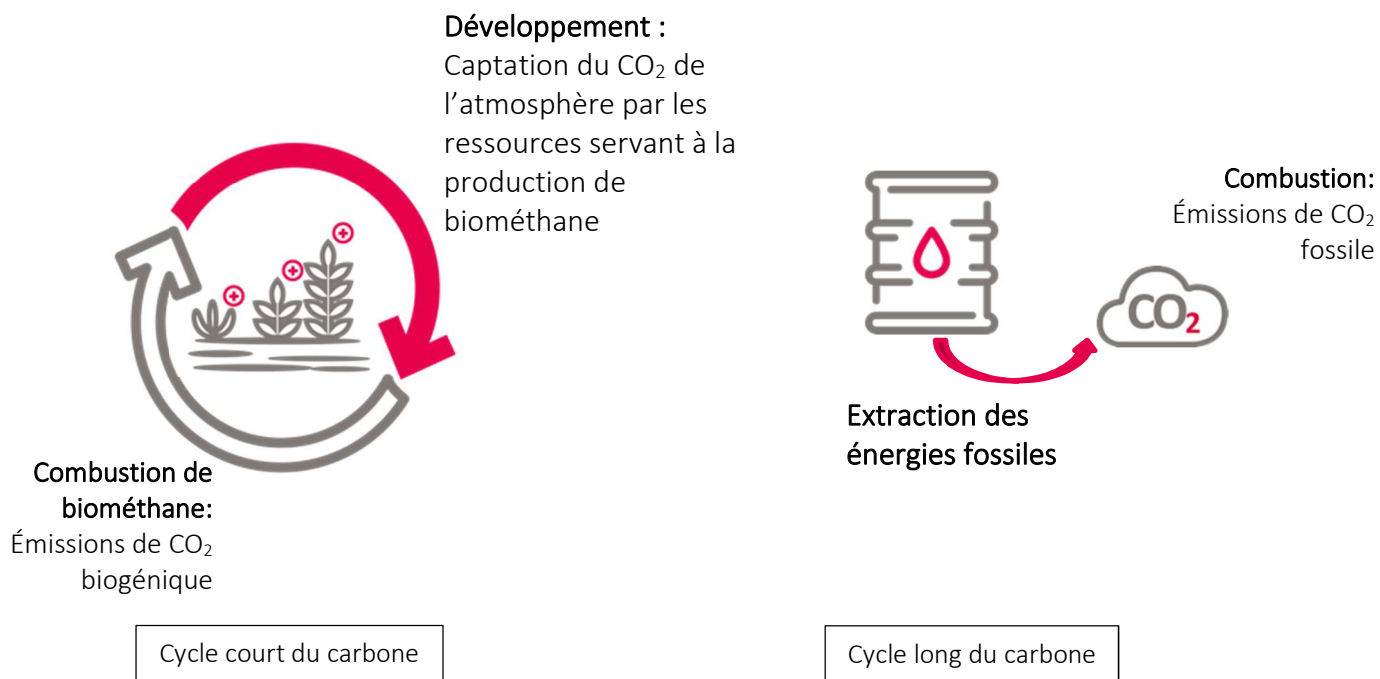


Figure 2 - Cycle du carbone biogénique et carbone d'origine fossile



En conséquence, et conformément aux préconisations du GIEC<sup>6</sup> et de la Base Carbone®, les émissions de CO<sub>2</sub> biogéniques, liées à la combustion du biométhane, sont comptabilisées comme nulles dans la présente évaluation, car compensées par la captation du CO<sub>2</sub> en amont, due à la photosynthèse.

### 3. Champ de l'étude

Ce chapitre présente le cadre méthodologique conforme aux phases subséquentes de l'ACV, suivant les normes ISO 14040 et 14044.

#### 3.1. Définition et fonctions du système

Cette étude couvre exclusivement la production de biométhane injectée dans le réseau de gaz français à horizon 2023. Toute production de biogaz ou de biométhane n'étant pas injectée est exclue du périmètre de l'étude et seule une utilisation du biométhane par combustion est considérée. Le système prend en compte un mix prospectif à 2023 des filières de production du biométhane en France, basé sur le panel de projets d'injection fourni par GRDF.

Quatre filières de production sont identifiées :



OMr (Ordures Ménagères résiduelles) sans tri à la source et OMr avec tri à la source : il s'agit du regroupement des deux filières de traitement des déchets ménagers. Dans le premier cas, les déchets ne font pas l'objet d'un tri à la source par les ménages. Le biométhane est produit après un procédé de prétraitement visant à isoler la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM). Dans le second cas, les OMr sont des biodéchets ménagers ayant fait l'objet d'un tri à la source et le biométhane est produit à partir des matières organiques issues de cette collecte séparative.



STEU (Station de Traitement des Eaux Usées) : le biométhane est produit à partir de boues d'épuration ;



ISDND (Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux) : le biométhane est produit à partir du biogaz issu de la transformation des déchets stockés dans ces installations, contenant des matières organiques ;



Agricole et territoriale : il s'agit du regroupement des deux filières qui couvre donc la production de biométhane à partir d'intrants d'origine agricole (résidus de culture, effluents d'élevage, cultures intermédiaires à vocation énergétique, ...), mais aussi à partir de déchets issus du territoire (déchets verts, biodéchets, ...).

---

<sup>6</sup> Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Le mix de substrats considéré en 2023 pour la filière territoriale et agricole est le suivant (en pourcentage massique) :

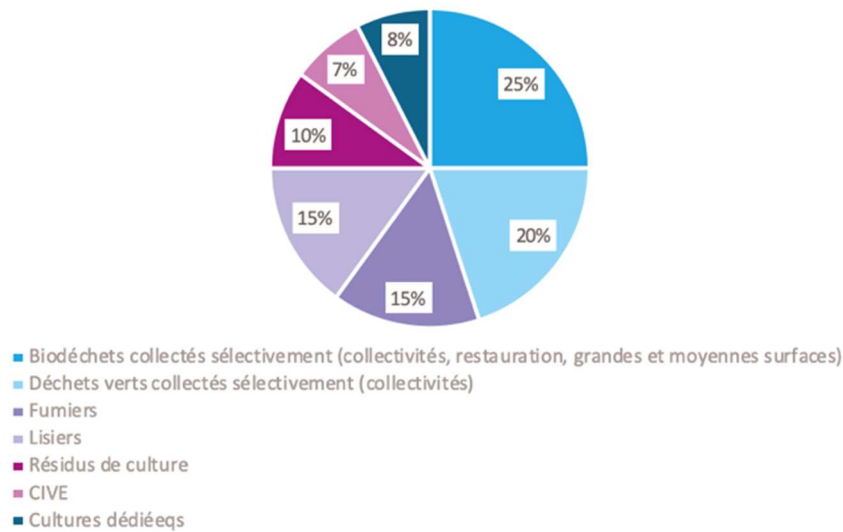


Figure 3 - Mix de substrats en 2023 pour filière agricole et territoriale

## 3.2. Unité fonctionnelle et gestion de la multifonctionnalité

L'Unité Fonctionnelle (UF) retenue pour cette étude est la suivante :

***“Produire, injecter et consommer 1kWh PCI de biométhane issu de déchets ou de cultures en France pour la production d’énergie”***

La consommation est relative ici à la combustion du biométhane en chaudière pour son utilisation résidentielle et industrielle. Les autres utilisations que pourrait avoir ce biométhane (ex. ajout matière, carburant etc.) et les rendements des unités de combustion du biométhane ne sont pas couverts par cette étude.

Certaines filières de production de biométhane possèdent plusieurs fonctions, on parle de « multifonctionnalité ». Par exemple, dans le cas de la filière agricole et territoriale, la fonction principale est de produire du biométhane, et les fonctions secondaires sont le traitement de résidus agricoles et déchets issus du territoire, et la production de digestat comme amendement pour les sols agricoles. De même, la méthanisation assure également une fonction de gestion des déchets du territoire, en alternative à d'autres filières.

Dans le cas général de cette étude et conformément aux méthodologies ACV, il a été décidé d'étendre les frontières et de prendre en compte les impacts évités associés aux fonctions de traitement des déchets et la production de matières vierge (engrais minéraux, matières ferreuses...).

Ainsi le calcul des impacts du système tient compte de l'ensemble des fonctions remplies et des produits générés par la production de biométhane mais auxquels vont être enlevés les impacts de ces fonctions dites secondaires dans des systèmes indépendants hors production de biométhane.

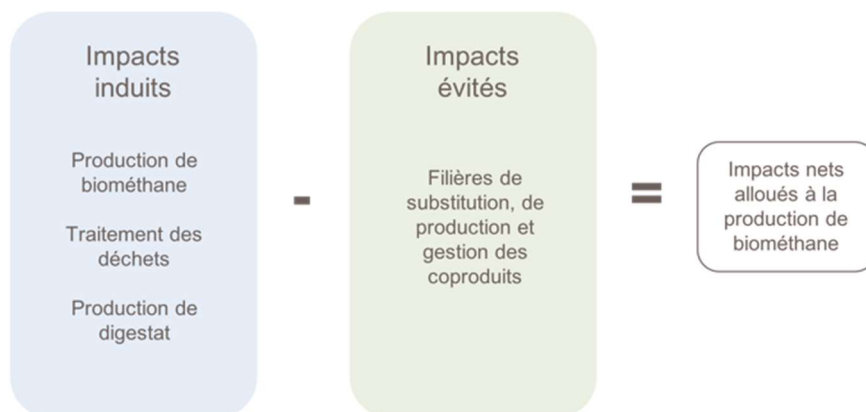


Figure 4 - L'extension de frontières en ACV

### 3.3. Frontières du système

En ACV attributionnelle toutes les étapes du développement de la filière de production de biométhane sont incluses dans le périmètre de l'étude et les règles de coupure standards ont été appliquées. En particulier, la contribution des infrastructures de méthanisation et épuration (basée sur une estimation du volume de béton et d'acier présent dans une installation moyenne) a été évaluée à moins de 1 % des impacts et n'est donc pas considérée dans l'étude au regard de la règle de coupure.

Le périmètre étudié commence à la première phase nécessaire pour le traitement des intrants utilisés pour produire du biométhane, et se termine à la combustion du biométhane dans une chaudière individuelle.

Les périmètres retenus varient pour les différentes filières d'injection, et sont schématisés ci-dessous :

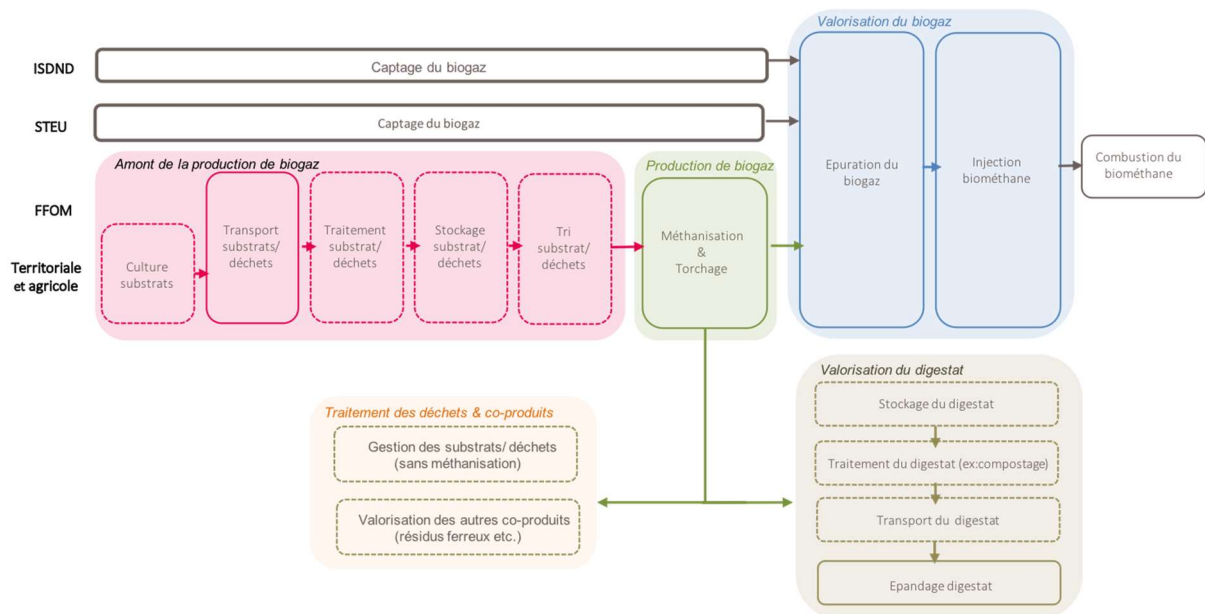


Figure 5 - Schéma simplifié des filières d'injection de biométhane

Ainsi :

- Dans le cas de la filière ISDND, le périmètre de l'étude commence après l'étape réglementaire de captage du biogaz, à l'étape d'épuration ;
- Dans le cas de la filière OMr, le périmètre de l'étude commence à l'étape de transport et stockage des déchets à l'unité tri / méthanisation. Compte tenu de l'approche retenue pour la gestion de la multifonctionnalité (extension des frontières) le périmètre d'étude choisi intègre complètement la gestion des déchets et la valorisation du digestat (stockage, transport et épandage) en complément de la valorisation de l'énergie (épuration, injection et combustion) ;
- Dans le cas de la filière agricole et territoriale, le périmètre de l'étude commence aux étapes de culture lorsqu'il s'agit de cultures intermédiaires à vocation énergétique ou de cultures dédiées. Pour les intrants tels que les résidus de culture, les déchets verts ou les effluents d'élevage, le périmètre de l'étude démarre à partir du stockage et du transport à l'unité de méthanisation. Comme pour la filière OMr, le périmètre d'étude choisi intègre complètement la valorisation du digestat (stockage, transport et épandage) et la valorisation de l'énergie (épuration, injection et combustion) ;
- Dans le cas de la filière STEU, le périmètre de l'étude commence à l'étape d'épuration du biogaz, la méthanisation des boues de STEU étant réalisée dans un objectif premier de gestion des déchets (stabiliser et réduire les boues).

### 3.4. Impacts induits

Les impacts induits correspondent aux émissions de GES générées par les étapes des différentes filières d'injection.

Les étapes d'épuration du biogaz, d'injection, de distribution et enfin de combustion du biométhane sont communes à toutes les filières de production de biométhane considérées dans cette évaluation.

En complément, chaque filière comporte des étapes qui lui sont propres, générant des impacts induits spécifiques.

Le tableau ci-dessous résume les impacts induits pris en compte pour chaque filière compte tenu de sa description et du périmètre retenu pour l'étude :

Filière	Impacts induits
ISDND	Épuration, injection, distribution et combustion du biométhane
OMr	Avec tri : Transport, prétraitement de la FFOM Sans tri : Transport, Traitement Mécano Biologique (TMB) des OMR, valorisation des résidus ferreux et résidus de tri  Méthanisation Valorisation du digestat Épuration, injection, distribution et combustion du biométhane
STEU	Épuration, injection, distribution et combustion du biométhane
Territoriale & Agricole	Production de nouveaux substrats associés à la méthanisation (CIVEs et culture dédiées) Transport et stockage des différents substrats Prétraitement des substrats le nécessitant (ex : hygiénisation des biodéchets) Méthanisation Valorisation du digestat (transport, stockage couvert, et épandage) Épuration, injection, distribution et combustion du biométhane

Tableau 1 – Impacts induits par filières

### 3.5. Impacts évités

*La méthanisation et l'injection du biométhane se substituent à d'autres pratiques de gestion des déchets ou des effluents d'élevage. Elle permet ainsi d'éviter des émissions de GES qui auraient eu lieu en l'absence de développement de cette filière méthanisation, par exemple des émissions de méthane liées à la décomposition des matières organiques (effluents, déchets, ...)*

*Les impacts évités quantifiés dans l'étude correspondent à ces émissions de GES évitées grâce au développement de la filière de méthanisation et injection.*

Ils sont ainsi soustraits aux impacts induits pour déterminer les impacts nets des filières de méthanisation.

Filière	Impacts évités
ISDND	Torchage du biogaz
OMr	Compostage des FFOM Production de matière ferreuse vierge Valorisation énergétique ou enfouissement des OMr Production d'engrais minéraux Réduction du pouvoir méthanogène des déchets
Territoriale & Agricole	Réduction du pouvoir méthanogène des intrants (notamment effluents d'élevage) Compostage des biodéchets et déchets verts Production d'engrais minéraux évitée par l'utilisation du digestat
STEU	Torchage du biogaz

*Tableau 2 – Impacts évités par filières*

### 3.6. Sources de données d'inventaire du cycle de vie (ICV)

Les données requises pour l'ACV du système étudié concernent l'ensemble du système telles que les infrastructures, les matières premières utilisées, l'énergie consommée, les distances de transport ainsi que les émissions de GES à chaque étape du cycle de vie étudié.

Une partie des données de cette étude est issue des données collectées dans la précédente étude ACV menée pour GRDF (Quantis & ENEA, 2015). Ces données ont été collectées auprès d'experts, de la littérature, de données plus génériques issues de la Base Carbone<sup>®</sup> mais aussi de base de données d'inventaire comme Ecoinvent ou encore de bases de données internes à Quantis et ENEA. Pour la réalisation de cette étude, les précédentes données sont complétées et mises à jour à partir des derniers rapports publiés et d'études complémentaires sur les projets effectués par ENEA.

Des hypothèses communes et propres à chaque filière ont dû être établies durant ce projet, les principales ont été validées par le groupe de travail « GT injection » (voir 2.2. Méthodologie d'évaluation, p. 7).

## 4. Résultats et interprétation

Afin de déterminer l'impact global de la filière de méthanisation, les impacts induits et évités de chaque filière ont été quantifiés et sommés pour obtenir le facteur d'émission de chaque filière, indiqués en Tableau 3. Un facteur d'émission négatif correspond à un bénéfice environnemental sur le changement climatique.

Le facteur d'émission moyen du biométhane produit en France est ensuite évalué sur la base de celui obtenu pour chaque filière et du mix prospectif de biométhane injecté à horizon 2023.

En moyenne, 1 kWh PCI de biométhane produit en France, injecté dans le réseau et consommé en usage résidentiel ou tertiaire émet **23,4 g CO<sub>2</sub> eq.**

Pour évaluer l'intérêt de développer la filière d'injection de biométhane, il est intéressant de noter que ce facteur d'émission est :

- Environ 10 fois inférieur à celui du gaz naturel ;
- Environ 14 fois inférieur à celui du fioul ;
- Et comparable aux autres énergies renouvelables électriques ou thermiques.

Les comparaisons entre filières énergétiques doivent cependant être menées avec précaution et présentent des limites, car il n'est pas certain que les règles méthodologiques utilisées pour évaluer les facteurs d'émission des différentes énergies soient les mêmes.

Les facteurs d'émission moyens par filière de production de biométhane sont évalués dans le tableau ci-dessous. Ces résultats ne permettent pas de comparer les différentes filières d'injection de biométhane en vue de cibler celles qui seraient à l'origine d'une réduction plus importante des émissions de GES, mais bien d'évaluer l'impact moyen de la production de biométhane en France. Le total, correspondant à 23,4 gCO<sub>2</sub>eq/kWh, a été calculé à partir de ces valeurs et du mix prospectif de la production de biométhane à l'horizon 2023 (Figure 1).





	Filière	Impacts nets totaux (g CO <sub>2</sub> eq/kWh <sub>pci</sub> biométhane)	Part de la filière dans le mix prospectif considéré à l'horizon 2023
	ISDND	-35,6	4 %
	OMr	-4,8	6%
	STEU	-36,4	9%
	Territoriale & Agricole	35,1	81 %

Tableau 3 - Emissions de GES des différentes filières d'injection du biométhane en France par filière (hors mix de répartition)



## 5. Recommandations

L'analyse de sensibilité permet d'identifier les données d'entrée ayant une forte influence sur le calcul d'impact en comparaison d'autres qui ont une incidence moindre.

Des analyses de sensibilités ont été menées sur les paramètres suivants :

- La quantité d'émissions directes lors de l'épandage ;
- La quantité d'émission fugitives de méthane lors de la production ;
- Le traitement ou non des *off-gaz* ;
- Le rayon d'approvisionnement des substrats (valeur moyenne et valeur haute) ;
- Le rayon d'approvisionnement en ordures ménagères ;
- La distance de transport des digestats (valeur moyenne et valeur haute) ;
- Les mix d'entrée des substrats sur la filière territoriale ;
- Le taux de pertes lors des étapes de méthanisation et d'injection ;
- Le mix de substrats hygiénisés ;
- La méthode IPCC 2013 vs 2017 ;
- L'approche coproduit du biogaz sur la filière STEU.

L'analyse détaillée des résultats et des études de sensibilité menées permet de formuler des recommandations suivantes de nature à abaisser encore le contenu carbone du biométhane :

- **Encourager la récupération des fumiers et lisiers** : la méthanisation des fumiers et des lisiers permet une meilleure gestion des quantités produites, une meilleure gestion des fertilisants organiques, et permet d'éviter des émissions directes de méthane ;
- **Encourager le tri et éviter au maximum la mise en décharge des déchets** : le tri et la méthanisation permettent d'éviter d'incinérer et enfouir une part importante des ordures ménagères ;
- **Séparer en amont les substrats nécessitant une hygiénisation et les autres**, afin de limiter l'hygiénisation aux substrats pour lesquels cette étape est nécessaire ;
- **Favoriser la mise en place de systèmes de traitement des off-gaz** ;
- **Favoriser le captage et l'injection du biométhane des installations pour les filières ISDND et STEU**, qui produisent du biogaz de façon systématique.

## 6. Pistes d'amélioration

Les éléments suivants permettraient d'améliorer encore la représentativité des résultats obtenus et des conclusions sur l'évaluation des émissions de GES du développement de la filière d'injection biométhane :

- Un retour d'expérience sur des sites existants et la mise en place d'une veille permanente sur l'évolution des technologies, des normes, des démarches volontaires de chartes et des différents paramètres influençant chaque filière, permettrait améliorer la qualité des données d'inventaire ;
- Cette étude se limite à une évaluation des impacts sur le changement climatique du développement de la filière d'injection biométhane. Des études complémentaires pourraient être menées pour étudier les effets de la filière sur l'eau, l'épuisement des ressources, la biodiversité, la santé humaine, ....
- Le stockage additionnel de carbone dans le sol induit par les pratiques agricoles accompagnant la méthanisation (Développement des CIVES, utilisation du digestat), n'a pas été quantifié dans cette étude. Ce paramètre pourrait faire l'objet de travaux complémentaires, et sa prise en compte pourrait potentiellement améliorer le bilan environnemental réalisé.