



Nouveaux Systèmes Énergétiques

Comité stratégique de filière



REALISATION NVX SYSTEMES ENERGETIQUES

GROUPE DE TRAVAIL : Méthanisation

SOUS-GROUPE DE TRAVAIL : Externalités

Comment évaluer les bénéfices climatiques d'une filière d'économie circulaire : l'exemple du biométhane

Mise en perspective de quatre méthodes de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre applicables à la filière biométhane

DATE : 16 avril 2021

Le présent document a été produit dans le cadre des travaux du Comité Stratégique de Filière « Nouveaux Systèmes Énergétiques » sur les externalités de la méthanisation. Il s'inscrit ainsi dans une série de travaux complémentaires ayant vocation à qualifier les externalités générées par la filière biogaz, les quantifier lorsque possible, et en déduire une valeur monétisée. L'ensemble des rapports sera mis à disposition sur le site internet du Comité Stratégique de Filière au gré des publications.

Table des matières

Synthèse introductive

Présentation du CSF « Industrie des Nouveaux Systèmes Energétiques »	3
Présentation du GT « Méthanisation »	3
Présentation de la démarche « Externalités »	4

Rapport " Comment évaluer les bénéfices climatiques d'une filière d'économie circulaire : l'exemple du biométhane "

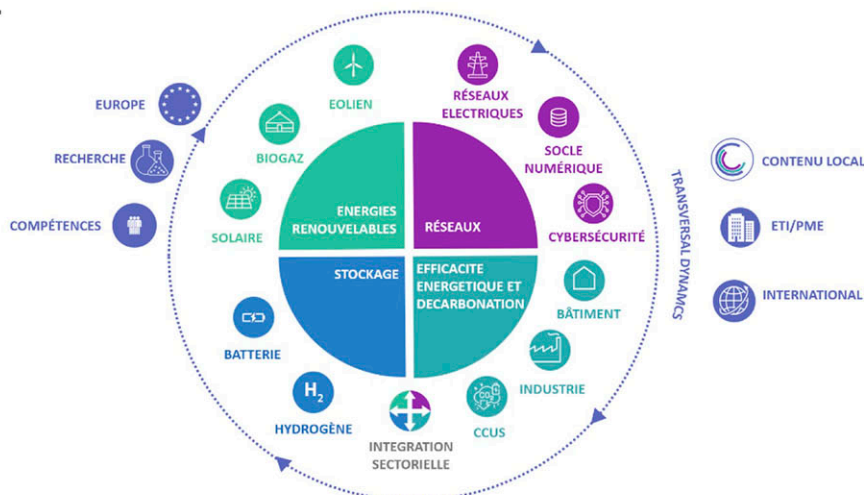
Synthèse	13
La comptabilité des émissions de GES est nécessaire pour lutter contre le changement climatique ..	15
Le biométhane est une énergie renouvelable qui permet de réduire les émissions de GES	20
La principale différence entre les méthodes est la prise en compte des émissions évitées	27
Les différentes études convergent vers une réduction des émissions de GES	33
Conclusion	39
Annexes	40

Annexes

Annexe : Composition du Comité de Pilotage du Sous-GT Externalités.....	56
Annexe : Avis du comité scientifique sur le Rapport.....	57

Présentation du CSF « Industrie des Nouveaux Systèmes Energétiques »

La raison d'être des Nvx Systèmes Energétiques est de transformer la transition énergétique en opportunité de réindustrialiser la France. Organisé autour de défis structurants, il fédère l'ensemble des instances qui travaillent, quotidiennement, à les relever : état, industriels de la transition énergétique, organisations syndicales, collectivités et associations. Il est organisé par groupe de travail autour de 4 thématiques : énergies renouvelables, réseaux, stockage et efficacité énergétique et décarbonation. Ces groupes sont soutenus et stimulés par 6 dynamiques transverses : Europe, recherche, compétences, contenu local, ETI/PME et international.



L'ensemble des travaux des NSE suivent les lignes directrices suivantes :

- Développer une offre compétitive d'énergie renouvelable...
- tout en choisissant la réindustrialisation plutôt que la dépendance technologique...
- et tout en construisant une industrie de l'efficacité énergétique et des smart grid permettant l'auto-financement de la transition énergétique.

Le comité stratégique de filière est structuré par le contrat de filière, il est sa boussole et fixe le cap des années à venir. Il est la feuille de route commune, sur un temps court, de l'ensemble des acteurs de la filière. L'ensemble des signataires du contrat de filière s'accordent sur la réalisation de projets ambitieux et à mettre tout en œuvre pour convertir la transition énergétique en opportunité de réindustrialiser la France.

Présentation du GT Méthanisation

Caractérisé par un fort potentiel industriel, innovant et exportateur, le biogaz représente une filière clé de la transition énergétique. C'est avec cette certitude que les acteurs de la filière se sont fortement investis dès le lancement du CSF en novembre 2018.

Pour répondre aux engagements que la filière et l'État se sont fixés dans le contrat, plusieurs groupes de travail se sont ainsi constitués. Portés et alimentés par une grande diversité d'acteurs (développeurs, fédérations professionnelles, constructeurs, bureaux d'études, opérateurs de réseau, pôles de compétitivité, etc.), ces travaux doivent dresser une vision globale de la compétitivité du biogaz, sans se limiter au seul coût l'énergie, et visent notamment à :

- accélérer l'industrialisation et améliorer la compétitivité de la méthanisation
- préserver et augmenter le contenu local industriel
- et mettre en avant, de manière objective et chiffrée, les nombreuses retombées positives de la méthanisation.

Présentation de la démarche « Externalités »

L'ambition : reconnaître la diversité et la valeur des services rendus par la méthanisation

Située à la croisée des mondes de l'énergie, de l'agriculture et des déchets, la méthanisation offre une solution vertueuse de traitement des déchets organiques, tout en permettant en parallèle la production d'un gaz renouvelable et local. Profondément ancrée dans les territoires et regroupant une large diversité d'acteurs, elle constitue ainsi une mise en application concrète et réussie des principes de l'économie circulaire. Sur l'ensemble de sa chaîne de valeur, la méthanisation est également à l'origine de nombreuses externalités.

Définition

Les **externalités** représentent les effets produits par une activité, affectant des acteurs extérieurs à cette activité et ne faisant l'objet d'aucune contrepartie marchande. Une externalité peut ainsi être **positive** (et donc représenter un bénéfice) **ou négative** (et donc représenter un coût).

Dans le présent rapport, le terme « externalités » sera plus largement utilisé pour évoquer les **services rendus** par la méthanisation à divers acteurs, ou ses **potentiels impacts négatifs**.

Par le nombre, la diversité et l'importance de ces externalités, la filière biogaz se distingue des autres énergies renouvelables. La filière biogaz est créatrice d'une valeur allant au-delà de la seule composante « énergétique » du gaz produit, qui peut être assimilée à celle du gaz naturel. Les coûts de production devraient de fait être mis en regard de la valeur de l'ensemble des services rendus, de manière à refléter les opportunités découlant du développement de la filière méthanisation sur le territoire français. La reconnaissance des externalités et de leur valeur constitue ainsi un exercice nécessaire, permettant d'offrir un regard objectif et complet pour définir la place de la méthanisation dans la transition énergétique, environnementale et sociale.

Une telle démarche s'inscrit également dans une logique de meilleure prise en compte des impacts environnementaux et sociétaux des projets, au-delà de la seule performance financière. Tout projet, qu'il soit agricole, énergétique ou autre, présente de manière inhérente des risques et des impacts, positifs comme négatifs, qu'il s'agit de maîtriser. En particulier, une compréhension fine des externalités de la filière ouvre la voie à la mise en place de stratégies et pratiques visant à maximiser les externalités positives, tout en atténuant les négatives. Cette approche constitue un ingrédient indispensable à une transition énergétique équilibrée et répondant aux attentes de la société civile.

Par ailleurs, l'approfondissement des connaissances sur les externalités permet d'éclairer les réflexions sur le juste niveau de soutien à accorder à cette filière en plein développement. En 2020, 91 unités de production de biométhane ont ainsi été mises en service, portant à 214 le nombre total d'installations en opération (+75%). Avec un très large portefeuille de projets en file d'attente, la filière biométhane est en ordre de marche pour opérer, et même accélérer, la nécessaire transition énergétique du secteur gazier. Les 1 100 projets inscrits au registre de capacités fin 2020 représentaient un potentiel de production annuel de 26 TWh¹, excédant dès à présent largement les objectifs fixés par la PPE² pour 2028 (14 à 22 TWh/an).

¹ Ministère de la Transition Ecologique, Tableau de bord : biométhane injecté dans les réseaux – Troisième trimestre 2020

² PPE : programmation pluriannuelle de l'énergie

De premiers travaux ont mis en évidence l'importance et la variété de ces externalités. Dans son rapport « *Renforcer la compétitivité de la filière biométhane française* » réalisé pour le compte de GRDF, GRTgaz, l'ATEE et le Syndicat des Énergies Renouvelables, Enea Consulting a notamment effectué une évaluation préliminaire de la valeur associée à certaines externalités de la filière, qui pourraient ainsi représenter de 55 à 85€ par MWh de biométhane produit³.

Si certaines des externalités (émissions de gaz à effet de serre, propriétés agronomiques des digestats) ont d'ores et déjà fait l'objet de nombreux travaux, plusieurs d'entre elles sont toutefois encore aujourd'hui peu caractérisées, mettant en évidence un besoin de synthèse et d'approfondissement des connaissances. De plus, certaines externalités sont directement dépendantes du contexte des projets et de leur environnement direct, renforçant la complexité liée à leur évaluation.

Signataires du Contrat Stratégique de la Filière Biogaz en mai 2019, les membres de la filière et les pouvoirs publics ont unanimement reconnu l'importance d'une évaluation rigoureuse des externalités et ont acté le lancement d'une réflexion collective sur le sujet. Conduits sous l'égide d'un large comité de pilotage, les travaux ont été animés conjointement par France gaz renouvelables et l'Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France, de 2019 à 2021.

Membres du Comité de pilotage



Cette collaboration a donné lieu à la réalisation d'une première phase de travaux, ayant permis de recenser et qualifier l'ensemble des externalités, positives comme négatives, pouvant être générées par des projets de méthanisation.

Dans un second temps, trois thématiques prioritaires ont été retenues pour faire l'objet d'un approfondissement dans le cadre des travaux du comité stratégique de filière : l'eau, les émissions de gaz à effet de serre, et le traitement des déchets. Des groupes de travail regroupant des acteurs industriels, institutionnels et académiques ont ainsi été mis sur pieds avec pour objectifs de qualifier, et si possible, quantifier et évaluer la possibilité de monétiser ces externalités. Des travaux sur la contribution de la méthanisation à la résilience des exploitations agricoles ont également été enclenchés, mais s'inscriront dans une temporalité plus longue.

Afin de répondre aux impératifs de rigueur et d'objectivité nécessaires à une telle démarche, un comité scientifique a été chargé de conseiller les groupes de travail et d'émettre un avis sur les résultats produits par ces derniers.

Si les acteurs de la filière se sont pleinement emparés du sujet des externalités, d'autres institutions ont depuis souligné l'importance d'une juste prise en compte des services rendus par les unités de méthanisation. Le comité de prospective de la Commission de Régulation de l'Énergie a notamment mis en évidence en 2019 la nécessité d'une intégration des externalités dans le modèle économique de la méthanisation⁴, afin d'en asseoir la pertinence économique et environnementale. L'année suivante, l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) a plaidé pour un rehaussement des objectifs de développement de la filière, en remettant en avant l'importance des externalités⁵.

³ Enea Consulting, Renforcer la compétitivité de la filière biométhane française, 2018

⁴ Comité de prospective de la Commission de Régulation de l'Énergie, Verdissement du Gaz, 2019

⁵ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, L'agriculture face au défi de la production d'énergie, 2020

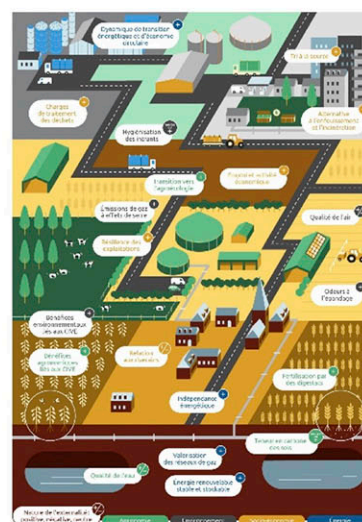
Le constat : Les projets de méthanisation sont à l'origine d'une multitude d'externalités

Depuis l'émergence des premières unités modernes dans les années 2000, la méthanisation et ses divers impacts ont fait l'objet de nombreux travaux. La France présente en particulier une riche littérature scientifique sur certains volets agronomiques et environnementaux des activités de méthanisation.

Bien qu'étudiés, les impacts de la filière n'avaient jusqu'alors été que très succinctement envisagés comme des externalités, c'est-à-dire comme des bénéfices ou des coûts perçus par des acteurs extérieurs. En particulier, peu de travaux, présentant une vision systémique et qualifiée des externalités de la filière méthanisation, avaient été produits. Permettant d'approcher l'ampleur et la valeur des externalités, les démarches de quantification et de monétisation restent également largement marginales.

En s'appuyant sur une large revue de littérature et la réalisation d'entretiens avec des experts de la filière, un panorama des connaissances actuelles sur les externalités générées par les projets de méthanisation a été dressé. Au total, ce sont ainsi plus de 15 thématiques qui ont été identifiées, qualifiées et réparties selon leur nature : agronomique, environnementale, socioéconomique ou énergétique (voir schéma présenté sur la page suivante).

Les externalités sont la résultante d'une multitude de causes, pouvant survenir sur l'ensemble de la chaîne de valeur des projets. Leur évaluation constitue ainsi un exercice particulièrement complexe et dépendant d'une multitude de facteurs. L'importance d'une externalité peut ainsi varier sensiblement d'un site à l'autre, en fonction du contexte du projet et des pratiques mises en œuvre par les exploitants des unités.



Cartographie des externalités de la filière méthanisation
(voir page suivante)

Illustration

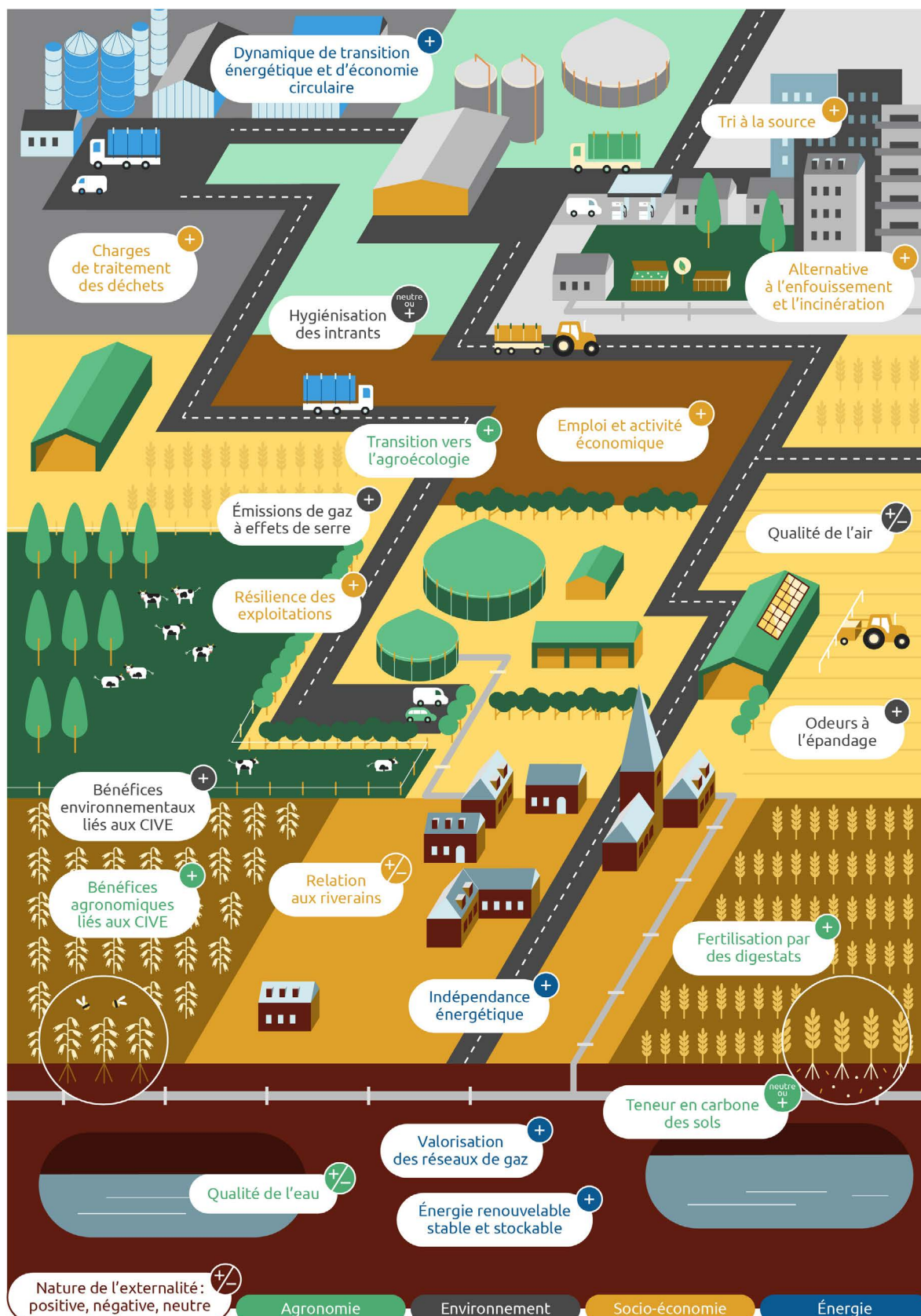
L'impact de la méthanisation sur le changement climatique ne peut être évalué qu'en tenant compte de l'exhaustivité des émissions induites (ex : émissions dues à l'épandage de digestat ou transport des intrants) et évitées par le projet (ex : meilleure gestion des effluents d'élevage, réduction de l'usage d'engrais minéraux) et ce sur l'ensemble du procédé.

Le bilan carbone varie également d'une unité à l'autre, en fonction par exemple du mix d'intrants, du matériel et des pratiques d'épandage, ou encore des installations de stockage des intrants.

Au-delà de ce panorama, les travaux enclenchés dans le cadre du Comité Stratégique de Filière ont permis de synthétiser et approfondir les connaissances sur trois thématiques majeures : l'eau, les émissions de gaz à effet de serre et le traitement des déchets.

Schéma : Cartographie des externalités générées par la filière méthanisation

Une quinzaine d'externalités ont été identifiées, caractérisées et classées selon leur nature (environnementales, agronomiques, énergétiques ou socio-économiques) :



Qualité de l'eau : résumé des travaux

L'impact de la méthanisation sur la qualité des eaux souterraines et de surface constitue un sujet particulièrement complexe, suscitant de nombreuses discussions. Envisagée par certains comme un outil de préservation des ressources en eau, la méthanisation est considérée par d'autres comme un facteur de risque supplémentaire. Cette problématique reste relativement peu documentée, au niveau français comme international.

Face à l'absence de consensus scientifique clairement exprimé et de documents présentant une vision systémique du sujet, un groupe de travail a été chargé de dresser un état de l'art de l'impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau. Composé d'une dizaine d'experts provenant de différentes institutions publiques comme privées, le groupe de travail a été piloté par l'Association d'Initiatives Locales pour l'Énergie et l'Environnement (AILE).

Par le biais d'une large revue de littérature complétée de plusieurs entretiens, une synthèse des connaissances scientifiques actuelles a été rédigée. S'appuyant sur les contributions de multiples acteurs de référence, ce travail inédit introduit une vision globale et argumentée de la problématique, distinguant les éléments faisant consensus de ceux faisant toujours l'objet de débats.

La synthèse met en évidence le rôle central joué par les pratiques dans l'impact possible d'une activité agricole ou de méthanisation sur la qualité de l'eau. À pratique d'épandage similaire et à quantité d'azote efficace apportée identique, les digestats présentent ainsi un risque de lixiviation globalement similaire aux produits résiduels organiques classiques. L'introduction d'un projet de méthanisation entraîne toutefois un ensemble de changements de pratiques susceptibles d'impacter la qualité de l'eau. Le respect des bonnes pratiques permet de minimiser les risques de dégradation de la ressource en eau, et peut constituer un levier de préservation de cette ressource. En effet, la connaissance des caractéristiques du digestat (dont le pouvoir fertilisant est plus important que celui des effluents non digérés), la possibilité de séparer les phases, une capacité de stockage suffisante et l'usage de matériel adapté peuvent permettre d'améliorer la gestion des épandages. L'étude met également en évidence le rôle de « piège à nitrates » joué par les cultures intermédiaires, dont le développement peut être favorisé par la méthanisation.

Le groupe de travail souligne finalement l'importance de poursuivre les travaux sur le lien entre méthanisation et qualité de l'eau, notamment sur deux thématiques particulièrement peu documentées à l'heure actuelle :

- Caractériser les changements de pratiques agricoles constatés à l'échelle des systèmes (avant et après méthanisation), et évaluer par modélisation l'impact de ces changements sur la qualité de l'eau
- Étudier l'influence des effets « induits » par le développement de la filière méthanisation (et notamment la question du changement d'affectation des sols)

Quel lien entre méthanisation et qualité de l'eau ?

Le principal lien entre méthanisation et qualité de l'eau se fait par l'épandage du digestat, retour au sol de la matière après méthanisation. Au même titre que les autres produits résiduels organiques (ex : lisier, fumier, compost) ou les engrais minéraux (ex : engrais azotés de synthèse), l'épandage de digestat permet aux agriculteurs d'apporter de la matière organique et des nutriments au sol et aux plantes.

Indispensable aux activités agricoles, l'apport de nutriments se doit d'être piloté de manière précise, en adéquation avec les besoins des cultures et des sols. Apportés en excès ou au mauvais moment, les nutriments peuvent en effet être entraînés vers les masses d'eau avoisinantes par lixiviation ou ruissellement et causer des pollutions. L'introduction d'un projet de méthanisation peut entraîner des changements de pratiques et de matériel (épandage, stockage) susceptibles de modifier les modalités de retour au sol par rapport à la situation avant méthanisation.

Émissions de gaz à effet de serre : résumé des travaux

La contribution de la méthanisation au changement climatique ou à son atténuation fait l'objet de nombreux travaux à l'échelle internationale. Au regard de la grande diversité d'unités, l'évaluation des émissions de gaz à effets de serre du biométhane nécessite une approche rigoureuse, couvrant notamment l'ensemble de la chaîne de valeur des projets. La comptabilisation des émissions peut par ailleurs être effectuée selon divers cadres méthodologiques en fonction de l'objectif recherché, et donc mener à des résultats légèrement différents. Le caractère vertueux de la méthanisation en matière de limitation du changement climatique fait toutefois aujourd'hui l'objet d'un large consensus, faisant de la réduction des émissions de gaz à effet de serre l'une des principales externalités associée à la production de biogaz. Selon la Base Carbone, inventaire national des facteurs d'émissions géré par l'ADEME, le biométhane permet ainsi une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 81% par rapport au gaz naturel.

Quel lien entre méthanisation et émissions de gaz à effet de serre ?

La combustion de biométhane donne lieu à des émissions de CO₂ dit biogénique, provenant du CO₂ stocké dans la biomasse et capturé lors de la photosynthèse. Ces émissions sont considérées comme relevant du cycle court du carbone et présentent donc un impact nul sur le climat (au contraire des émissions de CO₂ « fossiles »).

Au-delà de la combustion du biométhane, les étapes associées à sa production sont naturellement à l'origine d'émissions induites (ex : émissions de CO₂ dues au transport des intrants) et d'émissions évitées (ex : émissions à l'épandage des effluents non digérés). L'évaluation de l'empreinte carbone du biométhane nécessite ainsi l'évaluation et la prise en compte de l'ensemble de ces contributions.

Un groupe de travail piloté par GRDF et regroupant un grand nombre des acteurs de la filière méthanisation a été lancé en juillet 2019 afin de travailler à la reconnaissance de cette externalité. Fruits de la collaboration des différentes parties prenantes impliquées, deux travaux complémentaires ont été réalisés :

Rédaction d'un rapport pédagogique explicitant les principales méthodes de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre liées à la production de biométhane. Dans un premier temps, un rapport pédagogique⁶ explicitant l'enjeu lié à la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre associées au biométhane a été rédigé. Également disponible sous la forme d'une synthèse exécutive, ce rapport répond à un besoin de clarification et d'explication, exacerbé par la coexistence de plusieurs méthodologies distinctes. Le document introduit ainsi quatre méthodes de comptabilisation de référence utilisées dans le cadre français, en détaillant les différences, les raisons d'être, ainsi que les principaux résultats de chacune d'entre elles.

Développement d'une méthodologie de comptabilisation permettant d'évaluer les réductions d'émissions d'un projet de méthanisation. Le groupe a également travaillé à l'élaboration d'un nouveau mécanisme de comptabilisation, ouvrant la porte à une évaluation des réductions d'émissions directement à l'échelle d'un projet de méthanisation. La méthode et l'outil associés seront ainsi rendus publics, permettant à tout porteur de projet d'évaluer le bilan gaz à effet de serre de son projet. La méthode sera en outre proposée dans le cadre du Label Bas Carbone⁷. Sous réserve de validation par l'administration, un tel dispositif permettrait alors aux unités respectant un certain nombre de conditions prédéfinies de bénéficier d'un financement complémentaire. En particulier, les projets souhaitant bénéficier d'une labellisation seraient soumis à une liste de critères d'éligibilité ayant vocation à garantir leur exemplarité d'un point de vue environnemental.

⁶ Le rapport, ainsi que la synthèse exécutive seront disponibles sur le site du CSF

⁷ Le label bas-carbone est un cadre de certification carbone national volontaire introduit et porté par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.

Traitement des déchets : résumé des travaux

Souvent abordée par le prisme de la production d'énergie, la méthanisation n'en constitue pas moins une voie vertueuse et efficace de traitement des déchets organiques. Au-delà des déchets agricoles (effluents d'élevage, résidus de culture, ...), la méthanisation s'avère ainsi particulièrement indiquée pour le traitement des biodéchets issus des ménages, des collectivités ou des entreprises, ou encore les boues de station d'épuration. Dans un contexte de généralisation du tri à la source à partir de 2023, la méthanisation peut ainsi se positionner comme une alternative durable à l'enfouissement et l'incinération, mais également une alternative complémentaire au compostage. Si d'autres pays ont déjà mis en place des systèmes de collecte sélective et développé la méthanisation pour traiter les déchets associés, cette pratique reste encore relativement marginale en France.

Quel lien entre méthanisation et traitement des déchets ?

La méthanisation permet l'utilisation d'une large variété d'intrants, dont les déchets agricoles ou encore les boues de STEP. Elle constitue également une voie de traitement pour les déchets issus de l'industrie agroalimentaire, des collectivités et des ménages. Dans ce dernier cas, la fraction fermentescible des ordures ménagères peut être extraite après une étape de tri dans un centre spécialisé, ou captée directement à la source après mise en place d'une collecte sélective.

À l'heure actuelle, les biodéchets (déchets naturels biodégradables) sont en majorité enfouis dans des installations de stockage ou incinérés. Seule une part réduite est aujourd'hui fléchée vers les principales voies de valorisation agronomique, qui sont le compostage et la méthanisation.

Afin de mener une réflexion sur la place de la méthanisation comme filière de traitement des biodéchets, l'animation d'un groupe de travail pluridisciplinaire a été confiée à la Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement (FNADE) et SARIA Industries.

Composé d'acteurs du monde des déchets, de l'agriculture et de l'énergie, le groupe a travaillé à l'identification et la caractérisation des externalités sur l'ensemble de la chaîne, de la collecte des déchets jusqu'à leur valorisation, en passant par leur traitement par méthanisation. Pour ce faire, le groupe de travail s'est notamment appuyé sur un état des lieux détaillé du traitement des déchets organiques en France, réalisé grâce au croisement des expertises complémentaires des différents contributeurs.

En complément, des propositions permettant de saisir le plein potentiel de ces externalités ont été dressées conjointement par les membres du groupe de travail.



Nouveaux Systèmes
Énergétiques
Comité stratégique de filière



France gaz
renouvelables



ASSOCIATION
AGRICULTEURS
MÉTHANISEURS
DE FRANCE

Comment évaluer les bénéfices climatiques d'une filière d'économie circulaire : l'exemple du biométhane

Mise en perspective de quatre méthodes de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre applicables à la filière biométhane

AVRIL 2021



Le présent rapport a été rédigé sous l'égide du groupe de travail « Émissions de Gaz à Effets de Serre » par Enea Consulting, dans le cadre du Contrat Stratégique de Filière (CSF) Nouveaux Systèmes Energétiques.

Membres du groupe de travail



Auteurs

Fabiola GRAVEAUD
Partner, ENEA Consulting

Adrien DE VRIENDT
Consultant, ENEA Consulting

Marie-Anastasia HARMAND
Analyste, ENEA Consulting



Depuis 2007, ENEA conseille et accompagne les leaders du secteur privé et les institutionnels sur l'ensemble des filières et des marchés de la transition énergétique, partout dans le monde. À travers une offre de conseil dédiée et un soutien *pro bono* aux ONG et entrepreneurs sociaux sélectionnés pour leur fort potentiel d'impact, ENEA s'engage également en faveur de l'accès à l'énergie.



Ce document est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International. Pour voir la licence: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Synthèse

La lutte contre le changement climatique impose de pouvoir quantifier précisément l'impact de l'ensemble des activités humaines sur le climat.

Un tel suivi permet notamment de mettre en place des actions de réduction ciblées et adaptées aux enjeux. Plusieurs travaux ont ainsi été réalisés en France comme au niveau international, afin d'évaluer l'empreinte carbone du biométhane, ainsi que sa contribution à l'atténuation du changement climatique.

La méthanisation se distingue des autres filières de production d'énergie par la grande diversité de projets constatée (typologie d'unité, mix d'intrants, etc.) et **par le caractère multifonctionnel des projets de méthanisation**. En effet, les unités de méthanisation assurent des fonctions qui vont au-delà de la production d'énergie, comme par exemple la gestion des déchets et des résidus agricoles, ou la production de digestat pouvant être utilisé comme fertilisant et amendement. L'évaluation de l'impact sur le climat associé à cette filière doit tenir compte de ces spécificités, et comptabiliser l'ensemble des émissions induites et évitées par les projets de méthanisation sur leur cycle de vie.

Plusieurs cadres méthodologiques permettant d'évaluer l'impact carbone d'une filière ou d'une énergie co-existent. Dans le cas du biométhane, on recense ainsi plusieurs méthodes proposant des approches et donc des résultats pouvant varier légèrement. Bien que le caractère vertueux du biométhane en matière de limitation du changement climatique fasse aujourd'hui l'objet d'un large consensus, la coexistence de plusieurs méthodes distinctes tend à limiter l'appropriation de ce sujet pourtant crucial.

Face à ce constat, le groupe de travail « Émissions de Gaz à Effet de Serre » du CSF « Nouveaux Systèmes Energétiques » a travaillé à la rédaction du présent rapport, visant à expliciter et comparer quatre méthodes de référence dans le cadre Français :

- L'ACV attributionnelle « Base Carbone ® » 2020 (Quantis, Enea)
- L'ACV multifonctionnelle 2017 (Quantis, Enea)

- La proposition de méthodologie « Label Bas Carbone », développée par le GT « Émissions de Gaz à Effets de Serre » du CSF [En projet]
- La méthode de calcul issue de la Directive RED II [En projet]

Ayant vocation à illustrer pourquoi et comment évaluer les bénéfices climatiques d'une filière d'économie circulaire, le rapport s'articule autour de quatre messages clés :

- **La comptabilité des émissions de GES est nécessaire pour lutter efficacement contre le changement climatique**
- **Le biométhane est une énergie renouvelable qui permet de réduire les émissions de GES**
- **La principale différence entre les méthodes est la prise en compte des émissions évitées**
- **Les différentes études convergent toutes vers une réduction des émissions de GES**

Chacune des méthodes a été développée dans un contexte particulier, pour répondre à un objectif précis. De fait, ces méthodes présentent des périmètres de comptabilité qui leur sont propres. Ces dernières s'accordent sur un socle commun d'émissions induites à prendre en compte, mais intègrent de façon différente les bénéfices liés à la multifonctionnalité de la méthanisation, notamment sur les émissions évitées.

En dépit de ces différences d'approche et de périmètre, toutes ces méthodes démontrent le caractère « bas carbone » du biométhane et l'intérêt de la filière de production et d'injection française dans une perspective de neutralité carbone.

La prise en compte exhaustive des émissions évitées, proposée par l'ACV de 2017 comme par le projet de méthode Label Bas Carbone constitue l'approche la plus à même de représenter l'ensemble des bénéfices du biométhane. Enfin, en complément des bénéfices climat apportés par la filière, la production de biométhane apporte également des externalités positives dans d'autres domaines : création d'emploi ou encore réduction de l'usage d'engrais minéraux.

Table des matières

1	LA COMPTABILITÉ DES ÉMISSIONS DE GES EST NÉCESSAIRE POUR LUTTER CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE	15
	Le cadre de la comptabilité des émissions de GES à l'échelle internationale	15
	Le cadre français de comptabilité des émissions de GES	18
	Les analyses du cycle de vie sont un outil de prédilection pour évaluer les impacts environnementaux	18
2	LE BIOMÉTHANE EST UNE ÉNERGIE RENOUVELABLE QUI PERMET DE RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GES	20
	Le biométhane : un levier pour réduire les émissions de GES des secteurs de l'énergie, de l'agriculture et des déchets	20
	Les bioénergies reposent sur le principe du cycle court du carbone	22
	Présentation de quatre méthodologies existantes de quantification des émissions de GES du biométhane	23
	La production de biométhane remplit plusieurs fonctions et permet d'éviter des émissions de GES	24
3	LA PRINCIPALE DIFFÉRENCE ENTRE LES MÉTHODES EST LA PRISE EN COMPTE DES ÉMISSIONS ÉVITÉES	27
	Les quatre méthodes prennent en compte de manière différente les bénéfices de la méthanisation	27
	Les quatre méthodes considèrent des périmètres amont/aval différents	28
4	LES DIFFÉRENTES ÉTUDES CONVERGENT VERS UNE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES	33
	Les émissions du biométhane sont très inférieures à celles du gaz naturel et comparables aux énergies renouvelables	33
	Les avantages de chaque méthode	36
	Les autres externalités positives du biométhane	37
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	39
	ANNEXES	40

1

La comptabilité des émissions de GES est nécessaire pour lutter contre le changement climatique

La quantification des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) est nécessaire pour évaluer la lutte contre le changement climatique. Elle permet notamment d'évaluer la contribution des énergies renouvelables, dont le biométhane, aux objectifs climatiques internationaux.

Le cadre de la comptabilité des émissions de GES à l'échelle internationale

La comptabilité des émissions de GES à l'échelle internationale est une condition nécessaire à leur réduction.

L'accumulation dans l'atmosphère terrestre des GES, c'est-à-dire des gaz qui retiennent une part de l'énergie solaire normalement renvoyée de la Terre vers l'espace sous forme d'infrarouges, est la principale cause du changement climatique. Les GES ont plusieurs effets additionnels contribuant à l'accroissement de l'effet de serre. Ces effets additionnels sont mesurés avec un indicateur commun, le potentiel ou le pouvoir de réchauffement global (PRG), qui dépend de l'horizon temporel considéré. Le standard international pour mesurer le PRG se réalise en convertissant les GES en équivalent dioxyde de carbone sur un horizon temporel de 100 ans (d'où le rajout d'un indice «eq» dans l'unité

«CO₂ eq», communément utilisée pour mesurer la quantité de GES).

Les trois principaux GES¹ anthropiques (émis par les activités humaines) en termes de contribution au changement climatique sont les suivants :

Le dioxyde de carbone (CO₂)

Le dioxyde de carbone (CO₂) est le principal GES émis dans l'atmosphère. Il représente environ 76% des émissions mondiales de GES anthropiques (d'origine humaine). Il provient essentiellement de la combustion de carburants fossiles et de la déforestation. Par définition, le CO₂ a un PRG de 1.

Le méthane (CH₄)

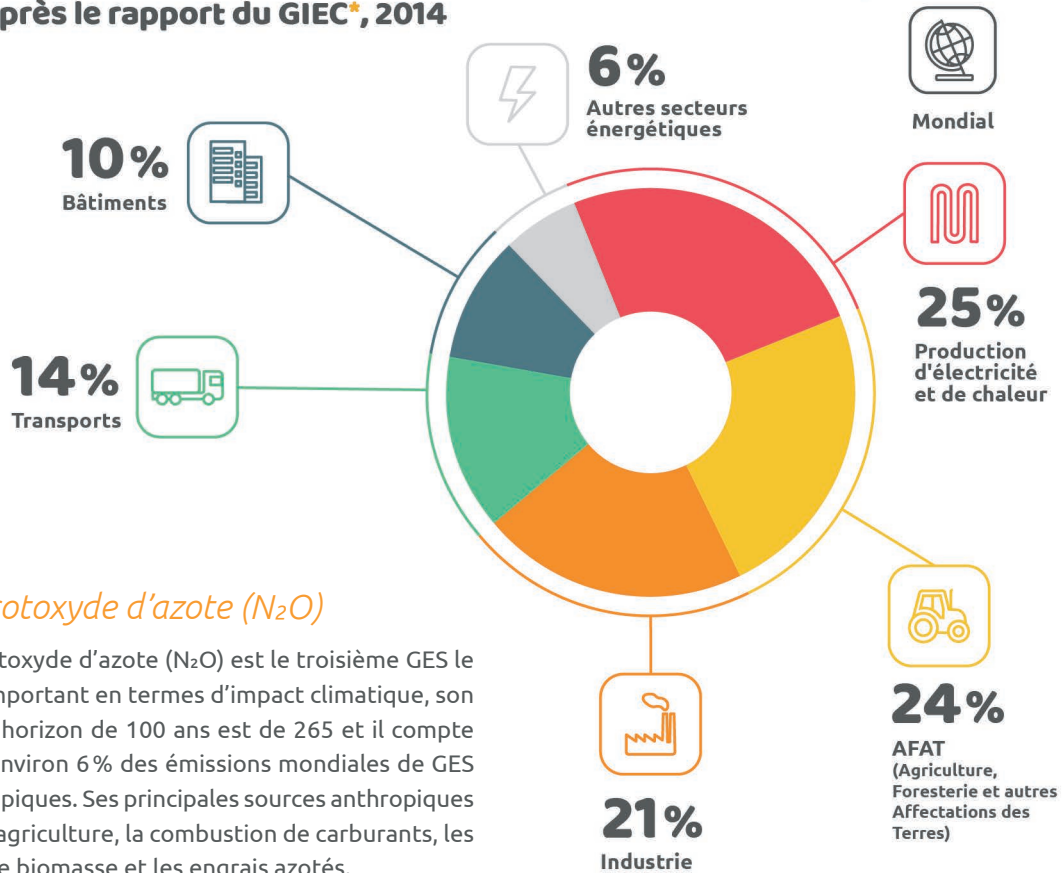
Le méthane (CH₄) représente environ 16% des émissions mondiales de GES anthropiques. Il provient essentiellement de l'élevage des ruminants (émanations du fumier) et des exploitations gazières, pétrolières et charbonnières. Bien que l'humanité émette beaucoup moins de méthane que de CO₂, le PRG du méthane fossile est environ 30 fois supérieur à celui du CO₂, à horizon de 100 ans². Sa durée de vie moyenne dans l'atmosphère est de 8 et 12 ans.

¹ Source : ADEME, Base Carbone®

² Le PRG du biométhane est de 28 à horizon de 100 ans

Figure 1

Répartition des émissions de GES entre les secteurs économiques d'après le rapport du GIEC*, 2014



Le protoxyde d'azote (N₂O)

Le protoxyde d'azote (N₂O) est le troisième GES le plus important en termes d'impact climatique, son PRG à horizon de 100 ans est de 265 et il compte pour environ 6% des émissions mondiales de GES anthropiques. Ses principales sources anthropiques sont l'agriculture, la combustion de carburants, les feux de biomasse et les engrais azotés.

Autres GES

Enfin, d'autres GES contribuent au changement climatique. La vapeur d'eau (dont la durée de vie dans l'atmosphère est très courte) n'est pas directement influencée par les émissions humaines, et n'est donc pas comptabilisée dans les GES anthropiques. L'ozone, les chlorofluorocarbures (CFC) ou l'hexafluorure de soufre sont d'autres GES qui sont émis par l'homme dans des quantités beaucoup moins importantes, néanmoins leur PRG est très puissant, pouvant s'élever à plusieurs milliers de fois le PRG du CO₂. Certaines réglementations ciblent précisément ces GES, car ils constituent des cibles faciles. D'autres composants physiques accélèrent le changement climatique, comme la suie, ou les traînées de condensation de vapeur d'eau issue des réacteurs d'avions, provoquant toutes deux un « effet d'albédo » qui accentue l'effet de serre.

Naturellement présents dans l'atmosphère, les GES empêchent la Terre de se refroidir (les températures seraient de l'ordre de -18 degrés Celsius sans GES). Cependant, les activités humaines s'intensifient et augmentent leur concentration dans l'atmosphère :

* Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

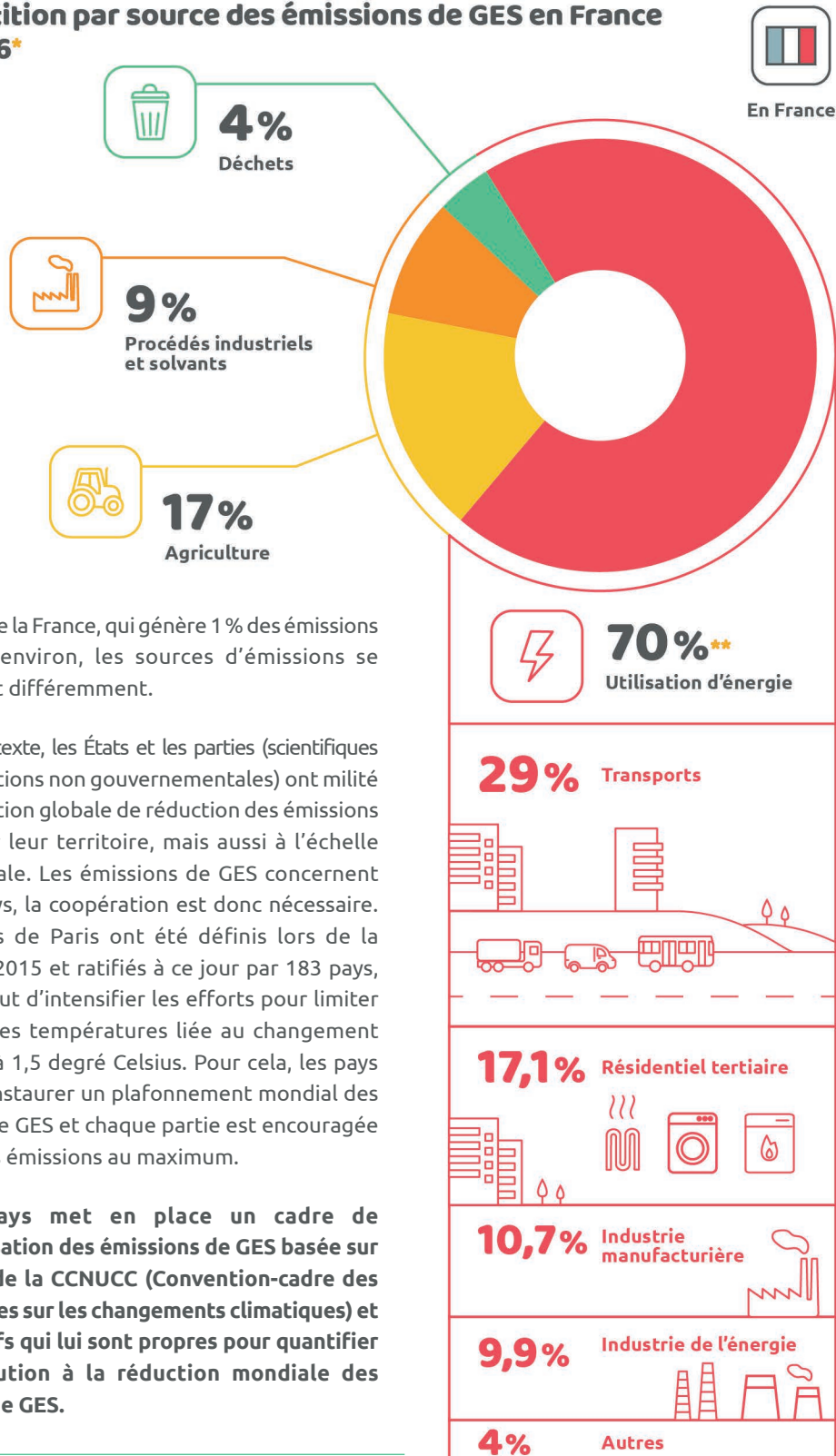
les émissions de GES ont augmenté de 80% depuis 1970 et de 30% depuis 1990. **Une telle augmentation vient déséquilibrer l'atmosphère et perturber les cycles météorologiques et provoque un réchauffement global de la Terre, qui peut se traduire par des épisodes météorologiques locaux de plus en plus contrastés.**

Toutes les activités humaines ne participent pas de manière égale au réchauffement climatique. À l'échelle mondiale, les trois principaux secteurs contribuant aux émissions de GES sont :

- La production d'électricité et de chaleur, représentant 25% des émissions
- L'agriculture, la foresterie et les autres affectations (utilisations) des terres (AFAT), représentant 24% des émissions
- L'industrie, représentant 21% des émissions
- Les transports, le bâtiment et les autres secteurs énergétiques contribuent pour 30% aux émissions.

Figure 2

Répartition par source des émissions de GES en France en 2016*



À l'échelle de la France, qui génère 1% des émissions mondiales environ, les sources d'émissions se répartissent différemment.

Dans ce contexte, les États et les parties (scientifiques ou organisations non gouvernementales) ont milité pour une action globale de réduction des émissions de GES, sur leur territoire, mais aussi à l'échelle internationale. Les émissions de GES concernent tous les pays, la coopération est donc nécessaire. Les accords de Paris ont été définis lors de la COP21³ en 2015 et ratifiés à ce jour par 183 pays, avec pour but d'intensifier les efforts pour limiter la hausse des températures liée au changement climatique à 1,5 degré Celsius. Pour cela, les pays tendent à instaurer un plafonnement mondial des émissions de GES et chaque partie est encouragée à limiter ses émissions au maximum.

Chaque pays met en place un cadre de comptabilisation des émissions de GES basée sur les règles de la CCNUCC (Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques) et des objectifs qui lui sont propres pour quantifier sa contribution à la réduction mondiale des émissions de GES.

³ La COP 21 est la 21e Conférence des parties (COP) à la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique. Elle s'est tenue du 30 novembre au 11 décembre 2015.

* Sources des données : AEE (Agence Européenne pour l'Environnement) 2018

** Pour cause d'arrondis, la somme du détails des pourcentages d'utilisation d'énergie équivaut à 70,7%

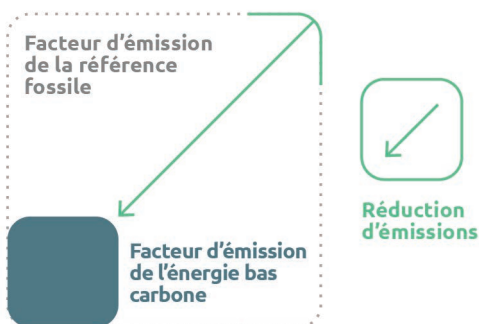
Le cadre français de comptabilité des émissions de GES

La France dispose d'un cadre réglementaire structuré permettant de comptabiliser les émissions de GES des organisations responsables de la majorité des émissions de GES du territoire.

Outre le cadre réglementaire général européen et international, chaque pays développe sa propre comptabilité des émissions de GES. En France, outre les sites soumis au PNAQ⁴, la comptabilité carbone repose principalement sur le **Bilan des Émissions de GES («BEGES»)**, obligatoire pour certains acteurs publics ou privés, présenté dans la «Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de GES conformément à l'article 75 de la loi n° 2010-788 du 12/07/2010». Les postes d'émissions de GES obligatoires dans le BEGES sont la consommation directe d'énergie (combustible ou carburant) et la consommation «indirecte» d'énergie (électricité, chaleur ou vapeur issue de réseaux) (voir *annexe 4 pour autres postes*).

Le facteur d'émission⁵ des énergies électriques ou thermiques est ainsi particulièrement important pour le calcul du BEGES des organismes. Une énergie dont le facteur d'émission est faible sera attractive pour les entreprises visant à réduire leurs émissions de GES.

Figure 3
Importance du facteur d'émission de l'énergie bas carbone pour évaluer sa contribution à la réduction des émissions de GES



En France, la référence en termes de facteur d'émission est la Base Carbone®, une base de données publique de facteurs d'émissions administrée par l'ADEME. L'un des principes de

la Base Carbone® est de fournir des facteurs d'émissions entièrement documentés afin de garantir un bon usage de ces facteurs.

Ainsi pour l'inscription d'un facteur d'émission dans la Base Carbone®, l'ADEME exige de :

- Prendre en compte l'ensemble du cycle de vie
- Être pertinent géographiquement avec le contexte étudié
- Représenter un contexte temporel précis
- Distinguer les impacts des différents gaz à effet de serre ainsi qu'une valeur agrégée en kg CO₂eq
- Distinguer les impacts induits et les impacts évités

La Base Carbone® est ainsi la base de données de référence de l'article L229-25 du Code de l'Environnement⁶. **La Base Carbone® est un inventaire de facteurs d'émissions qui ont pour but d'être pris en compte dans une comptabilité et non pas d'évaluer toute une filière et les externalités positives qu'elle peut avoir.**

Les analyses du cycle de vie sont un outil de prédilection pour évaluer les impacts environnementaux

Les analyses du cycle de vie (ACV), qui visent à quantifier les impacts environnementaux (pas uniquement l'impact sur le changement climatique) sur l'ensemble du cycle de production des produits et des services, sont la norme internationale pour, entre autres, quantifier les émissions de GES des solutions bas carbone. Les analyses du cycle de vie peuvent s'appliquer à n'importe quel secteur d'activité. Une ACV permet de réaliser une comparaison cohérente et exhaustive de plusieurs solutions répondant au même service. Les résultats peuvent ainsi permettre de comparer différentes filières pour servir de base à des actions privées ou publiques de réduction des impacts environnementaux.

⁴ Plan National D'Affectation des Quotas

⁵ Voir Lexique

⁶ Elle est aussi homogène avec l'article L1341-3 du code des transports et les valeurs par défaut du système d'échange des quotas d'émissions européen. Les facteurs d'émissions des énergies qui y figurent sont donc pris en compte par les entreprises dans leur calcul de crédit carbone (ETS).

Encadrée par les normes ISO14040 à ISO14044, l'analyse du cycle de vie recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, les flux physiques de matières premières (métaux, minéraux, produits organiques, produits transformés, eau, etc.) et d'énergie (carburant, combustible, chaleur, froid ou électricité) associés aux activités humaines (voir la liste des critères issue de la présentation de l'ADEME). Elle en évalue les impacts potentiels puis rapporte ces impacts aux services rendus. Une ACV se fonde sur plusieurs critères d'analyse des flux entrants et sortants. **La définition du périmètre d'une ACV pour borner ces flux est extrêmement importante.** On appelle «flux» tout ce qui entre dans la fabrication du produit et tout ce qui sort en matière de pollution. Les flux sortants peuvent correspondre aux déchets, émissions gazeuses, effluents liquides rejetés, etc. La collecte des informations relatives aux flux est une étape importante de l'ACV. En ACV, à chaque flux sont associés un ou des facteurs d'impact pour estimer les impacts potentiels sur l'environnement sur un ou plusieurs indicateurs.

Le but d'une ACV est de notamment identifier et éviter les effets de transfert d'impact entre impacts environnementaux causés, et/ou vers d'autres maillons de la chaîne de production, pour une même unité fonctionnelle étudiée (ex: une amélioration des émissions de GES, qui détériore les émissions de particules fines en amont ou en aval du processus de production).

Exemple

Une ACV a ainsi été réalisée en 2017 pour le compte de l'ADEME afin de fournir des données précises sur les impacts environnementaux de la production éolienne. Le résultat final se situait entre 14,1 kg CO₂eq/MWh_e produits pour l'éolien terrestre et 15,6 kg CO₂eq/MWh_e pour l'éolien en mer. L'ACV en question prenait en compte les étapes suivantes: fabrication des composants du système; installation du système éolien; utilisation; maintenance; désinstallation et traitement en fin de vie.

Dans ce présent rapport seront étudiées deux ACV visant à quantifier les émissions de GES liées à la production de biométhane, mais il est important de garder en tête que cette méthode est répandue et utilisée pour d'autres types d'énergie renouvelable, ou de solutions bas carbone, et d'autres produits et services en général.

Plusieurs ACV ont également été réalisées pour la production d'électricité par panneaux solaires photovoltaïques avec pour résultat entre 35 kg et 85 kg équivalents de CO₂ par MWh produit. Enfin, la méthode ACV ne se limite pas aux énergies renouvelables ou aux solutions bas carbone, puisque des ACV sont également réalisées sur des énergies non renouvelables, des produits ou des services. En ce qui concerne la lutte contre le changement climatique, **les émissions liées à la production et à la combustion des énergies fossiles** selon différents usages font ainsi également l'objet d'études en ACV, notamment pour quantifier les émissions de GES (dioxyde de carbone ou méthane) qui peuvent avoir lieu sur la production, le transport ou le stockage. A titre d'illustration, pour quantifier au mieux les impacts associés à l'usage du gaz consommé en France en prenant en compte l'ensemble de la chaîne gazière, les principaux opérateurs français d'infrastructures gazières⁷ ont fait réaliser une ACV⁸ en 2017.

Enfin, **les ACV sont des méthodes se basant sur données globales** issues de moyennes (calculées parfois à partir de données ou de mesures terrain), et **elles donnent avant tout un ordre de grandeur et des pistes d'amélioration plus qu'un chiffre qui vaudrait pour toute la filière.** Cela est particulièrement vrai pour la filière biométhane, pour laquelle il existe une grande diversité d'intrants et de tailles d'installation. Les ACV sont à manier avec précaution et elles ne sauraient suffire à juger du plein potentiel d'une filière, surtout dans le cas d'une énergie dont les externalités positives sont diverses, diffuses et dans certains cas difficiles à quantifier.

⁷ GRTgaz, Teréga, Storengy, GRDF et Elengy.

⁸ ACV Monocritère se focalisant sur les émissions de GES, réalisée par ENEA Consulting et Quantis

2

Le biométhane est une énergie renouvelable qui permet de réduire les émissions de GES

Le biométhane constitue un levier important pour réduire les émissions de GES liées aux utilisations de l'énergie, mais aussi les émissions liées à l'agriculture et à la gestion des déchets. Plusieurs méthodologies existent pour quantifier les émissions de cette énergie renouvelable.

d'origine fossile et peut être injecté dans le réseau de distribution ou de transport de gaz, et peut être utilisé pour les mêmes usages finaux (c'est-à-dire production de chaleur, usage carburant sous forme de bioGNV, ...).

Le biométhane: un levier pour réduire les émissions de GES des secteurs de l'énergie, de l'agriculture et des déchets

Le biogaz est un gaz renouvelable produit à partir de déchets fermentescibles issus de l'industrie agroalimentaire, de la restauration collective, de déchets agricoles et ménagers, ou encore de boues de stations d'épuration. Le biogaz est obtenu par procédé de méthanisation qui consiste à décomposer les déchets dans un méthaniseur, en conditions anaérobies. Sous l'action de bactéries, les déchets organiques se transforment en biogaz et en digestat (résidu du processus de méthanisation). Le méthane présent dans le biogaz est ensuite séparé du dioxyde de carbone et prend le nom de biométhane. Celui-ci a les mêmes propriétés physiques que le gaz naturel

Périmètre de la note

Cette note se concentre uniquement sur l'injection de biométhane dans le réseau de distribution ou de transport. Elle ne traite pas de la valorisation directe du biogaz sous la forme de chaleur dans des procédés industriels, de la valorisation directe du biogaz en chaleur et électricité dans une installation de cogénération, ou encore de la valorisation du biométhane en usage carburant dans une station sans acheminement préalable par le réseau de distribution ou de transport. Néanmoins, les enjeux de comptabilité des émissions de GES sont quasi identiques pour ces filières qui reposent toutes sur les mêmes procédés de production. La seule différence tient à la modalité de valorisation finale du biogaz (directe ou sous forme de biométhane injecté dans le réseau).

En France, les 4 principaux types d'unités de production de biométhane sont:

- Agricole & Territoriale
- Ordures Ménagères Résiduelles (OMR): déchets ménagers, pouvant être subdivisés entre déchets triés à la source et non triés à la source
- Station de Traitement des Eaux Usées (STEU)
- Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND).

Le biométhane représente un important moyen de réduire les émissions de GES:

- **Le biométhane lors de sa combustion émet du CO₂ dit «biogénique»:** celui-ci provient du CO₂ stocké dans la biomasse, capturé en amont lors de la photosynthèse. L'impact sur le climat est donc nul par convention sur le cycle court du carbone (voir partie suivante pour plus de précisions).

— Au-delà de la production d'énergie, le biométhane permet aussi de réduire les émissions de GES de certaines chaînes de production du secteur agricole ou du secteur du traitement de déchets.

Comme pour toute activité humaine, la production de biométhane a également un impact sur l'environnement. Les émissions de GES liées à la production et à la logistique des intrants/coproduits de la méthanisation existent et doivent être comptabilisées dans le facteur d'émission de cette énergie renouvelable.

L'enjeu pour la filière biométhane est donc de quantifier, le plus précisément possible, les émissions de GES liées à la production de cette énergie renouvelable. Concrètement, pour calculer leur bilan carbone, les organisations ont besoin d'avoir un facteur d'émission associé à la combustion de cette énergie renouvelable. De cette valeur dépend l'attractivité du biométhane pour réduire les émissions de GES de différents usages énergétiques.

Plusieurs méthodes sont ainsi disponibles en France pour quantifier les émissions de GES de cette énergie.

Figure 4

Présentation de la typologie d'unités de production de biométhane

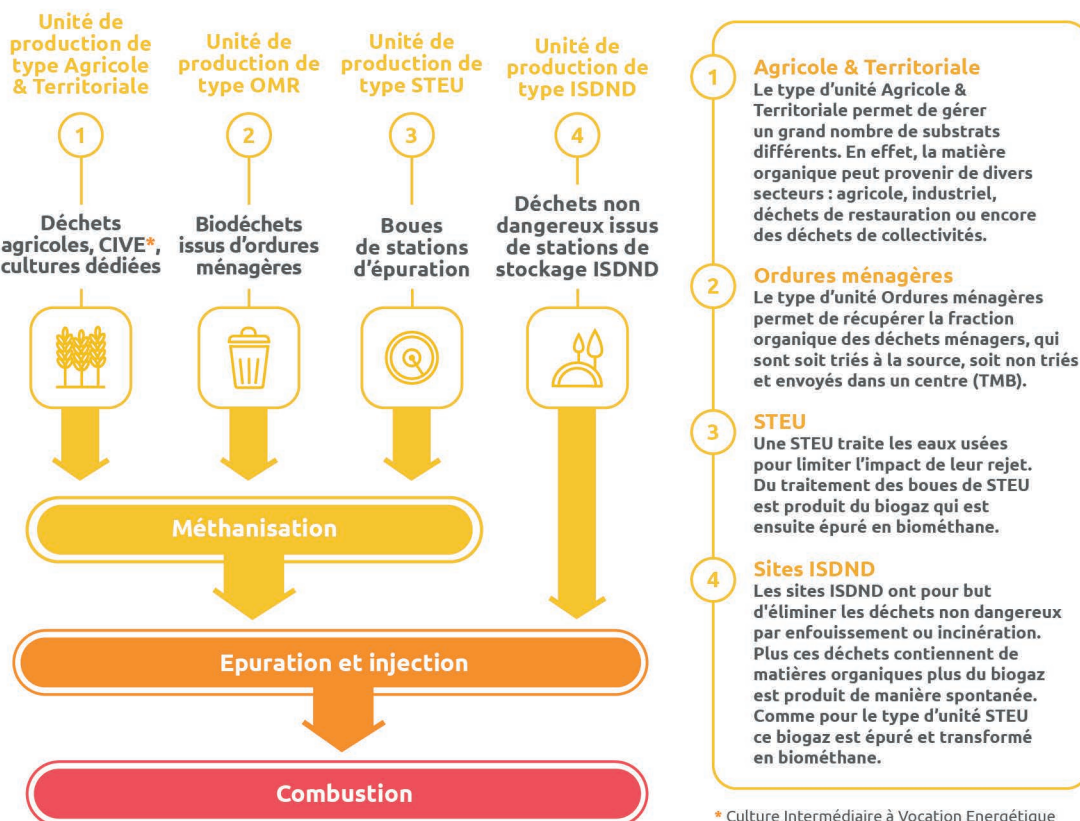
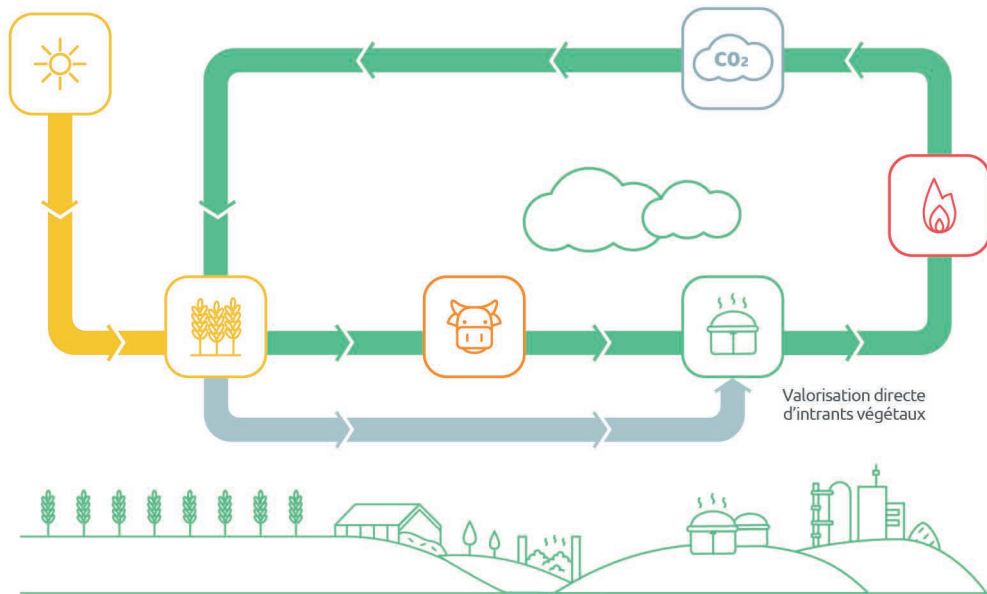


Figure 5

Cycle court du carbone dans la méthanisation



Les bioénergies reposent sur le principe du cycle court du carbone

Comme toute énergie issue de la biomasse, la grande majorité des réductions d'émissions générées par le biométhane vis-à-vis d'un usage gaz naturel réside dans le fait que le dioxyde de carbone émis lors de la combustion est dit **biogénique**. Une molécule de biométhane brûlée émettra autant de dioxyde de carbone qu'une molécule de méthane fossile. En revanche, dans le cas de biométhane, issu de biomasse ou de déchets organiques, ce CO₂ est directement issu de l'absorption naturelle par les plantes lors de la photosynthèse et s'inscrit donc dans **un cycle court du carbone, car les ressources biomasse ont un cycle annuel (ou plus court)**. A contrario, le CO₂ émis à la combustion du gaz naturel d'origine fossile s'inscrit comme les autres énergies fossiles dans un cycle long (processus de dégradation de la biomasse de plusieurs millions d'années). Le CO₂ fossile augmente donc les concentrations de GES dans l'atmosphère et l'effet de serre associé. Dans le cas du cycle court, le CO₂ biogénique est naturellement absorbé par les plantes et il n'augmente donc pas la concentration de GES dans l'atmosphère, et ne provoque donc pas d'effet de serre additionnel.

-  Réaction de photosynthèse réalisée par les intrants, captant le CO₂ dans l'atmosphère
-  Production de fumier par le bétail
-  Processus de méthanisation des intrants végétaux et des fumiers
-  Combustion du biométhane produit par méthanisation
-  Ré-émission dans l'air d'un CO₂ précédemment capturé par les plantes

Le CO₂ biogénique émis lors de la combustion du biométhane est donc compensé dans le cycle court du carbone, et n'engendre pas d'effet additionnel sur le réchauffement climatique. Il est bien quantifié dans chacune des quatre méthodes de calcul. À noter que la Base Carbone® fait aussi clairement la distinction entre le dioxyde de carbone d'origine fossile et le dioxyde de carbone d'origine biogénique. Au-delà de la Base Carbone®, le principe de neutralité carbone des énergies issues de la biomasse est accepté par le GIEC et est appliqué dans les ACV de manière générale.

Tableau 1

Tableau de présentation du contexte et des objectifs de chaque méthode

	Contexte du besoin de quantification des émissions de GES	Objectifs de la méthode de quantification déployée
ACV attributionnelle « Base Carbone © » 2020	Disposer d'un facteur d'émission du biométhane injecté en France sur la Base Carbone© qui soit compatible avec les exigences de la Base Carbone© de l'ADEME	Quantifier les émissions de GES du biométhane injecté avec une méthodologie qui réponde aux besoins de la Base Carbone©, en prenant en compte la valeur des coproduits par répartition des émissions entre produit et co-produits
ACV multifonctionnelle 2017	Plusieurs acteurs de la filière Biométhane souhaitent quantifier les bénéfices sur le climat apportés par la filière méthanisation en France	Quantifier les émissions de GES du biométhane injecté en prenant en compte la valeur des coproduits via les émissions évitées par substitution de filière de référence
Label Bas Carbone (en projet)	Certains projets de méthanisation agricole, souhaitent valoriser/certifier les bénéfices climatiques de leur projet auprès de financeurs dans un cadre de compensation carbone volontaire	Définir un cadre de monétisation des réductions d'émissions de GES, pour faciliter l'implication d'entreprises et de collectivités dans le financement des projets biométhane, et l'émergence de nouveaux projets allant au-delà de pratiques courantes
Directive RED II (en projet)	La Directive Energies Renouvelables de l'UE vise à augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix de chaque État membre. Elle contient donc une méthodologie de calcul des réductions d'émissions GES que doit respecter toute production d'énergie pour être qualifiée de renouvelable	La méthodologie de calcul proposée dans RED II est applicable à toutes les énergies renouvelables. Il convient donc de l'adapter aux spécificités (notamment intrants) du biométhane injecté en France

Présentation de quatre méthodologies existantes de quantification des émissions de GES du biométhane

Cette note se concentre sur quatre méthodologies récentes ou en cours de construction qui visent à quantifier les émissions de GES du biométhane en France :

- **L'ACV attributionnelle « Base Carbone © » 2020** : une ACV réalisée par Quantis et ENEA Consulting et publiée en 2020, selon une méthode attributionnelle par allocation (voir chapitre suivant).
- **L'ACV multifonctionnelle 2017** : une ACV réalisée par Quantis et ENEA Consulting et publiée en 2017, selon une méthode attributionnelle par extension de frontières (voir chapitre suivant).
- La méthodologie du « Projet de méthode label Bas Carbone », **Projet de méthode label Bas Carbone** : méthodologie du label visant à qualifier les projets qui réduisent les émissions de GES en France (afin de les financer). Cette méthode est en cours d'élaboration, pour proposition aux pouvoirs publics.

- **Directive RED II** : la méthodologie issue de la Directive « Energies Renouvelables » (dite RED II), visant à harmoniser les méthodologies de calculs des émissions de GES pour que les énergies soient qualifiées de renouvelables au sens du droit européen et bénéficient donc d'aide financière à la consommation (exemple : exemption fiscale) mais également soient comptabilisées au sein des objectifs énergie-climat de chaque États membres. Pour l'instant, cette méthode est encore en cours de normalisation.

Les quatre méthodes étudiées se distinguent donc à la fois par leurs périmètres et leurs méthodologies de calcul, qui répondent à des objectifs différents. (Voir annexe 5 pour une présentation succincte des quatre méthodologies)

Pour communiquer sur le potentiel de réduction des émissions de GES du biométhane, il est impératif de disposer d'un facteur d'émission qui puisse être intégré dans les systèmes de comptabilisation d'émissions de GES nationaux et européens.

La production de biométhane remplit plusieurs fonctions et permet d'éviter des émissions de GES

Définition des émissions induites, des émissions évitées, des réductions d'émissions et des allocations d'émissions

La production de biométhane met en jeu des émissions de GES qui sont comptabilisées de plusieurs façons. Ces différents types d'émissions sont mises en jeu à travers différentes méthodologies et peuvent cohabiter ou se substituer en fonction du cadre d'analyse choisi :

- **Les émissions induites** correspondent aux émissions de GES générées/provoquées par les étapes des différents types d'unités de production du biométhane. Les étapes d'épuration du biogaz, d'injection, de distribution et enfin de combustion du biométhane sont communes à tous les types d'unités de production de biométhane considérées dans cette évaluation. En complément, chaque type d'unités de méthanisation (Agricole, STEU, ISDND, etc..) comporte des étapes qui lui sont propres, générant des émissions induites spécifiques.
- **Les émissions évitées** correspondent aux émissions de GES qui ont été évitées par les différentes fonctions de la méthanisation (la « multifonctionnalité » de la filière). En effet, 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**⁹, par exemple des émissions de méthane liées à la décomposition des matières organiques (effluents, déchets...). Les impacts évités 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. Pour simplifier, les émissions « nettes » du biométhane correspondent à la différence entre les émissions induites et les émissions évitées.**

- **Les réductions d'émissions** correspondent à une réduction engendrée par la **comparaison de deux scénarii**, un scénario de référence, et un scénario alternatif dont **le niveau d'émission globale est plus faible**. Dans le cas de la méthanisation, cela se traduit par la **comparaison d'un scénario de référence sans méthanisation et d'un scénario projet, avec unité de méthanisation** modifiant la chaîne de production. En effectuant la soustraction des émissions globales de ces deux scénarii, cette méthode permet d'obtenir **la réduction d'émissions, soit les émissions « épargnées » par le projet de méthanisation**.
- **Les émissions allouées** sont des émissions induites qui ont été réparties selon une allocation entre le produit et les différents coproduits du système. Dans le cas de la méthanisation, toutes les émissions induites ne sont pas allouées à la production de biométhane, une partie est allouée par exemple à la production de digestat. Ce prorata peut être massique, énergétique ou économique.

Ces types d'émissions de GES se retrouvent dans de nombreux cas de comptabilité des émissions de GES, notamment pour des produits ou services qui viennent « réduire » des émissions de GES. Par exemple, les technologies de captage et de réutilisation de CO₂ issu des fumées de cheminées de processus industriels sont concernées par les émissions évitées. C'est aussi le cas du recyclage de matières premières, détaillé ci-dessous.

⁹ Précision technique: Uniquement si on considère la multifonctionnalité de la méthanisation par extension de système appliquée via la substitution. Dans ce cas cela entraîne la prise en compte d'émissions évitées. L'extension de système peut aussi être appliquée à travers la comparaison de deux systèmes multifonctionnels sans réduire artificiellement un système multi à un système monofonctionnel via des émissions négatives (cela dépend de quel côté de la comparaison sont placées les fonctions ajoutées).

Illustration: comptabilisation des émissions évitées du recyclage du textile

Pour comptabiliser les émissions évitées associées au recyclage du textile, il faut d'abord définir les périmètres de substitution.

Dans ce cas, il s'agit de comparer les étapes du cycle de vie d'un t-shirt recyclé qui ont remplacé certaines étapes émissives du cycle de vie d'un t-shirt neuf: production à partir de fibres naturelles ou synthétiques puis traitement de fin de vie.

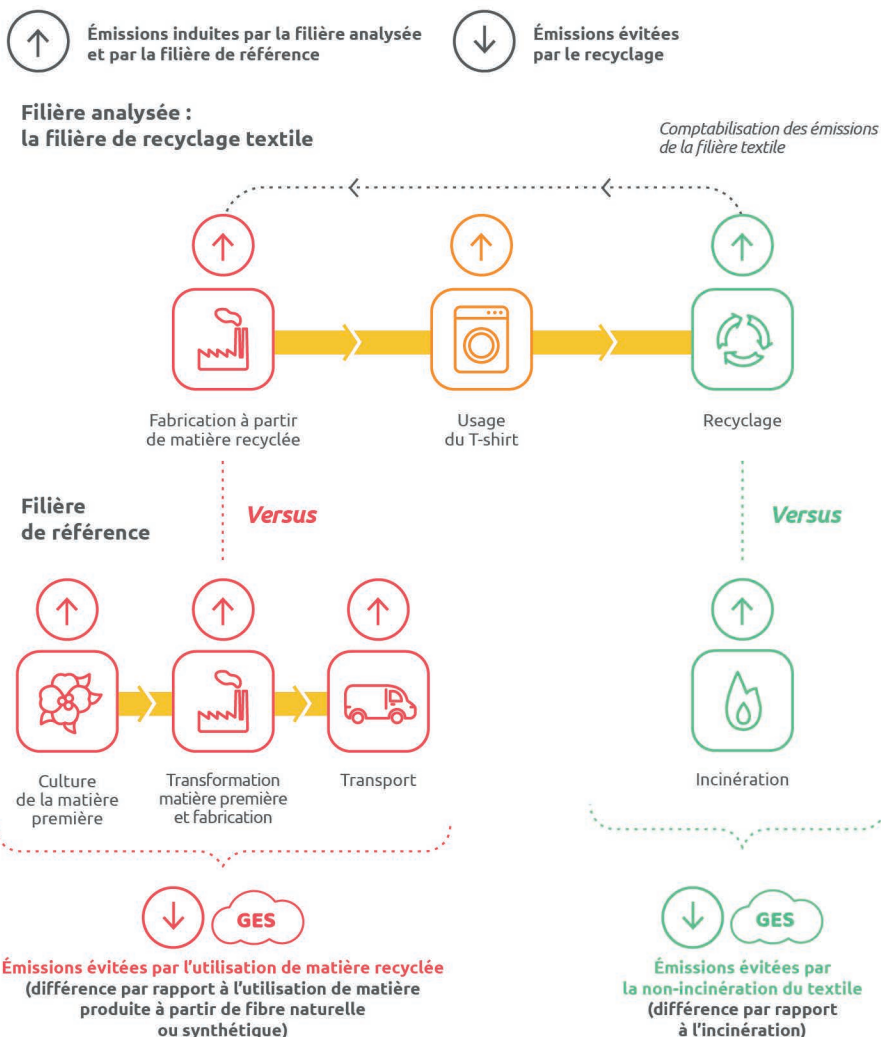
Dans un second temps, il faut quantifier les émissions induites sur les deux filières et analyser les différences.

Ces émissions évitées s'ajoutent aux émissions induites par la filière recyclage.

Lorsque la filière analysée permet d'éviter plus d'émissions de GES plus qu'elle n'en induit (par exemple lorsqu'on récupère et valorise un déchet plutôt que de l'incinérer, en prenant en compte le transport évidemment), on a un résultat négatif en termes d'émissions de GES.

La comptabilisation des émissions évitées est un élément clé de la quantification des bénéfices climatiques de l'économie circulaire et des alternatives au traitement de déchets.

Figure 6
Émissions de GES du t-shirt recyclé



Les émissions évitées peuvent parfois être comptabilisées dans l'analyse du cycle de vie de plusieurs acteurs/produits/services. Les émissions évitées présentent donc le risque « d'effacer » certaines émissions : c'est le risque du « double comptage » des émissions de GES.

Point d'attention sur le double comptage des émissions de GES

Le calcul des émissions de GES sur les différents scopes (ou « périmètres », voir annexe 6) des organisations sur la même chaîne de production pose le problème de la double comptabilisation des réductions d'émissions.

Cet enjeu de double comptabilité est particulièrement présent pour les émissions évitées du secteur du recyclage.

Par exemple, le recyclage du papier vient à la fois réduire les émissions de GES du scope 3 du producteur de « déchets » (le siège social d'une entreprise par exemple), et ce réemploi vient aussi réduire le scope 3 de l'entreprise qui utilise ce matériau recyclé (un fabricant de carton par exemple). On retrouve cet enjeu également pour certaines énergies renouvelables qui utilisent des déchets en intrants. Par exemple, la collecte d'huile de cuisson usagée vient réduire le scope 3 du producteur de ce « déchet » (une chaîne de restaurants par exemple), et la transformation et la valorisation de cette huile de cuisson usagée en biocarburant viennent réduire le scope 1 de l'entreprise qui utilise ce biocarburant à la place d'un carburant fossile (une entreprise de transport routier par exemple).

Émissions évitées liées au biométhane

La comptabilisation des émissions induites liées au processus de production du biométhane varie d'un type d'unités de production à un autre, selon les différentes étapes de transformation additionnelles. Néanmoins, **les émissions induites liées à la production du biométhane sont généralement toutes comptabilisées à travers les différentes méthodes**, avec une seule exception pour RED II (voir annexe 7). Si toutes

les émissions induites liées à la production de biométhane sont bien prises en compte, la façon de les comptabiliser peut varier (dans les règles d'allocation/de répartition des émissions entre différents coproduits par exemple, voir plus loin). **À l'inverse, la comptabilisation (ou non) des émissions évitées diffère selon la méthode employée et selon les fonctions associées aux différents types d'unités de production de biométhane (voir chapitre suivant).**

Par exemple, lorsque l'on s'intéresse au type d'unités de production **de traitement des déchets ménagers (OMR)**, la filière méthanisation va ainsi assurer le rôle de traitement des déchets organiques qui auraient autrement été pour la plupart incinérés ou enterrés. Les émissions liées au traitement des déchets sont donc **évitées**. Elles sont propres à la fonction de valorisation des déchets assurée par la filière biométhane.

Pour le type d'unités de production **Agricole & Territoriale**, la problématique d'émissions évitées est particulièrement importante. En effet le secteur de l'agriculture en France, compte pour 17 % des émissions de GES en 2016 réparties comme ci-dessous :

- Élevage 48 %
- Culture 41 %
- Tracteurs, engins et chaudières 11 %¹⁰

Les émissions liées à l'élevage sont en grande partie dues au stockage à l'air libre des fumiers, lisiers et des résidus de culture via le paillage des étables, qui sont mieux stockés et valorisés lorsqu'ils sont intégrés dans une filière de production de biométhane. Pour le secteur agricole, la méthanisation revient donc à « capter » et valoriser des émissions de GES qui seraient de toute façon émises. D'autre part, le type d'unités de production Agricole & Territoriale représente, en fonction des scénarios de croissance de la filière biométhane (voir 2.3) entre 71 % et 81 % de la production de biométhane. **C'est également le type d'unités de production que nous avons choisi d'approfondir dans ce document puisqu'il s'agit d'un type étudié par les différentes méthodologies.**

¹⁰ Répartition issue des chiffres du Haut Conseil pour le Climat pour 2018

3

La principale différence entre les méthodes est la prise en compte des émissions évitées

La prise en compte (ou non) des émissions évitées liées à la multifonctionnalité, et le périmètre, sont les deux principales différences entre les différentes méthodes analysées.

Les quatre méthodes prennent en compte de manière différente les bénéfices de la méthanisation

Toutes les méthodes ne prennent pas en compte des émissions évitées: en effet, l'ACV attributionnelle « Base Carbone® » 2020 ne les prend pas en compte. Pour les trois autres méthodes, certaines vont plus loin dans leur prise en compte sur les étapes amont/aval de la production du biométhane.

Comme précisé précédemment, au travers des quatre méthodes, il existe des différences de comptabilisation des émissions induites, mais c'est principalement la comptabilisation (ou non) de certaines émissions évitées qui différencie ces méthodes entre elles.

L'ACV attributionnelle « Base Carbone® » 2020 est la seule méthode qui ne traite pas la multifonctionnalité par substitution de filière en intégrant au sein des frontières des émissions évitées dans sa méthode de calcul. À chaque étape du cycle de vie du biométhane, cette méthode comptabilise les émissions induites, puis répartit les émissions entre les différents produits. Le produit principal est le biométhane et les autres produits tels que le digestat sont considérés comme des coproduits. Cette répartition entre les différents produits/coproduits est réalisée selon une allocation économique. **La multifonctionnalité de la filière est ainsi traduite non pas par des émissions évitées, mais par les différents proratas d'allocation des émissions induites.** Le type d'allocation (massique, économique, ou énergétique) doit rester cohérent avec la réalité fonctionnelle du produit ainsi que ses qualités recherchées. L'approche adoptée dépend du sens du lien de causalité recherché entre activité économique et émissions.

L'ACV multifonctionnelle 2017 fonctionne aussi sur le principe de soustraction. Aux émissions induites (production de biométhane, traitement des déchets, production de digestat) sont retirées les émissions évitées (filiale de substitution, de production et gestion des coproduits), afin d'obtenir les impacts nets alloués à la production de biométhane. Les émissions évitées sont obtenues par comparaison sur certaines briques de la chaîne de production avec la situation de référence, sans unité de méthanisation. En effet, la méthodologie d'ACV par extension de frontières consiste à élargir le périmètre du système pour intégrer l'ensemble des fonctions du système auquel se soustrait le système alternatif qui remplirait ces fonctions.

Le projet de méthode Label Bas Carbone consiste en la **comparaison d'un scénario de référence dépendant du contexte local et d'un scénario projet.** Les émissions sont calculées pour les deux scénarios sur l'entièreté de la chaîne de production puis soustraites afin d'obtenir un potentiel de réduction d'émissions. En plus des émissions induites, sont donc prises en compte les émissions évitées par rapport au scénario de référence. Les deux types d'émissions sont donc bien comptabilisés.

La méthode de calcul de RED II est quant à elle très détaillée au sein d'une équation dont chaque terme est explicité (*voir annexe 7*). **Le principe de calcul repose sur une allocation énergétique des émissions induites, complétée par une logique de substitution de filière de référence sur la partie liée aux effluents.** Les postes d'émissions pris en compte sont cependant différents et sont détaillés dans la comparaison des périmètres (voir chapitre suivant). Les émissions évitées par l'optimisation de la gestion des effluents d'élevage sont prises en compte via un bonus.

Pour plus de précision sur la prise en compte des émissions évitées dans chacune des 4 méthodes, voir annexe 7.

Les quatre méthodes considèrent des périmètres amont/aval différents

Au-delà de la prise en compte (ou non) d'émissions évitées, les méthodes divergent également par le périmètre retenu, c'est-à-dire les différentes étapes de production amont/aval des intrants et des coproduits et des filières de référence impactées par la production de biométhane.

Présentation des différents types d'unités de production de biométhane pris en compte

Le type d'unités Agricole & Territoriale est le type qui contribue le plus à la production de biométhane en France (environ $\frac{3}{4}$ de la production de biométhane française). Dans la suite du document, les différences de périmètres entre les méthodes seront en conséquence présentées sur la base de ce type d'unités.

En effet, les méthodes développées actuellement pour le Label Bas Carbone et la directive RED II s'appliquent à l'échelle du projet de méthanisation. Seul le type d'unités de production Agricole & Territoriale est considéré par le projet de méthode Label Bas Carbone. Ce même type d'unités ainsi que des éléments concernant les types d'unité de production STEU et ISDND sont traités par RED II.

Concernant le Label Bas Carbone, la volonté des acteurs construisant la méthode a été de traiter le type d'unités principal de production de biométhane dans un premier temps.

L'objectif de la Directive RED II (évaluer la durabilité de la filière biométhane) s'articule autour de trois critères: la biomasse utilisée dans le projet, le type de sols mobilisé pour la culture de la biomasse et le respect des critères GES. Les deux premiers critères sont particulièrement critiques pour les types d'unités de production traités par la directive, ce qui explique ce choix de périmètre.

En revanche, les deux ACV réalisées par ENEA Consulting & Quantis pour GRDF ont pour but d'établir un facteur d'émission moyen représentatif de l'ensemble de la filière biométhane en France. À cet effet, les quatre types d'unités de production de biométhane présentées précédemment ont été prises en compte dans ces deux études. Dans un souci de simplification, l'analyse comparative se concentre sur le seul type d'unités Agricole & Territoriale.

Les méthodes prennent en compte différents postes d'émissions, avec une base commune

Les quatre méthodes étudiées prennent en compte des périmètres différents mais partagent une « colonne vertébrale » commune constituée des postes d'émissions clés de la chaîne de production du biométhane.

- **L'ACV attributionnelle « Base Carbone® » 2020** utilise une méthode dite « par allocation » et ne rapporte les émissions qu'à une seule fonction, celle de la production d'énergie. Les autres fonctionnalités sont considérées via des allocations. Elle quantifie donc uniquement les émissions associées à la production d'énergie, et exclut de son périmètre les émissions associées aux autres fonctions ou produits de la méthanisation (production de digestat, gestion des déchets). À titre d'illustration, les émissions associées au stockage et la valorisation du digestat ne sont ainsi pas prises en compte dans cette étude.
- **L'ACV multifonctionnelle 2017** retient une approche dite « d'extension des frontières » pour gérer la multifonctionnalité de la filière de méthanisation et injection. Ainsi le périmètre étudié dans l'ACV a été élargi au-delà de la seule production d'énergie, aux autres fonctions de la méthanisation (production de digestat, traitement des déchets...) via substitution de la filière de référence pour les coproduits. L'étude prend ainsi en compte les émissions induites liées à ce périmètre élargi, mais également l'ensemble des émissions évitées associées déjà présentées précédemment. **À titre d'illustration, les émissions liées à la valorisation du digestat sont prises en compte jusqu'à l'épandage en prenant**

l'hypothèse d'une substitution aux engrais minéraux.

- Avec le **Label Bas Carbone**, le projet de méthodologie consiste à comparer un scénario de référence sans méthanisation à un scénario projet avec méthanisation. Toutes les fonctions de la méthanisation et les étapes de la chaîne de production associées, de la production de biométhane et de digestat, sont prises en compte. Le Label Bas Carbone étend même son périmètre à l'accumulation de carbone dans les sols tout comme RED II.
- **Pour RED II**, tout l'enjeu de la retranscription de la Directive en norme française est de fournir un périmètre représentatif pouvant être utilisé tel quel par les producteurs de biométhane et ainsi de neutraliser les étapes de calcul non représentatives. La filière travaille ainsi à un outil générique de calcul d'émissions de GES où certaines étapes seraient par défaut mises à zéro, comme le captage du CO₂ issu du biogaz ou le changement d'affectation des terres, pratiques très peu répandues en France. Enfin, pour rester fidèles aux prescriptions de la Directive, certaines étapes de la production de biométhane ne seraient pas prises en compte. Par exemple, les étapes de valorisation du digestat ne sont pas prises en compte, seules les émissions associées à son stockage sont comptabilisées. Les émissions évitées associées à l'utilisation du digestat sont prises en compte en cas de retour au sol dans l'exploitation¹¹ dans la limite de la quantité de digestat épandue sur l'exploitation.

En revanche, les émissions évitées dues à la fonction de valorisation des déchets ne sont que partiellement prises en compte : pour les lisiers et fumiers, un coefficient spécifique de réduction est applicable, mais rien en revanche pour les résidus de culture.

(Voir annexe 6 pour le détail des périmètres)

¹¹ Sur des cultures dédiées ou intermédiaires ayant vocation à produire de la biomasse pour le digesteur (voir Lexique pour définition des cultures dédiées ou intermédiaires).

Figure 7

Émissions de GES du scénario de référence sans méthanisation
(Unité type Agricole et Territoriale – ACV 2017)

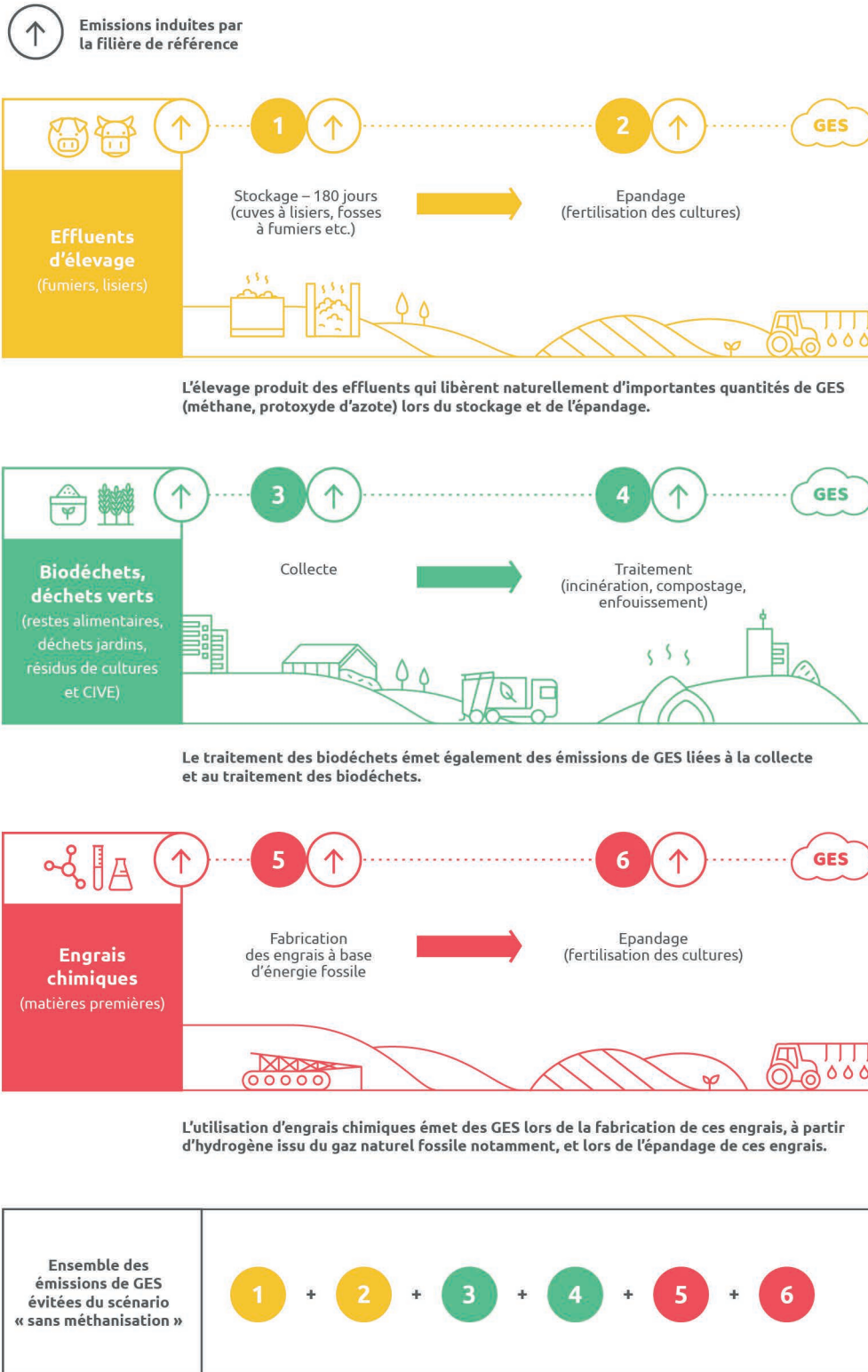
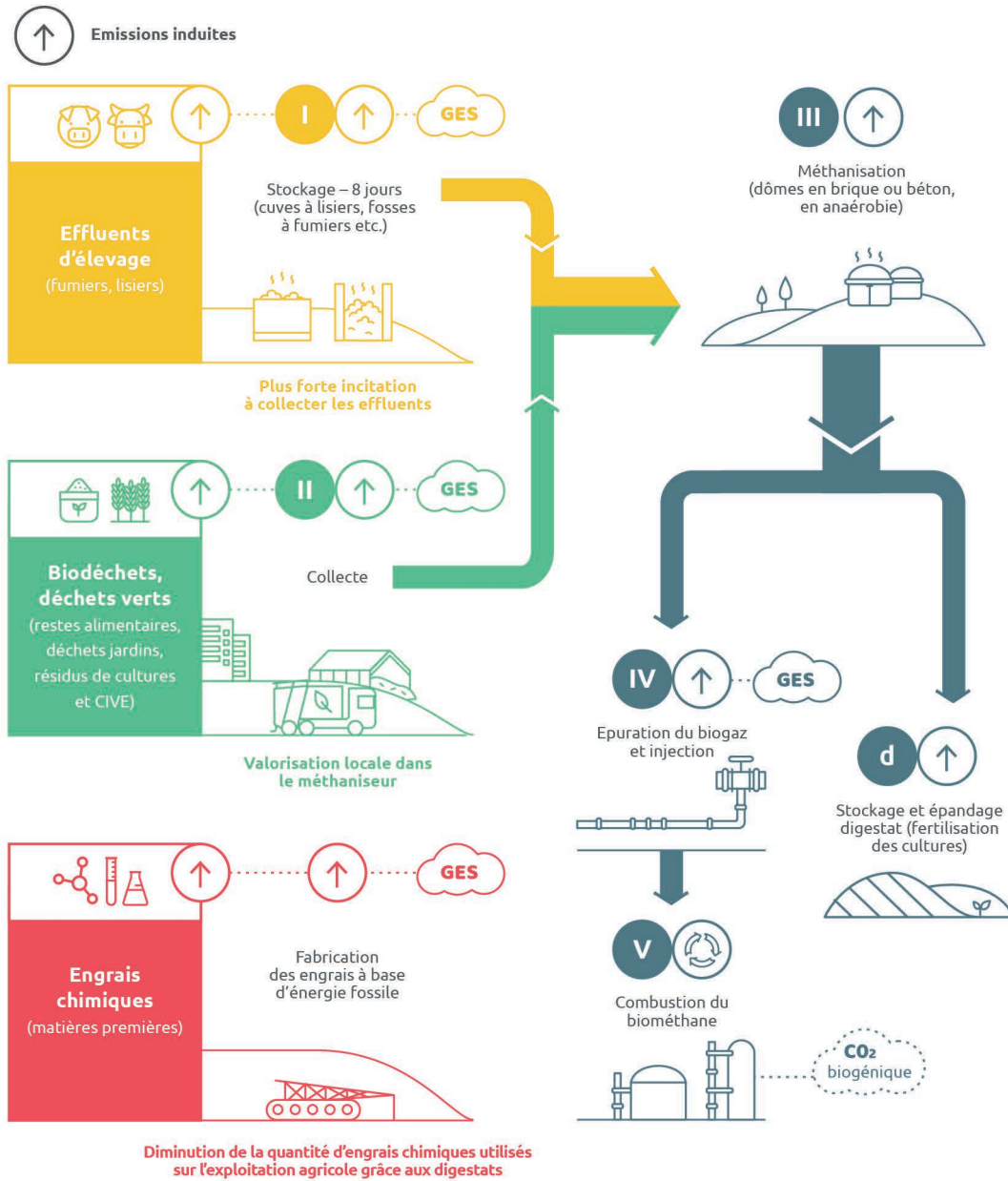


Figure 8
Émissions de GES du scénario avec méthanisation
(Unité type Agricole et Territoriale – ACV 2017 et 2020)



<p>Selon l'ACV attributionnelle 2020</p> <p>Emissions de GES du biométhane =</p>	<p>% de l'ensemble des émissions liées à la production du biométhane</p> <p>I + II + III + IV + V</p>
<p>Selon l'ACV multifonctionnelle 2017</p> <p>Emissions de GES du biométhane =</p>	<p>Ensemble des émissions liées à la production du biométhane et du digestat</p> <p>I + II + III + IV + V + d</p> <p>- moins ...</p> <p>(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)</p> <p>l'ensemble des émissions de GES évitées du scénario « sans méthanisation »</p>

Enfin, certaines hypothèses, comme la méthode d'allocation (de répartition) des émissions de GES entre différents coproduits, peuvent être différentes selon les méthodes retenues. **La quantification des émissions de GES est un exercice scientifique d'estimation statistique, qui doit reposer sur des hypothèses claires (ex.: valeur des facteurs d'émissions retenus) et clarifier les limites potentielles/marges d'erreur/approximations retenues lors de l'étude (règles de coupure). Le tableau disponible en [annexe 3](#) détaille les principales hypothèses structurantes des méthodes retenues.**

En complément, les résultats d'une quantification des émissions de GES, pour tout produit ou service, peuvent dépendre significativement de certaines hypothèses. Dans le cas du biométhane, les études de sensibilité montrent que les émissions de GES d'une unité de type Agricole et Territoriale peuvent dépendre par exemple du mix d'intrants, du pouvoir calorifique des digestats, de la méthode de couverture (ou non) du digestat, et du climat de la région d'implantation de l'unité (et donc du degré de stockage de carbone dans les sols par les cultures intermédiaires). Pour illustration, dans le cadre des travaux de transcription de la méthodologie RED II, le pourcentage de réduction des émissions de GES du biométhane par rapport à la référence fossile (à 80 gCO_{2eq}/MJ) peut varier de 54 % à 137 %.

Même si les méthodes analysées de comptabilisation des émissions de GES du biométhane reflètent différentes approches et prennent en compte différents types d'émissions sur la chaîne de production du biométhane, chaque méthode est transparente sur les hypothèses et données d'entrée retenues.

Point d'attention sur RED II et le Label Bas Carbone

Concernant RED II, les hypothèses prises en compte par la filière biométhane française sont pour la plupart en cours de validation auprès de l'administration publique (DGEC et MAAF). Le Label Bas Carbone appliqué aux installations de méthanisation est quant à lui une méthode toujours en cours de construction par la filière.

4

Les différentes études convergent vers une réduction des émissions de GES

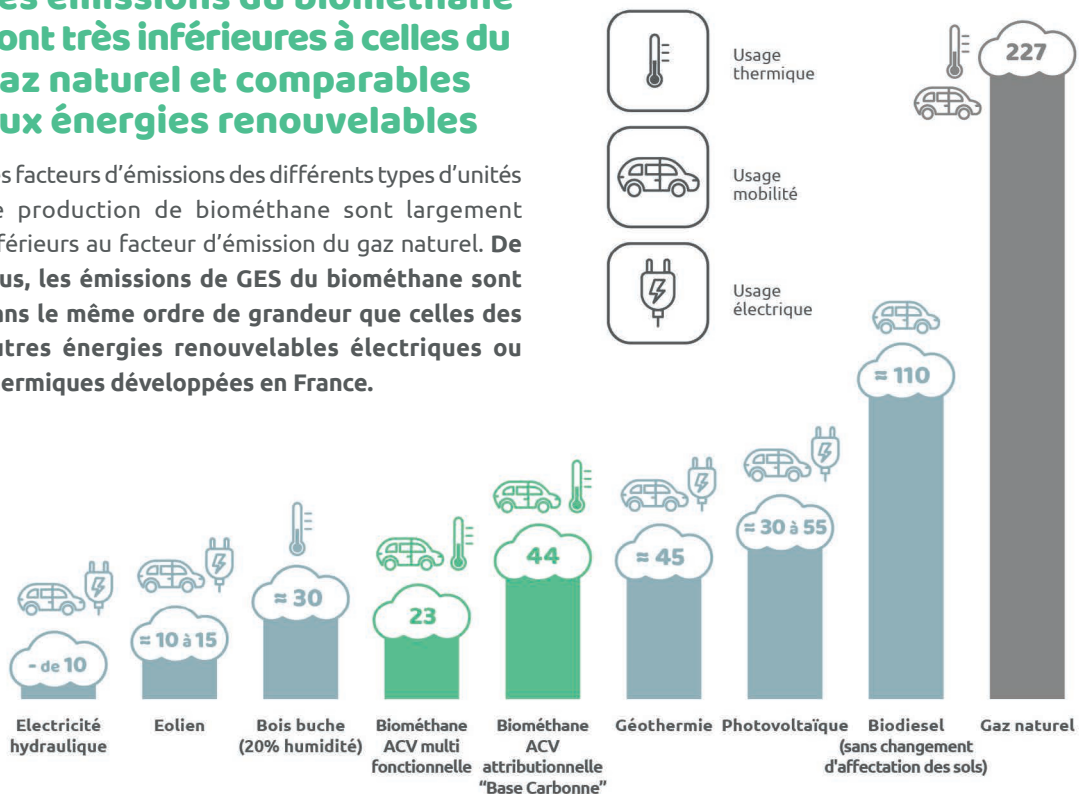
Malgré des méthodologies différentes, toutes les méthodes mettent en lumière l'impact positif de la filière biométhane sur les émissions de gaz à effet de serre, que cela soit au niveau de la filière ou à la maille projet

Les émissions du biométhane sont très inférieures à celles du gaz naturel et comparables aux énergies renouvelables

Les facteurs d'émissions des différents types d'unités de production de biométhane sont largement inférieurs au facteur d'émission du gaz naturel. De plus, les émissions de GES du biométhane sont dans le même ordre de grandeur que celles des autres énergies renouvelables électriques ou thermiques développées en France.

Figure 9

Ordres de grandeur des facteurs d'émissions des principales énergies renouvelables* (en kg équivalents de CO₂ par MWh d'énergie électrique ou thermique)



* Source : Base Carbone® et étude ENEA Consulting-Quantis

La méthodologie du Label Bas Carbone, encore en construction, n'aboutit pas à un facteur d'émission par unité énergétique produite, mais à un volume de réduction d'émissions associé à des projets de méthanisation.

Tout comme le Label Bas Carbone, la transposition en droit national de la directive RED II n'a pas pour vocation de donner un chiffre moyen pour toute la filière, mais de mettre au point une « calcullette » permettant à chaque porteur de projet d'évaluer ses émissions. La directive fixe des seuils de réduction des émissions de GES par rapport à une référence fossile pour que l'énergie produite par le projet puisse être qualifiée d'énergie renouvelable durable :

Tableaux 2

Seuils de réduction des émissions de GES par rapport à une référence fossile

Critères de réduction des émissions de GES RED II	Chaleur et refroidissement
Combustible fossile de référence	288 kgCO₂eq/MWh¹² PCI
Seuil d'émissions GES à respecter	-70% pour les installations entrées en opération du 1 ^{er} janvier 2021 au 31 décembre 2025 (soit environ 86,4 kgCO ₂ eq/MWh)
	-80% pour les installations entrées en opération après le 1 ^{er} janvier 2026 (soit environ 57,6 kgCO ₂ eq/MWh)

Critères de réduction des émissions de GES RED II	Transport
Combustible fossile de référence	338 kgCO₂eq/MWh¹³ PCI
Seuil d'émissions GES à respecter	-50% pour les installations entrées en opération le ou avant le 5 octobre 2015 (soit environ 169,0 kgCO ₂ eq/MWh)
	-60% pour les installations entrées en opération du 6 octobre 2015 au 31 décembre 2020 (soit environ 135,2 kgCO ₂ eq/MWh)
	-65% pour les installations entrées en opération à compter du 1 ^{er} janvier 2021 (soit environ 121 kgCO ₂ eq/MWh)

En conclusion, toutes les méthodologies s'accordent donc sur le potentiel de réduction des émissions de GES du biométhane par rapport à la référence fossile. Les différentes méthodologies aboutissent à des chiffres évidemment variables compte tenu des méthodes et hypothèses qui diffèrent. Cependant, ces valeurs sont toutes alignées avec les performances des énergies renouvelables faiblement carbonées, en comparaison avec les énergies fossiles dont les facteurs d'émissions sont sensiblement plus élevés (ex: gaz naturel à 227 kg CO₂eq/MWh_{PCI} ou Essence - Supercarburant sans plomb (95, 95-E10, 98) à 312 kg CO₂eq/MWh_{PCI}). Il est à noter que le facteur d'émissions fossile de référence pour le transport est de 338 kg CO₂eq/MWh.

12 80 gCO₂eq/MJ. 13 94 gCO₂eq/MJ.

Point d'attention

Pour améliorer les performances du biométhane injecté en termes de réductions des émissions GES, des études R&D sont en cours afin :

- d'améliorer la performance énergétique des installations (afin de réduire les émissions de GES liées à la consommation d'énergie (chaleur ou électricité par exemple) de la production de biométhane.

- de réduire les potentielles émissions fugitives de GES (notamment CO₂ et CH₄), au niveau du méthaniseur par exemple.

À titre indicatif, les trois plus gros postes d'émissions liées à la production de biométhane sont la méthanisation (13 %¹⁴ des émissions), le traitement de l'air (31 % des émissions) et l'épuration du biogaz (29 % des émissions)¹⁵.

Les résultats sont confirmés par d'autres ACV sur le biométhane injecté menées sur les dernières années par des entités tierces et dans d'autres pays, qui aboutissent à des résultats équivalents (voir chapitre suivant).

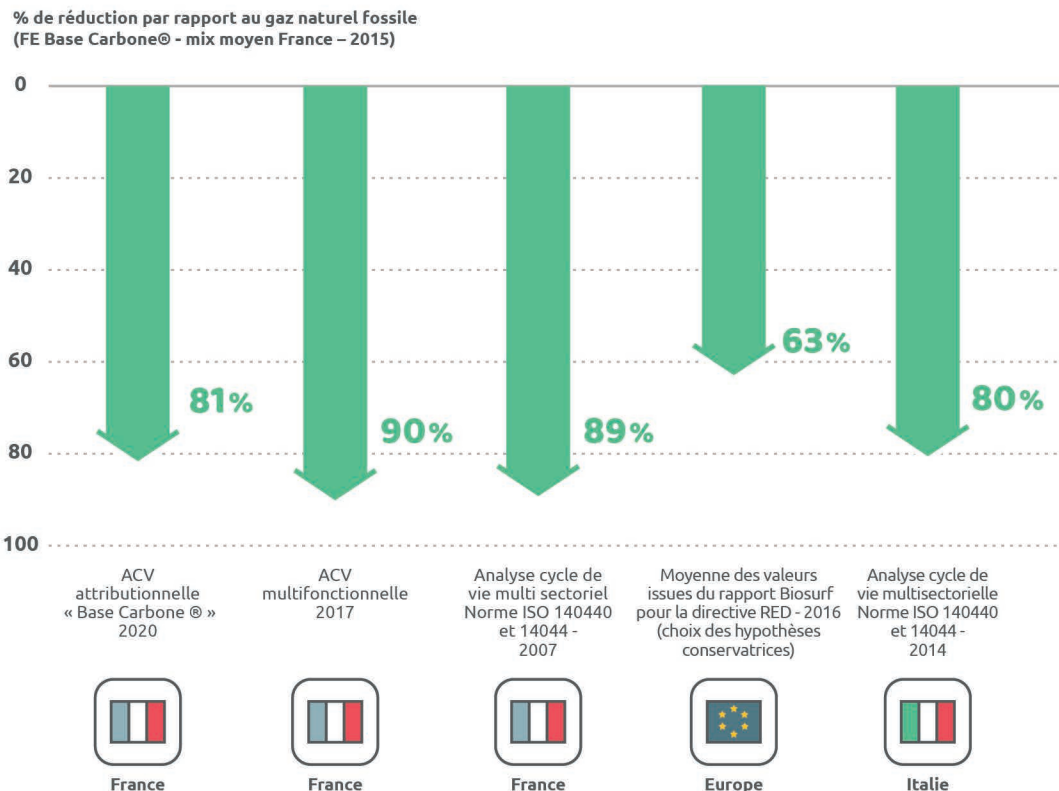
(voir [annexe 8](#) pour le détail des résultats des études internationales)

¹⁴ Les pourcentages affichés sont ceux issus de l'ACV 2020. Il est cependant à noter que les postes d'émissions induites ne sont pas les postes qui font l'objet de variations de méthodologie de comptabilisation majeures. L'ordre de grandeur des émissions liées à la production varie donc peu (à périmètre égal) entre différentes études.

¹⁵ Pour plus d'informations, « [Etude ENEA États des lieux du biométhane en France](#) », octobre 2017

Figure 10

Comparaison des réductions d'émissions de GES du biométhane par rapport à un usage fossile résultant de différentes méthodes (périmètre Europe)



Les avantages de chaque méthode

Comme précisé plus haut, les méthodes de quantification des émissions de GES possèdent des limites (en termes de périmètre, en termes de simplicité, en termes de prise en compte des externalités positives, en termes de valeur pour les réglementations énergie / climat, etc.). Chaque méthodologie répond à un objectif précis, et possède donc des avantages pour répondre à cet objectif.

Tableau 3

Avantages des différentes méthodes de quantification des émissions de GES

	Principaux avantages relatifs des différentes méthodes entre elles
ACV attributionnelle « Base Carbone © » 2020	<p>Se concentre sur la fonction principale du biométhane : la production d'énergie renouvelable, et donne ainsi un facteur d'émission qui est comparable avec les facteurs d'émissions d'autres énergies renouvelables thermiques utilisées en France dans la Base Carbone©</p> <p>Propose un facteur d'émission moyen qui prenne en compte l'ensemble des typologies d'unités de production de biométhane en France</p>
ACV multifonctionnelle 2017	<p>Permet de rendre compte de toutes les externalités positives liées aux émissions de GES et de la multifonctionnalité de la filière biométhane</p> <p>Propose un facteur d'émission moyen qui prenne en compte l'ensemble des typologies d'unités de production de biométhane en France</p>
Label Bas Carbone (en projet)	<p>Permet de quantifier l'ensemble des réductions d'émissions de GES apportées à l'échelle d'un projet et en prenant en compte toutes les externalités positives</p> <p>Permet d'offrir des financements additionnels aux projets en ayant besoin pour voir le jour</p>
Directive RED II (en projet)	<p>Intègre des enjeux de durabilité et de gestion des sols (accumulation du carbone dans les sols, changement d'usage des terres)</p> <p>Définit les projets de biométhane éligibles aux objectifs énergie-climat de la France</p> <p>Propose un cadre commun au plan européen de calcul d'un critère GES pour toute énergie qui voudrait être définie comme renouvelable par les critères de la directive</p>

Les autres externalités positives du biométhane

L'une des spécificités de la filière de production de biométhane est sa multifonctionnalité, c'est-à-dire sa capacité à exercer plusieurs fonctions et à avoir parfois un effet positif sur différents secteurs. La méthanisation s'intègre dans une boucle d'économie circulaire, qui en plus de produire une énergie renouvelable, assure également une fonction de traitement des déchets.

Le type d'unités de production Agricole & Territoriale est particulièrement concerné par ces externalités positives, qui se manifestent au travers des trois piliers du développement durable: enjeux économiques, enjeux sociétaux et enjeux environnementaux.

Au-delà du bénéfice en termes de réduction des émissions de GES, la filière biométhane contribue également à l'amélioration de certaines pratiques agricoles. **Ces pratiques ont été constatées sur le terrain** et font l'objet de nombreuses études au sein des instituts agronomiques spécialisés. Parmi ces pratiques, on retrouve, entre autres (liste non exhaustive):

- Une meilleure gestion des sols (réduction du lessivage, optimisation des flux d'azote, carbone et phosphore)
- Le recours à des engrais d'origine organique et la possibilité de développer les produits bio (en utilisant un digestat respectant certains critères d'intrants)
- L'amélioration de la biodiversité en milieu agricole et la réduction des produits phytosanitaires, assurées par le couvert végétal que constituent les CIVE¹⁶
- La réduction des nuisances olfactives, par rapport à un épandage de lisier notamment.

De plus le digestat s'avère être un engrais de bonne qualité avec certains avantages par rapport aux engrais chimiques d'origine fossile:

- Il conserve les éléments minéraux contenus dans les matières entrantes dans le méthaniseur
- Il est plus facilement transformé en éléments assimilables dans les sols, ce qui limite le lessivage
- Certains virus et bactéries pathogènes sont éliminés par la température du processus (généralement au-dessus de 38 °C)

Sur le plan économique, l'implantation d'une unité de méthanisation représente pour les agriculteurs une source de revenus additionnels, relativement indépendants des cours des matières premières¹⁷ mais également une opportunité de réduire leurs coûts d'exploitation en réduisant leur dépendance aux engrais de synthèse. Elle contribue ainsi à améliorer la résilience des exploitations. Même si l'impact d'une unité de production de biométhane est positif pour les agriculteurs, il ne faut pas négliger le fait qu'il s'agisse d'un nouveau métier qui demande parfois un besoin de formation en termes de montée en compétences des porteurs de projet.

Enfin sur le plan économique et social, le développement d'un projet de méthanisation **crée des emplois non délocalisables en zone rurale, pour l'opération et la maintenance de l'unité**, et permet de mobiliser une large partie des acteurs du territoire: collectivités locales, agriculteurs, entreprises de l'industrie agroalimentaire, chambres d'agriculture, experts techniques, financeurs, constructeurs et habitants riverains. Cette mobilisation permet de créer du lien social et encourage une coopération interterritoriale.

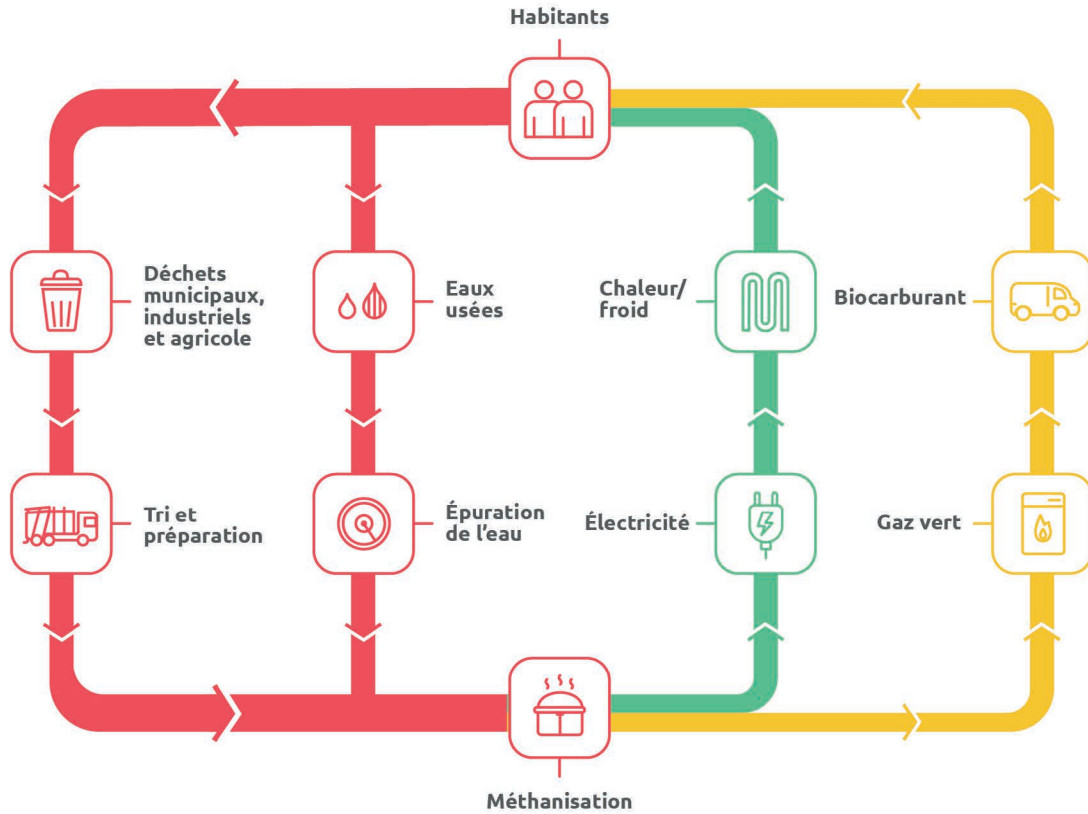
Pour en savoir plus sur le sujet, une étude menée par GRDF et WWF France, publiée en mars 2020 a établi une feuille de route pour proposer un cadre de durabilité pour le type d'unités de production agricole.

¹⁶ Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique.

¹⁷ Excepté pour les déchets issus de l'industrie agroalimentaire, qui peuvent être impactés par la situation économique (à la fois en termes de coût ou de disponibilité).

Figure 11

Circularité de la filière biométhane



L'ACV est adaptée à la valorisation des impacts et bénéfices potentiels¹⁸ de la filière biométhane puisqu'en tant que méthode multicritère, **elle permet de prendre en compte certaines de ces externalités positives d'un point de vue environnemental, autre que climatique.** Les ACV étudiées dans le présent document ne s'attachent qu'à quantifier les impacts sur le changement climatique engendrés par la filière biométhane. Cependant d'autres ACV multicritères mettent également en lumière **le rôle bénéfique du biométhane et du digestat sur l'acidification terrestre ou encore la qualité de l'eau**¹⁹. D'autres études mettent en valeur l'impact de la filière sur l'emploi et l'économie locale. Ainsi la valeur économique locale ajoutée est estimée à 14 Mds € sur la période 2018-2030 d'après une étude réalisée par le cabinet E-Cube²⁰.

Finalement, même si les méthodes présentées ici ne s'intéressent qu'à l'impact de la filière de production de biométhane sur les émissions de GES, les bénéfices de la filière sont plus larges et ne doivent pas être oubliés.



¹⁸ Les bénéfices sont traduits en termes de fonction des systèmes. De plus, ces bénéfices peuvent être visualisés/traduits/captés sur d'autres indicateurs que les GES.

¹⁹ Pour plus d'informations « A Life Cycle Assessment of Biométhane Production from Waste Feedstock Through Different Upgrading Technologies », Ciro Florio, Gabriella Fiorentino, Fabiana Corcelli, Sergio Ulgiati, Stefano Dumontet, Joshua Gusewell and Ludger Eltrop, publié en février 2019

²⁰ Pour plus d'informations « Valeur socio-économique liée au développement de la filière biométhane en France », E — Cube Strategy, août 2018

CONCLUSION

Comment évaluer les bénéfices climatiques d'une filière d'économie circulaire: l'exemple du biométhane



Conclusion et recommandations

Le biométhane est une énergie renouvelable qui correspond aussi au **principe d'économie circulaire**, car elle valorise une large gamme de déchets fermentescibles et de déchets agricoles. **Cette énergie renouvelable est caractérisée en France par une grande diversité de projets: les installations de méthanisation sont variées en types d'intrants, en tailles et en géographies.** La production de biométhane remplit plusieurs fonctions: production d'énergie et valorisation de déchets, et production d'engrais agricole et renforcement des pratiques agronomiques pour les projets agricoles.

Comme toutes les énergies renouvelables ou bas carbone, la production de biométhane implique des émissions induites de GES, tout au long du procédé de production du biométhane et de ses coproduits (ex: digestat). En revanche, la production de biométhane implique aussi des émissions évitées en termes de traitement de déchets ou de pratiques agricoles.

Plusieurs méthodes de comptabilité des émissions de GES du biométhane existent en France. Chaque méthode a été développée dans un contexte particulier pour répondre à un objectif précis et chaque méthode a un périmètre de comptabilité des émissions de GES sur la chaîne de production du biométhane qui lui est propre. Toutes les méthodes s'accordent sur un socle commun d'émissions induites à prendre en compte, mais les méthodes prennent en compte de façon différente les bénéfices liés à la multifonctionnalité de la méthanisation, notamment les émissions évitées. En dépit de ces différences d'approche et de périmètre, **toutes ces méthodes démontrent le caractère « bas carbone » du biométhane et l'intérêt de la filière de production et d'injection française dans une perspective de neutralité carbone.**

La prise en compte exhaustive des émissions évitées, proposée par l'ACV de 2017 comme par le projet de méthode du Label Bas Carbone, est indispensable à la compréhension complète des bénéfices du biométhane. En effet pour reprendre l'exemple du type d'unités de production Agricole & Territoriale, la méthanisation constitue un levier de réduction des émissions de GES engendrées par l'activité agricole, en particulier les émissions de méthane (ex.: stockage des effluents d'élevage) et de protoxyde d'azote (utilisation de fertilisants chimiques). Les réductions de GES comptabilisées ne peuvent uniquement tenir compte du remplacement d'un gaz fossile par un gaz renouvelable. En effet, en plus de la production d'une énergie renouvelable, une installation de production de biométhane peut réduire les émissions globales d'une exploitation agricole et ainsi participer à la décarbonisation de ce secteur qui est pour rappel responsable de 19% des émissions de GES en France en 2018 (poids relatif important lié à l'importance du secteur agricole en France, mais aussi d'un mix de production électrique assez peu carboné, par rapport à d'autres pays industrialisés).

Enfin, les bénéfices du biométhane sont de natures diverses et surtout diffuses sur l'ensemble de la chaîne de production. Il s'agit d'une boucle d'économie circulaire dans laquelle le biométhane s'inscrit. Une prise en compte large incluant les impacts liés au digestat, mais aussi les effets positifs de la culture d'intrants et de l'utilisation du digestat sur les sols semble être le périmètre le plus à même de représenter au mieux les effets positifs de la filière. En plus des émissions évitées, la production de biométhane assure d'autres fonctions dont les externalités positives ne sont pas toujours traductibles d'un point de vue climatique. La production de biométhane vient compléter l'excellence française en termes de modèle agricole, qui rayonne et s'exporte à l'international.

Annexes

Annexe 1

Experts interrogés dans le cadre de ce rapport

L'écriture de ce rapport a été réalisée par ENEA Consulting pour le compte du GT GES. Elle s'est appuyée sur l'expertise des membres du GT GES. Les contributeurs suivants ont été particulièrement sollicités compte tenu de leur expertise sur les méthodes de comptabilité des émissions de GES du biométhane :

GRDF

- Jihane LOUDIYI (Responsable Environmental - Délégation RSE - Direction de la Stratégie)
- Sylvain FREDERIC (Responsable Développement - R&D - Direction Biométhane)
- Clothilde MARIUSSSE (Chargée de mission gaz verts - Direction de la Stratégie)

INRAE

- Antoine ESNOUF (Docteur en ACV et expert filière méthanisation - INRAE Transfert BU)

EcoAct

- Sabrina GIORGI (Manager - Expert Projets carbone)

Nous remercions toutes les personnes ayant participé à l'élaboration du rapport pour leur aide.

Annexe 2

Lexique

ACV L'Analyse du Cycle de Vie recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines.

BIOGAZ Gaz issu de la fermentation de matières organiques, composé à majorité de méthane et contenant également du dioxyde de carbone.

BIOMÉTHANE Gaz très riche en méthane provenant de l'épuration du biogaz et possédant les mêmes caractéristiques techniques que le gaz naturel, et peut être utilisé pour les mêmes usages.

CIVE Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique : Culture semée et récoltée entre deux cultures principales (Décret n° 2016-929 du 7 juillet 2016), dans un but de valorisation énergétique. En couvrant des sols habituellement nus elles permettent d'améliorer la structure du sol et de stocker davantage de carbone dans les sols.

COPRODUIT En ACV, tout processus de production peut générer également un ou plusieurs produits secondaires, qui peuvent avoir une valeur marchande non négligeable. Lorsqu'un produit secondaire est valorisable économiquement celui-ci est considéré comme un coproduit du système.

CULTURES DÉDIÉES Cultures principales dont l'objectif premier est leur valorisation énergétique (ex : Taillis à très courte rotation de saule, Miscanthus, « Switchgrass », Sorgho). La définition du terme peut être précisée et légèrement modifiés dans différents cas d'étude.

ÉMISSIONS ALLOUÉES Émissions induites réparties selon une allocation entre le produit et les coproduits du système. Ce prorata peut être massique, énergétique ou économique.

ÉMISSIONS COMPENSÉES Émissions de GES compensées par la capture d'une quantité équivalente de GES à un autre endroit de la chaîne de production.

ÉMISSIONS ÉVITÉES Émissions de GES qui n'a pas lieu dans un scénario alternatif par rapport à un scénario de référence.

ÉMISSIONS INDUITES Émissions ayant lieu dans le cadre d'un processus de transformation et imputable au produit de ce processus.

FACTEUR D'ÉMISSION La transformation d'une donnée d'activité physique en quantité d'émissions de GES est réalisée à l'aide d'un facteur d'émission. Dans le cas du biométhane, il s'agit de la quantité de GES, exprimée en équivalent CO₂ nécessaire à la production d'une unité fonctionnelle de biométhane.

GES Gaz à effet de serre

MÉTHANISATION Dégradation des matières organiques en milieu contrôlé et anaérobie (en absence d'air) dont le produit est le biogaz. Ce processus est réalisé dans un méthaniseur.

MULTIFONCTIONNALITÉ La fonction principale de la filière de production du biométhane est la production d'énergie. Or cette filière assume également des fonctions secondaires comme notamment le traitement des déchets. On parle alors de multifonctionnalité.

PCI Pouvoir Calorifique Inférieur.

Le PCI est une propriété des combustibles. Il s'agit de la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible. Par hypothèse, l'énergie de vaporisation de l'eau dans le combustible ou chaleur latente et les produits de réaction ne sont pas récupérés. Cette mesure est pratique lorsqu'il s'agit de comparer des combustibles où la condensation des produits de combustion est difficile ou qu'une température plus basse que 150 °C ne peut servir.

PRG Potentiel de Réchauffement Global mesurant l'impact d'un gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique, pris par convention à horizon de 100 ans, mais il est calculable pour n'importe quelle durée.

REDUCTION D'ÉMISSIONS En ACV, une réduction d'émissions est engendrée par la comparaison de deux scénarios, un scénario de référence et un scénario alternatif moins émissif.

UNITÉ FONCTIONNELLE C'est l'unité de référence en ACV, où l'on exprime les émissions par unité fonctionnelle (un kilowatt/heure produit, un gigajoule produit). Elle est choisie en fonction de l'énergie étudiée et permet de comparer les énergies entre elles.

Annexe 3

Tableau de synthèse comparatif des méthodes

Tableau 4

Tableau de synthèse comparatif des méthodes

	Contexte de la méthode	Principales hypothèses sur les données retenues pour les modélisations	Méthodologie
	Processus de revue critique et indépendante de la méthode	Principales sources des facteurs d'émission	Règle de coupure (Base Carbone® (ADEME) : 5%)
ACV 2017	<p>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. 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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 	<ul style="list-style-type: none"> -ACV 2015 ENEA Consulting & Quantis -Ecoinvent -Base Carbone® -Littérature 	1%
ACV 2020	<p>Le cœur de la modélisation ainsi que les principaux jeux de données, qui ont été validés par une revue d'experts en 2017, sont conservés</p>	<ul style="list-style-type: none"> -ACV 2017 ENEA Consulting & Quantis -Rapport public -Études réalisées par ENEA -Entretiens avec des porteurs de projets sur chaque filière <p>Les valeurs liées aux émissions de la filière STEU et ISDND sont reprises directement de l'étude 2017</p> <p>Christian Couturier, directeur général du cabinet Solagro a été sollicité pour challenger les nouvelles données</p>	1%
Label Bas Carbone	<p>Une proposition des règles exactes de vérification et de validation des réductions d'émissions sera formalisée dans un second temps</p>	<ul style="list-style-type: none"> Agrammon Group EMEP/EEA Agribalyse Arvalis INRA Transfert, 2020 Commission européenne - MEEDDM, 2006 l'Étude Afval Overleg Orgaan ENEA Consulting/Quantis, 2014 GRDF 	En cours de validation par l'administration
RED II	<p>L'outil sera revu par les membres du comité de pilotage de l'étude : ATEE, l'ADEME, Agricultures & Territoires, FNSEA, France Gaz Renouvelables, GRTgaz, GRDF, Association Agriculteurs Méthaniseurs de France, Syndicat des énergie Renouvelables, l'Association Française du Gaz</p> <p>Un guide utilisateur de l'outil sera rédigé et remis aux pouvoirs publics</p>	<p>RED II</p> <p>Méthode Biograce pour le calcul des stocks de carbone</p> <p>Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions, Calculated according to the methodology set in COM(2016) 767 , Commission Européenne</p>	En cours de validation par l'administration

Annexe 4**Scopes du BEGES (ISO 14064-1)**

Le Bilan des Émissions de GES décompose les émissions de GES sous trois scopes, et s'appuie sur la norme internationale ISO 14064-1. Les trois scopes sont les suivants :

- **Le scope 1** englobe les émissions directes, produites par les sources de combustion, de combustibles ou de carburants, fixes ou mobiles, nécessaires aux activités de la personne morale. Une source de combustion fixe est par exemple un four industriel détenu par l'entité et utilisant du charbon comme combustible, et une source mobile est par exemple un camion détenu par l'entité et utilisant du diesel comme carburant.
- **Le scope 2** englobe les émissions indirectes associées à la consommation d'électricité, de chaleur ou de vapeur nécessaires aux activités de la personne morale.
- **Le scope 3** est défini par les autres émissions indirectement produites par la personne morale en amont (achats de produits et services, transport de marchandises) et aval (déchets, utilisation des produits vendus...).

Annexe 5

Présentation rapide des quatre méthodes

Les ACV réalisées par ENEA et Quantis en 2017 et en 2020 ont pour objectif de proposer un facteur d'émission réaliste et complet associé à la production d'un kWh de biométhane. **Ces deux ACV sont des ACV attributionnelles:**

- L'ACV attributionnelle consiste à attribuer (allouer) une part de l'inventaire des émissions d'un système à une unité fonctionnelle²², ici « la production et l'injection de 1 kWh_{PCI} dans le réseau » (pour les deux ACV). L'inventaire est l'ensemble des entrants et des sortants du système à l'étude. Cette approche ne vise donc pas à étudier les avantages de la filière, elle répond à la question « à quels sont les impacts de la filière de production et d'injection du biométhane? »

L'ACV conséquentielle, qui consiste à évaluer les conséquences d'un changement qui affecte un système, diffère de l'ACV attributionnelle. Cette approche vise à étudier quels sont les avantages/inconvénients et les conséquences du système sur les autres systèmes et sur l'environnement. Cette méthode n'est pas étudiée dans ce document.

L'ACV 2020 évalue les émissions liées aux types d'unités de production suivants:

- Traitement des déchets ménagers sans tri à la source: TMB, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection.
- Traitement des ordures ménagères avec tri à la source: Prétraitement, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection.
- Agricole et Territoire: Prise en compte de l'étape de culture pour les cultures dédiées et d'une part de l'activité amont agricole pour les CIVE, Stockage, Prétraitement pour le fumier, Broyage, Hygiénisation, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection.
- ISNDN: Épuration, Injection.
- STEU: Épuration, Injection.

L'ACV 2017 évalue les émissions des types d'unités de production suivants:

- OMR: Le périmètre de l'étude commence à l'étape de transport et stockage des déchets à l'unité de tri/ de méthanisation.
- ISNDN: Épuration, Injection.
- STEU: Épuration, Injection.
- Agricole & 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. Ensuite, les étapes suivantes sont prises en compte: Stockage, Prétraitement pour le fumier, Broyage, Hygiénisation, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection.

Malgré un objectif commun, l'ACV de 2017 et l'ACV 2020 diffèrent par leurs méthodologies de calcul. La première est une ACV attributionnelle par extension de frontières tandis que la deuxième utilise la méthode d'allocation.

²² Voir Lexique

Le but du **Label Bas Carbone** quant à lui est également de valoriser la filière biométhane en mettant en valeur les réductions d'émissions générées par la filière et **surtout d'assurer un soutien financier à certains projets biométhane, notamment présentant une composante environnementale renforcée**. Le but de cette étude est ainsi de proposer une méthodologie permettant une évaluation **projet par projet** des réductions d'émissions de GES. **Les critères d'éligibilité permettent de s'assurer que seuls les projets qui sont exemplaires d'un point de vue environnemental** et qui vont au-delà des pratiques courantes sont éligibles à la méthode. Il s'agit donc d'une méthode visant la complémentarité avec ce qui est déjà en place en termes d'aide à la filière.

Les réductions d'émissions seraient ainsi monétisées et pourraient être prises en charge par une diversité d'acteurs, privés comme publics.

Enfin, la Directive « **Energies Renouvelables** » (dite **RED II**) a été publiée en décembre 2018 et vise notamment à donner des lignes directrices aux Etats membres pour établir une méthodologie de certification des énergies renouvelables, posant ainsi les bases d'un système européen commun d'échange de certification. Pour être qualifié d'« énergie renouvelable », RED II impose des exigences en termes d'une part de réduction des émissions GES, d'autre part de durabilité. Ces derniers critères impliquent pour toute énergie renouvelable (dont le biométhane) que la production de matières premières ne soit pas réalisée au détriment des ressources arables. Une attention particulière sera donc portée à ce que des terres de grande valeur en termes de diversité biologique, présentant un important stock de carbone ou des terres qui étaient tourbières ne soient pas détruites dans le processus de production du biométhane. La qualification d'énergie renouvelable est nécessaire pour :

- Contribuer à l'objectif national de consommation d'énergies renouvelables de la France à horizon de 2030.
- Contribuer à/aux obligation(s) sectorielle(s) (Transport à minima) de consommation d'énergies renouvelables de la France à horizon de 2030.
- Déterminer l'admissibilité de cette énergie renouvelable à une aide financière pour la consommation.

L'enjeu pour la filière française sera de retranscrire en droit français cette Directive d'ici juin 2021, en adaptant la méthode aux spécificités françaises telles que le mix d'intrants ou encore le type de terre utilisée. C'est l'objet de l'étude Solagro et INRAE qui a rassemblé les acteurs de la filière biométhane pour challenger ou valider les hypothèses de calcul et accompagner la mise en œuvre de cet outil.

Annexe 6

Présentation du périmètre des méthodes

En ACV attributionnelle toutes les étapes du développement de la filière de production de biométhane sont incluses dans le périmètre de l'étude. Le système d'étude du biométhane commence à la première phase additionnelle nécessaire pour le traitement des déchets pour produire du biogaz ainsi qu'intégrer tous changements de pratiques. Par exemple s'il est nécessaire de prétraiter le déchet avant de l'envoyer dans une unité de méthanisation, cette étape est intrinsèque à la production de biométhane et sera donc intégrée au système. Au contraire, toutes les phases amont de production du fumier et du lisier peuvent être exclues du système, car elles auraient lieu, indépendamment de la production ou non de biométhane. À l'heure actuelle, un agriculteur ne va pas mettre en place un élevage dans le but premier de produire du biométhane à partir de fumier ou de lisier.

ACV 2020

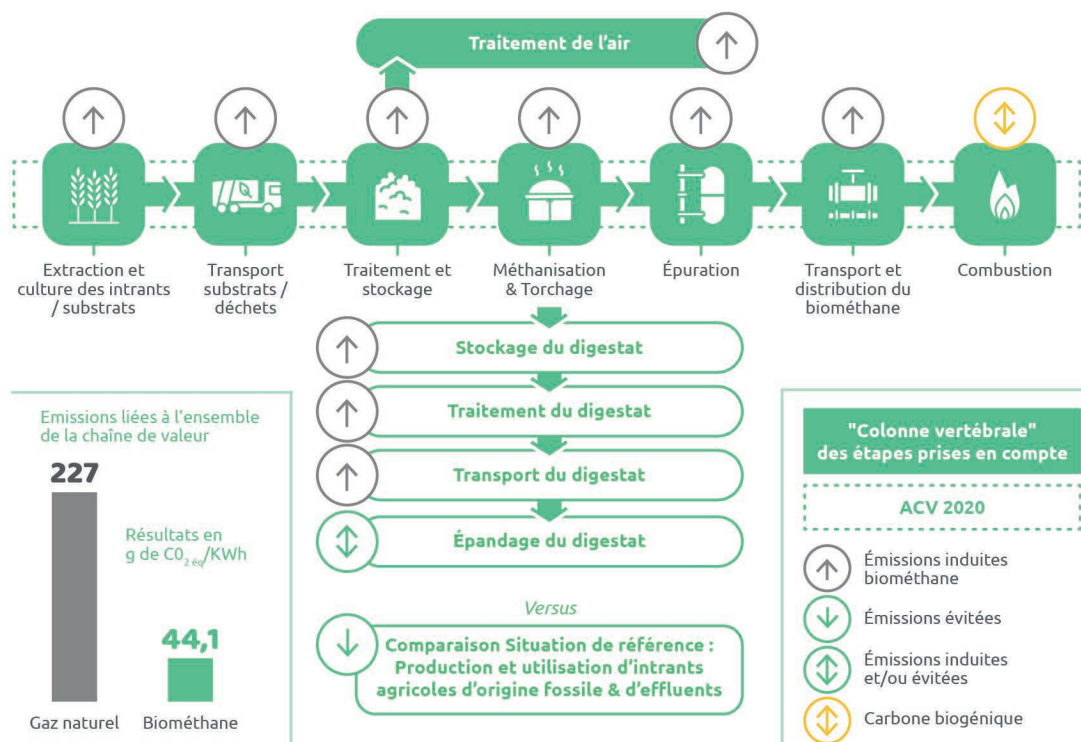
5 types d'unités de production de biométhane sont prises en compte, chacune desservant plusieurs fonctions):

- Traitement des déchets ménagers sans tri à la source (TMB, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection).
- Traitement des ordures ménagères avec tri à la source (Prétraitement, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection).
- Agricole & Territoriale (prise en compte de l'étape de culture pour les cultures dédiées et d'une part de l'activité amont agricole pour les CIVE, Stockage, Prétraitement pour le lisier, fumier, Broyage, Hygiénisation, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection).
- ISNDN (Épuration, Injection).
- STEU (Épuration, Injection).

L'ACV attributionnelle de 2020 se limite à la quantification des émissions émises par le procédé de production du biométhane. Le périmètre de prise en compte ne prend donc pas en compte les étapes amont et aval ni les émissions inhérentes à l'utilisation des coproduits.

Figure 12

Présentation du périmètre pris en compte par l'ACV 2020



ACV 2017

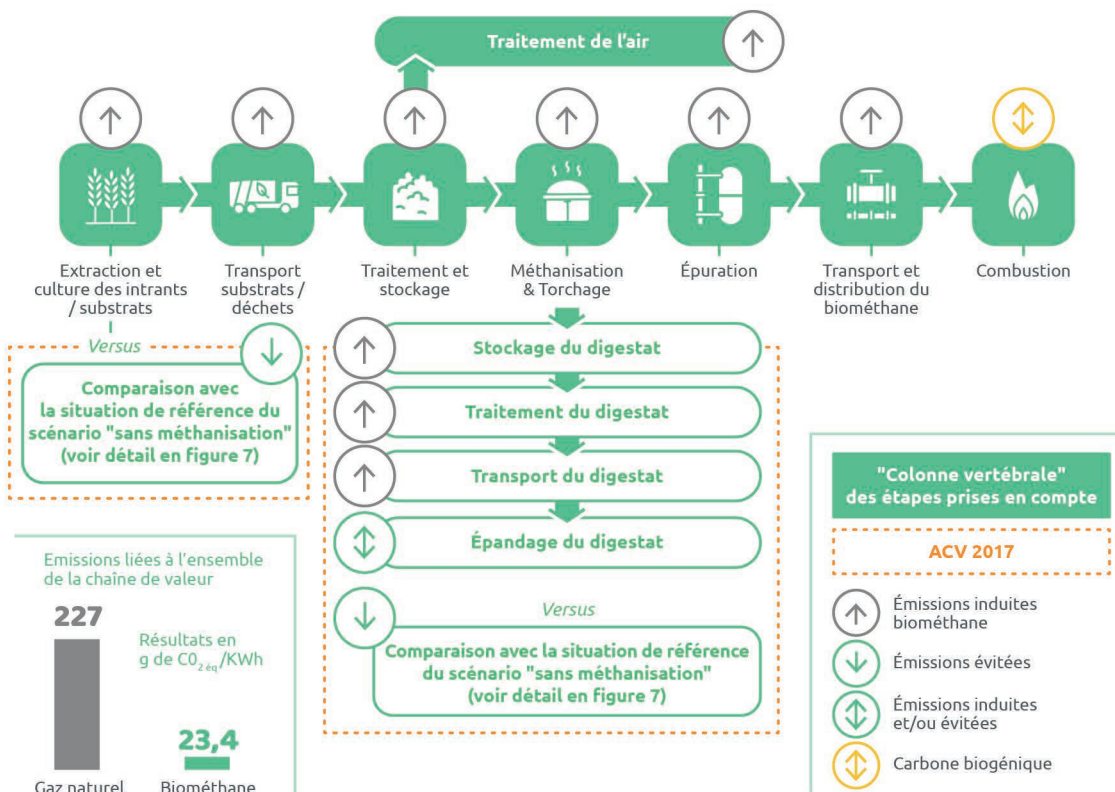
Quatre types d'unités de production sont à l'étude:

- OMR: Le périmètre de l'étude commence à l'étape de transport et stockage des déchets à l'unité tri/méthanisation.
- 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).
- ISDND: Le périmètre de l'étude commence après l'étape réglementaire de captage du biogaz, à l'étape d'épuration.
- Agricole & 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. Ensuite, les étapes suivantes sont prises en compte: Stockage, Prétraitement pour le fumier, Broyage, Hygiénisation, Méthanisation, Torchage, Traitement de l'air, Épuration, Injection.

En termes de types d'unités de production de biométhane à l'étude, l'ACV 2017 est très proche de l'ACV 2020 en revanche en termes de prise en compte de la chaîne de production, l'ACV 2017 intègre des étapes supplémentaires notamment au niveau du traitement des déchets, coproduit et du digestat. Ce périmètre découle directement de la méthodologie d'extension de frontières, où les impacts hors chaîne de production sont pris en compte.

Figure 13

Présentation du périmètre pris en compte par l'ACV 2017 pour la filière agricole



Label Bas Carbone

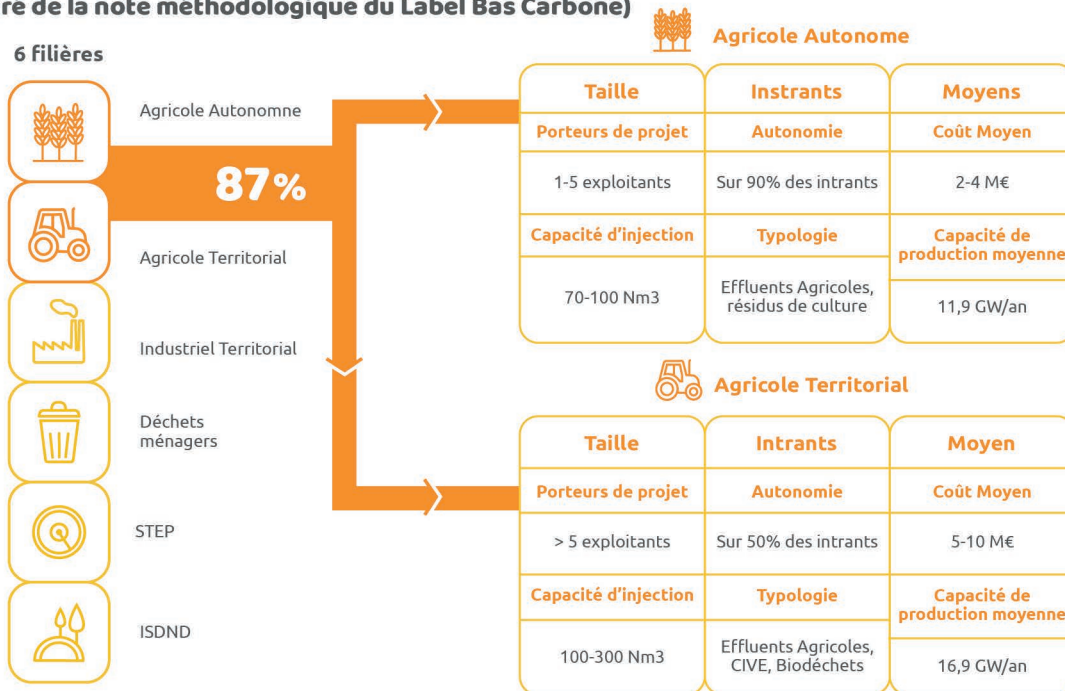
Comme le type d'unités de production Agricole & Territoriale représenterait environ 81 % de la production de la filière biométhane à horizon de 2023 (selon l'étude ACV 2017), l'étude Label Bas Carbone se concentre sur ce type d'unités de production.

Plus spécifiquement au sein de ce type de production Agricole & Territoriale sont concerné les sous-types :

- Agricole Autonome
- Agricole Territoriale

Figure 14

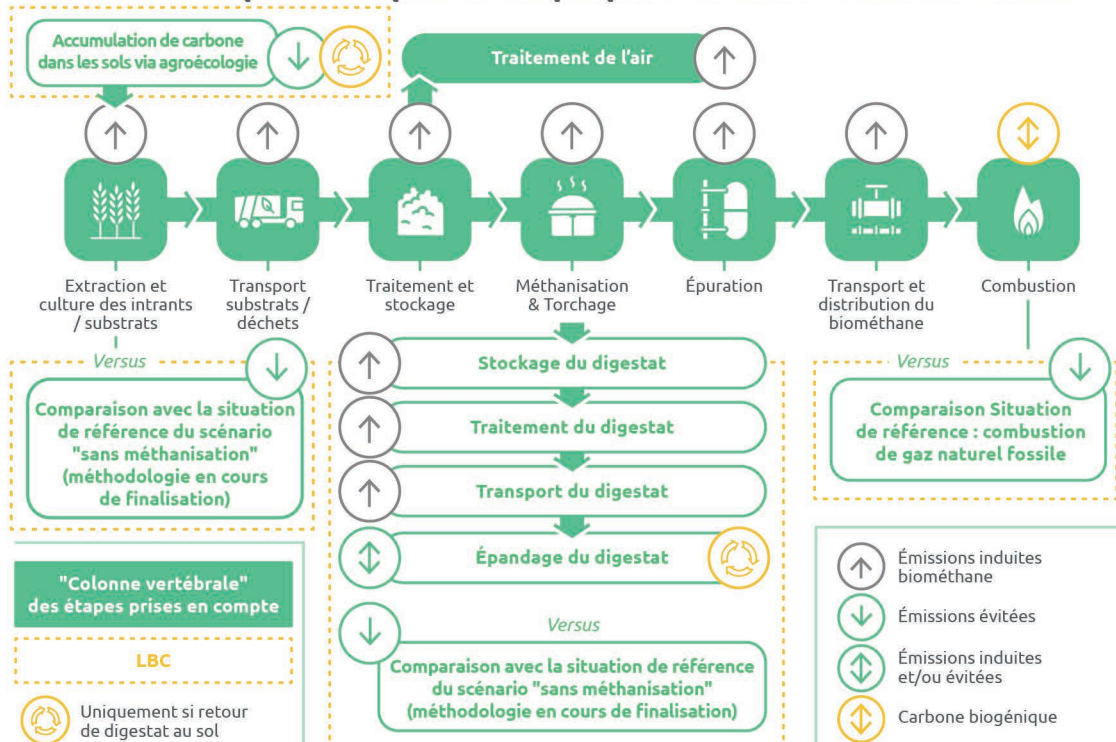
Présentation des filières prises en compte dans le Label Bas Carbone
(Tiré de la note méthodologique du Label Bas Carbone)



De plus, ne visant que les projets plus exigeants sur le plan environnemental, seuls les projets répondants à des critères de qualité seront éligibles.

Figure 15

Présentation du périmètre pris en compte par la méthode Label Bas Carbone



RED II

RED II impose de prendre en compte les changements directs d'affectation des sols dans le calcul des émissions GES des énergies renouvelables. Dans certains cas, ces conversions conduisent à rendre cette production d'énergie non durable. Dans d'autres cas, il faut calculer l'impact GES de ce changement. RED II permet aussi de prendre en compte l'effet de séquestration de carbone de certaines pratiques agricoles.

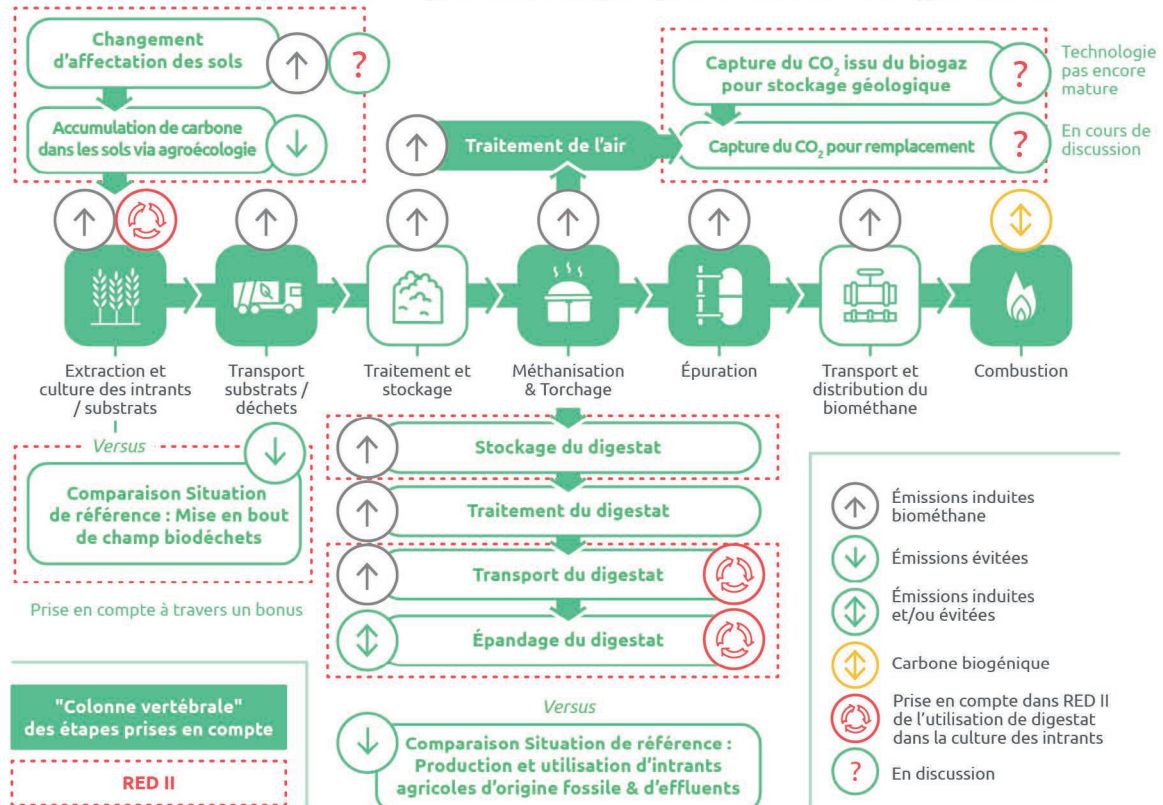
Une attention particulière étant portée à la gestion des sols, le périmètre de comptabilisation des émissions est étendu en amont de la chaîne de production, et comptabilise les émissions dues au changement d'utilisation des sols utilisés pour faire pousser les matières premières. Par exemple si une terre boisée est rasée pour créer un champ de culture dédiée à la production de biométhane, la perte d'absorption potentiel de CO₂ de terre boisée comptera en négatif dans le bilan carbone de la filière biométhane. La filière française ayant très peu recours à la reconversion de terre agricole ou forestière, il a été proposé à l'administration publique que ce facteur soit par défaut établi à zéro dans la retranscription française de la Directive.

Les émissions sauvées grâce à l'installation de système de captage de CO₂ émis par les procédés industriels de transformation du biométhane sont également comptabilisées. Une différenciation est faite entre le CO₂ récupéré et stocké dans le sol (CCS²⁴) et le CO₂ récupéré puis utilisé pour remplacer du CO₂ qui aurait dû être produit à des fins industrielles (CCU²⁵). Encore une fois, ces procédés étant très peu représentatifs de la filière française, il a été proposé à l'administration publique que ces variables soient pour l'instant fixées par défaut à zéro.

La filière digestat n'est pas prise en compte dans son entièreté, seul le stockage du digestat est une brique de la chaîne de production comptabilisée à chaque scénario. En revanche dans la retranscription nationale de RED II, le fait que le digestat soit réutilisé dans la culture des intrants est pris en compte dans le calcul des émissions liées à ces cultures. Dans ce cas de retour au sol, les étapes de transport du digestat et d'épandage sont elles aussi prises en compte, permettant de valoriser l'amélioration des pratiques de stockage et la réduction d'émissions importante qui en découle. La filière digestat est ainsi traitée comme une filière totalement à part du process de méthanisation.

Figure 16

Présentation du périmètre pris en compte par la méthodologie RED II



Annexe 7

Présentation détaillée des méthodes de calcul

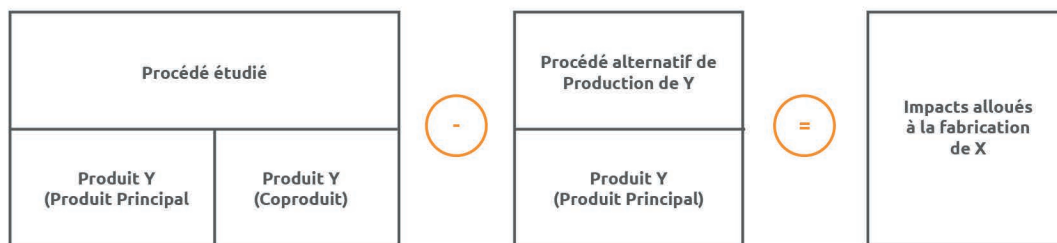
Méthodes prenant en compte les émissions induites et évitées

ACV 2017

L'extension de frontières consiste à étendre le système en prenant en compte produits et coproduits dans un seul et même système tel que la valorisation agronomique des digestats par exemple. Dans le cas de l'étude de 2017, la production de biométhane est évaluée tout comme la production de digestat mais aussi la valorisation de ce digestat. Le système de production du biométhane n'est pas isolé des autres produits du système.

Figure 17

Explicitation de la méthode par extension de frontières
(Tiré du rapport ACV 2017)



Dans le cas de la filière biométhane, la formule ci-dessus se traduit par : (émissions induites par la production de biométhane et de digestat) — (émissions liées aux fonctions assurées par la filière biométhane dans le cas de référence ex. Stockage de fumier, traitement de déchet, production d'engrais)

La méthode de l'extension de frontières fait la différence entre les impacts induits et les impacts évités en amont et en aval de cette filière sur le périmètre défini

Les impacts induits se répartissent comme suit:

Tableau 5

Répartition des impacts évités (Tiré de l'ACV 2017)

Filières	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 déchet
STEU	Torchage du biogaz
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

Les impacts évités se répartissent comme suit :

Tableau 6

Répartition des impacts induits (Tiré de l'ACV 2017)

Types d'unités de production	Impacts induits
ISDND	Epuration, 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 Epuration, injection, distribution et combustion du biométhane
STEU	Epuration, 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) Valorisation du digestat (transport, stockage couvert, et épandage) Epuration, injection, distribution et combustion du biométhane

Une spécificité du type d'unités de production STEU est que le biogaz a été considéré comme un déchet et non comme un coproduit, ainsi seules les étapes additionnelles à la production de biogaz sont prises en compte.

Le captage de biogaz étant une obligation en France, cela ne varie pas qu'il y ait valorisation du biogaz ou non, seules les étapes additionnelles sont donc prises en compte.

Label Bas Carbone

La première étape consiste en la comptabilisation des réductions d'émissions. Cette comptabilisation est à la charge du porteur de projet et est souvent réalisée par des cabinets d'études tenus de respecter la méthode.

Pour se faire, un « état des lieux » est réalisé c'est-à-dire que les émissions de GES liées au scénario de référence sont évaluées. Ensuite sur la base des hypothèses propres à chaque projet (intrants, devenir du digestat, stockage des intrants, etc.), les émissions de GES liées au scénario projet sont calculées. La réduction des émissions est obtenue en faisant une soustraction entre le scénario de référence et le scénario projet.

La deuxième étape de la méthodologie Label Bas Carbone consiste en la vérification de l'additionalité financière, c'est-à-dire vérifier que le projet n'aurait pas pu voir le jour sans les financements du label bas carbone.

Pour RED II

La méthode de calcul est la suivante pour le contenu carbone d'une filière basée sur un intrant:

Tableau 7

Calcul pour le contenu carbone d'une filière basée sur un intrant

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr}$$

E	Total des émissions résultant de la production de biogaz ou de biométhane avant la conversion de l'énergie	Etapes à prendre en compte dans le cas de la production française de biométhane
e_{ec}	Émissions résultant de l'extraction des matières premières ou de la culture des matières premières	Production de biomasse végétale, transport des intrants
e_l	Emissions annualisées résultant de modifications de stocks de carbone dues à des changements dans l'affectation des sols	Emissions liées aux modifications de stocks de carbone dans les sols issues de la production de biomasse végétale
e_p	Emissions résultant de la transformation	Méthanisation, épuration, injection, compression
e_{td}	Emissions résultant du transport et de la distribution	Distribution et transport du gaz
e_u	Emissions résultant du carburant utilisé, soit le GES émis pendant la combustion	Emissions à l'utilisation (combustion)
e_{sca}	Réduction d'émissions dues à l'accumulation du carbone dans les sols grâce à une meilleure gestion agricole	Réductions d'émissions liées au stockage du carbone CIVE
e_{ccs}	Réduction d'émissions dues au piégeage et au stockage géologique du CO ₂	Non concerné
e_{ccr}	Réduction d'émissions dues au piégeage et à la substitution du CO ₂	Réduction d'émissions liées à la valorisation du CO ₂ produit lors de l'épuration du biogaz

Pour les exploitations utilisant plusieurs types d'intrants, comme cela est souvent le cas en France, une moyenne pondérée, se basant sur la part de l'intrant dans la quantité d'énergie finale et tenant compte des propriétés physiques des intrants comme leur pouvoir méthanogène est proposée.

Dans le texte original de RED II, des valeurs d'émissions de CO₂ selon les mix d'intrants et les usages sont proposées pour simplifier les démarches. Or, aucune de ces valeurs ne correspond à la réalité de la filière biométhane française. La retranscription de la Directive passe donc par une adaptation des hypothèses de calcul et une mise à jour de la liste d'intrants proposés. Ainsi la liste d'intrants possibles passe de 3 à 9, avec intégration du fumier qui n'était jusque-là pas pris en compte. Un type de stockage du digestat a également été ajouté, portant le nombre de possibilités à 3: stockage ouvert, stockage couvert sans récupération du gaz et stockage couvert avec récupération du gaz.

Une méthode de calcul standardisée est en cours d'élaboration permettant à l'agriculteur de simplement rentrer sur une plateforme certaines hypothèses clés comme son mix d'intrants et d'obtenir les émissions relatives à son type d'installation. Ainsi en France, les agriculteurs n'auraient pas à se référer aux valeurs types et valeurs par défauts définies dans RED II, qui ne représentent pas la réalité de la filière française.

Méthode ne prenant en compte que les émissions induites

ACV 2020

À chaque étape de la chaîne de production de chaque type d'unités, les émissions (propres à l'étape) sont réparties entre les différentes fonctions de cette étape.

Cette étude aborde la question des coproduits et fonctions secondaires via une approche dite de facteur d'allocation ou de prorata.

Deux formes d'allocation sont étudiées :

- **L'allocation économique** est basée sur la valeur économique ou prix de vente du produit et des coproduits. Si le prix de vente est pP par kg de produit et pCP par kg de coproduit, le pourcentage économique est donné par la relation :

$$\% \text{ éco} = mP \times pP / (mP \times pP + mCP \times pCP)$$

- **L'allocation énergétique** est basée quant à elle sur le contenu énergétique du produit et des coproduits. Si le contenu énergétique est eP par kg de produit et eCP par kg de coproduit, le pourcentage énergétique est donné par la relation :

$$\% \text{ éner} = mP \times eP / (mP \times eP + mCP \times eCP)$$

L'allocation économique a été retenue car elle la plus adaptée pour tenir compte des différentes fonctions assurées par la méthanisation (gestion des déchets et production de digestat).

Enfin il est à noter que cette méthode n'a pas été utilisée pour les types d'unités de production STEU et ISDND puisque ces valeurs d'émissions ont été reprises directement de l'étude 2017.

ANNEXES

Comment évaluer les bénéfices climatiques d'une filière d'économie circulaire: l'exemple du biométhane



Annexe 8

Détails des résultats obtenus par les études internationales

Tableau 8

Détails des résultats obtenus par les études internationales

Nom de l'étude	Année	Méthode	Résultat de l'étude (g de CO ₂ eq par kWh)	Référence combustion fossile (g de CO ₂ eq par kWh) (ADEME)	Potentiel d'évitement (en g de CO ₂ eq) par rapport à la combustion fossile	Résultat en %
Evaluation des impacts GES de l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel en appliquant une approche d'allocation. GRDF - ENEA - Quantis	2020	ACV attributionnelle par allocation - 2020 - mix moyen - France	44,1	227	183	81%
Evaluation des impacts GES de l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel. GRDF - ENEA - Quantis	2017	ACV multifonctionnelle par extension de frontières - 2017 - mix moyen - France*	23,4	227	204	90%
LCA of different uses of biogas from anaerobic digestion of separately collected biodegradable waste in France. Gaz de France - ADEME - RDC	2007	Analyse cycle de vie multisectorielle - Norme ISO 14044 et 14044 - 2007 - France			198	89%
Methodology for the calculation and certification of GHG emission caused by the production of biomethane Biosurf. Moyenne des résultats des différentes filières pour les hypothèses conservatrices	2016	Moyenne des valeurs issues du rapport Biosurf pour la directive RED - 2016 - Europe (hypothèses conservatrices)	83	227	144	63%
Environmental Sustainability and Economic Benefits of Dairy Farm Biogas Energy Production: A Case Study in Umbria	2014	Analyse cycle de vie multisectorielle - Norme ISO 14044 et 14044 - 2014 - Italie	44	227	183	80%

* Les résultats de ces études sont donnés de manière directe en potentiel d'évitement.

Autres annexes

Composition du Comité de Pilotage du Sous-GT Externalités
Avis du comité scientifique sur le rapport

Annexe : Composition du Comité de Pilotage du Sous-GT Externalités

Olivier DAUGER	France Gaz Renouvelables / FNSEA
Cécile FREDERICQ	France Gaz Renouvelables
Jean LEMAISTRE	France Gaz Renouvelables
Jacques-Pierre QUAACK	France Gaz Renouvelables / AAMF
Jean-Marc ONNO	AAMF
Gildas COTTEN	AGPM
Edouard LANCKRIET	Agrosolutions
Léonard JARRIGE	APCA
Christian DECONNINCK	ATEE
Alice L'HOSTIS	ATEE - CTBM
Michel SPILLEMAECKER	ATEE - Club Biogaz
Jean-Marc RENAUDEAU	Chambre d'Agriculture des Deux Sèvres
Carole LEJEUNE	FNSEA
Sylvain FREDERIC	GRDF
Christophe DELFELD	GRTgaz
Rachel KOLBE SEMHOUN	InVivo
Laura LUU VAN LANG	Teréga
Mathilde WORINGER	Teréga

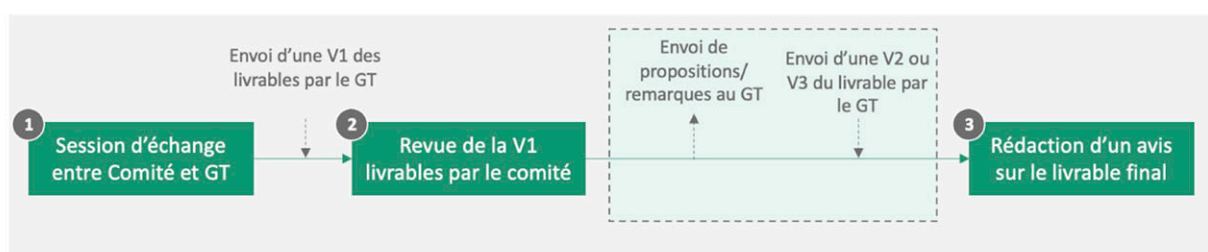
Annexe : Avis du comité scientifique sur le rapport

NB : L'avis du comité scientifique porte exclusivement sur le livrable produit par le groupe de travail.

▪ Rappel de la mission du Comité scientifique et des modalités d'interaction avec les groupes de travail (GT) consacrés à la méthanisation

Le Comité scientifique (CS) a été missionné par le CSF Biogaz afin « d'orienter les groupes de travail et d'émettre un avis sur les résultats produits par ces derniers ».

Les interactions entre le CS et les GT ont été organisées selon le processus suivant, de sorte que des versions intermédiaires du livrable final ont déjà fait l'objet de recommandations et que le présent avis porte donc sur un document qui intègre différents amendements.



▪ Objet et méthode du livrable

L'objet de ce groupe de travail est d'analyser les externalités liées à la réduction des émissions de gaz à effet de serre associée à la production de biométhane. Cette démarche est scindée en deux temps : le présent document est destiné à présenter, de façon très didactique, les principales méthodes de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre (GES) mobilisées dans le cadre de ce type d'analyses ; cette première étape sera prolongée par le développement d'une méthodologie spécifique, destinée à permettre la conduite d'une évaluation au niveau d'un projet, en vue d'une labellisation bas carbone.

- Le document « *Comment évaluer les bénéfices climatiques d'une filière d'économie circulaire : l'exemple du biométhane* » constitue donc le socle de la démarche entreprise par le groupe de travail, permettant de comprendre le contexte du développement de chacune des méthodologies analysées, les objectifs poursuivis, et le périmètre des effets pris en compte. Une des conclusions tirées par le GT de cette analyse comparatives est que, en dépit des différences d'approche et de périmètre, toutes ces méthodes convergent vers « le caractère 'bas carbone' du biométhane et l'intérêt de la filière de production et d'injection française dans une perspective de neutralité carbone ».

▪ Observations du Comité scientifique

Avis général :

- L'approche est rigoureuse et bien documentée.
- L'architecture du rapport, le niveau d'écriture et les représentations graphiques choisies facilitent la lecture, et contribuent à renforcer le caractère pédagogique du document.
- Le document répond de manière réussie aux ambitions fixées, à savoir :
 - Introduire les enjeux liés à l'évaluation des émissions induites et évitées de la filière méthanisation
 - Expliciter les raisons de la coexistence de plusieurs méthodologies de comptabilisation des émissions de GES associées au biométhane
- Ces caractéristiques font du document une base de discussion robuste, pour faciliter l'appropriation du sujet par l'ensemble des parties prenantes.

Préconisations pour des prolongements futurs

- Le travail met en évidence de manière précise les différences (de périmètre notamment) entre les quatre approches méthodologiques couvertes. L'impact de ces différences sur les résultats n'est toutefois que peu abordée.
- Les émissions de gaz à effet de serre d'un projet de méthanisation peuvent varier sensiblement selon le contexte, les pratiques ou encore le mix d'intrants. Le rapport évoque clairement cette variabilité, qui gagnera à être approfondie dans d'autres travaux que pourrait impulser le CSF.
- Dans des travaux également complémentaires, il serait opportun d'approfondir la question de la sensibilité des résultats à la variation des principales données d'entrée, sachant en particulier que les approches débouchant sur des facteurs d'émissions globaux (ACV 2017 et ACV Base Carbone 2020) sont basées sur des hypothèses moyennes, représentatives de la filière.
- Ces raffinements permettraient d'anticiper les évolutions susceptibles de découler d'un développement significatif de certaines typologies d'unités (exemple : unités fonctionnant avec 100% d'intrants végétaux). Et de mieux identifier, hiérarchiser et partager avec les acteurs de la filière les leviers de réduction des émissions au niveau des unités.
- Enfin, il importe de rappeler que l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre associée à la production de biométhane constitue certes un sujet largement traité dans la littérature avec, comme base généralement retenue, l'unité de production. Mais, comme déjà mentionné dans l'avis relatif au GT Eau, il importera également de développer des recherches qui permettent de prendre en compte les effets territoriaux/systémiques induits par le développement plus massif d'unités de production de biométhane (effet qui, par construction, ne sont pas perceptibles via des analyses conduites à l'échelle d'une unité).

▪ Composition du Comité scientifique

Jean-Paul BORDES	<ul style="list-style-type: none"> • Directeur Général – ACTA Instituts Techniques Agricoles
Marc CHAUSSADE	<ul style="list-style-type: none"> • Directeur Exécutif – Consortium de Valorisation Thématique de l'Alliance National de Recherche pour l'Environnement (CVT AllEnvi) • Directeur Département d'Intelligence Économique à INRAE Transfert
Christian COUTURIER	<ul style="list-style-type: none"> • Directeur Général – Solagro • Président – Association Negawatt • Vice-Président et membre fondateur – Club Biogaz de l'ATEE
Patrice GEOFFRON (Président du Comité)	<ul style="list-style-type: none"> • Professeur d'Économie – Laboratoire d'Économie de Dauphine / LEDa UMR-CNRS-IRD
Julie JIMENEZ	<ul style="list-style-type: none"> • Chargée de recherche – INRAE / LBE Narbonne
Yves LE ROUX	<ul style="list-style-type: none"> • Enseignant chercheur – ENSAIA / Université de Lorraine • Titulaire – Chaire Énergies et Territoire de l'ENSAIA
Thierry RIBEIRO	<ul style="list-style-type: none"> • Enseignant chercheur bioprocédés et méthanisation – Uni Lasalle Beauvais