



BIOMÉTHANE **ISSU DE RESSOURCES** **AGRICOLES**

QUELS IMPACTS
ENVIRONNEMENTAUX ?

LE CONTEXTE

La méthanisation agricole est un procédé biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène. Elle permet la production de biogaz (principalement constitué de méthane et de CO₂) et de digestat. Ce biogaz, une fois épuré, est un vecteur énergétique local et renouvelable, **le biométhane**. Il possède des caractéristiques techniques identiques au gaz naturel. Le procédé de méthanisation permet de remplir plusieurs fonctions, au croisement des filières énergétique, de gestion des déchets et de recyclage d'éléments fertilisants.

Ce document présente **l'Analyse du Cycle de Vie du biométhane issu de la méthanisation individuelle ou collective de ressources agricoles**. Des travaux de recherche menés par INRAE Transfert¹ pour le compte de GRDF ont permis de quantifier les impacts environnementaux de deux scénarios de méthanisation agricole et des bonnes pratiques associées. Ces résultats ont été complétés par le retour d'expérience des fermes du programme Méthalae² mené par Solagro.

LA PLACE DU BIOMÉTHANE ET DU GAZ NATUREL DANS LE MIX ÉNERGÉTIQUE FRANÇAIS

Le gaz aujourd'hui consommé dans les réseaux, c'est :

- 20 % de l'énergie finale consommée pour différents usages (résidentiel, tertiaire, mobilité);
- majoritairement du gaz naturel;
- 20 % des émissions de gaz à effet de serre de la France du fait de sa combustion.

Demain, le biométhane sera un pilier du mix énergétique en France.

L'injection du biométhane, issu de ressources agricoles, est actuellement en plein développement. En France, au 31/12/2021, ce sont 309 unités de méthanisation agricole, sur les 365 unités au total, qui injectent dans le réseau (soit une capacité d'injection de 6,4 TWh) et 1149 projets qui ont réservé leur capacité d'injection (soit 25,4 TWh supplémentaires).

Dans les scénarios prospectifs, le biométhane pourrait progressivement remplacer le gaz naturel, et ainsi contribuer à atteindre 100 % de gaz renouvelable dans les réseaux à l'horizon 2050³.

¹ > Analyse du Cycle de Vie du biométhane issu de ressources agricoles, 2020, INRAE Transfert, Esnouf A, Brockmann D

² > Méthalae : Comment la méthanisation peut être un outil de la transition agroécologique ?, CASDAR 2014-2018, Solagro et Al.

³ > Étude ADEME, GRT Gaz, GRDF 100% gaz et Stratégie Nationale Bas Carbone.

LA MÉTHODE

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est l'outil le plus abouti en matière **d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux**.

Cette méthode normalisée (ISO 14040 et ISO 14044) permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement et de comparer différentes situations.

Les résultats présentés ici sont issus d'une ACV réalisée par l'INRAE qui a fait l'objet d'une revue critique conformément aux normes ISO, avec Dr. Lorie Hamelin (INSA Toulouse), comme présidente du panel d'experts.

Deux scénarios-types de méthanisation (« Culture » et « Élevage »), ont été définis et étudiés séparément, afin d'intégrer la diversité typologique des exploitations agricoles présentes à l'échelle de la France métropolitaine. (*cf. description des scénarios page 8*).






Pour chacun des scénarios, **les impacts de la méthanisation sont quantifiés par comparaison de deux situations** : une situation de référence sans méthanisation et une situation avec méthanisation.

La production d'énergie (gaz naturel en référence et biométhane avec méthanisation), les volumes d'effluents agricoles traités et les quantités d'éléments fertilisants (minéraux et organiques) sont identiques dans les situations avec ou sans méthanisation. En revanche, les scénarios « Culture » et « Élevage » sont différents et ne peuvent être comparés entre eux.

Le scénario avec méthanisation a été établi sur la base du respect de la réglementation et de la mise en place des bonnes pratiques agricoles et d'exploitation des unités de méthanisation.

5 indicateurs détaillés

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) a permis de mesurer l'impact de la méthanisation sur 16 indicateurs environnementaux (classiquement quantifiés selon les normes ACV), dont 5 sont présentés en détail dans ce document.

Nom de l'indicateur	Pictogramme	Détail de l'impact sur l'environnement et l'homme
Changement climatique		Modification des équilibres climatiques (dont l'effet de serre), majoritairement provoquée par les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4) et de protoxyde d'azote (N_2O).
Particules fines		Pollution en suspension dans l'air, principalement issues des fumées de combustion et pouvant présenter un risque sanitaire. Des gaz comme le N_2O , le SO_2 ou le NH_3 en sont aussi des précurseurs.
Eutrophisation marine		Enrichissement excessif d'un milieu aquatique en nutriments (dont les nitrates) impliquant à termes une réduction de la biodiversité, pouvant aller jusqu'à l'asphyxie du milieu (phénomène à l'origine des algues vertes).
Épuisement des ressources énergétiques		Indicateur de l'utilisation des ressources énergétiques fossiles et nucléaires (uranium).
Épuisement des ressources métalliques et minérales		Indicateur de l'utilisation de ressources métalliques et minérales non renouvelables : cuivre, potasse, terres rares, sables, etc.

L'IMPACT DES PRATIQUES AGRICOLES SUR L'ENVIRONNEMENT

POIDS DES PRATIQUES ET USAGES DANS LA SITUATION SANS METHANISATION



Le changement climatique est principalement influencé par l'utilisation de gaz naturel par le territoire et la gestion des effluents (stockage et épandage).



L'eutrophisation marine est liée à la perte de l'azote excédentaire par lixiviation des nitrates, et aux pertes d'ammoniac durant les étapes de stockage et d'épandage des effluents d'élevages.



Les émissions de particules fines sont essentiellement liées au **stockage et à l'épandage des effluents agricoles**, (96 % pour le scénario «Élevage» - Cf. figure ci-dessous), sources d'émissions de protoxyde d'azote (N₂O) et d'ammoniac (NH₃) qui sont des précurseurs de particules fines.



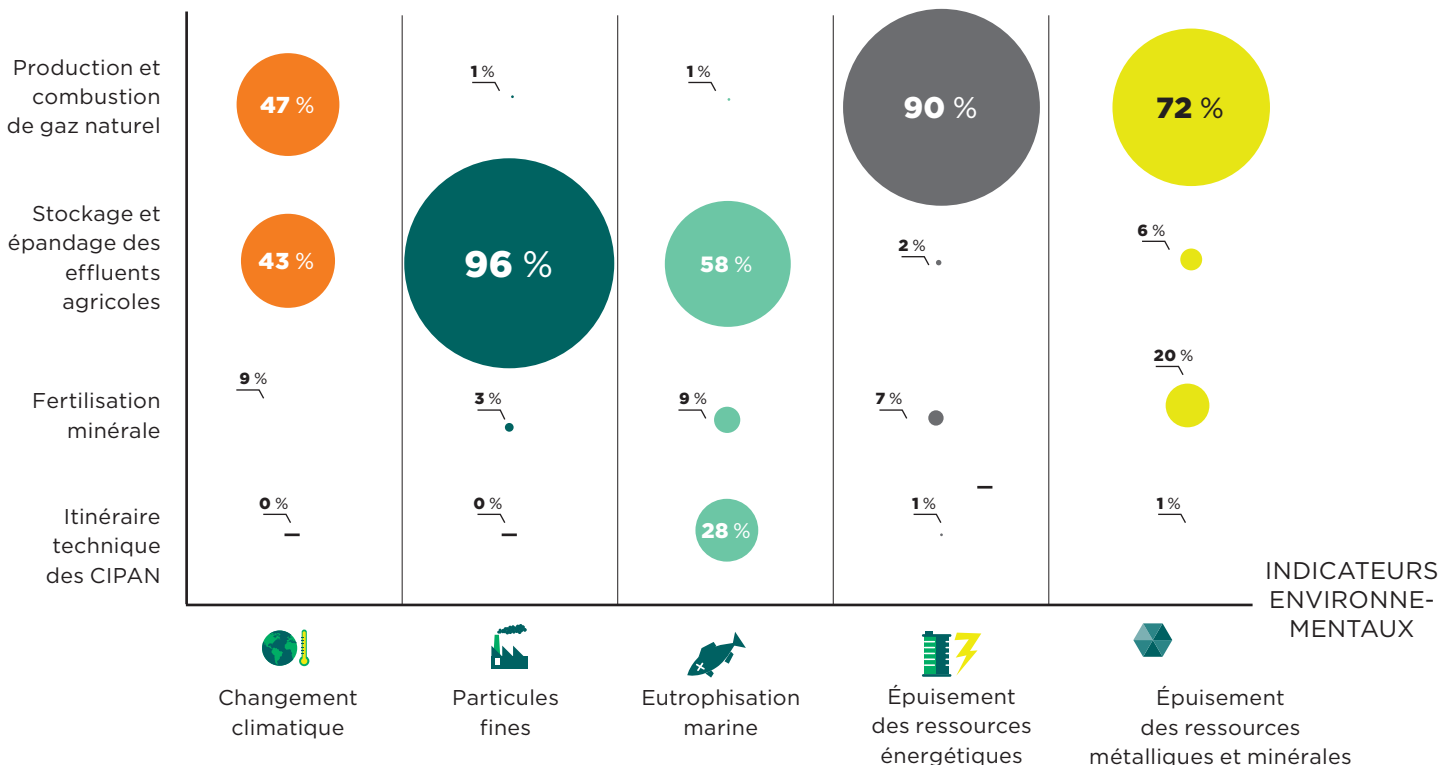
L'épuisement des ressources énergétiques est essentiellement **dû à la combustion de gaz naturel sur le territoire**.



L'épuisement des ressources métalliques et minérales est essentiellement **dû à la combustion de gaz naturel sur le territoire**.

Le graphique ci-dessous présente pour exemple le poids des pratiques et usages, sur les indicateurs environnementaux, d'une exploitation polyculture élevage sans méthanisation.

USAGES ET PRATIQUES



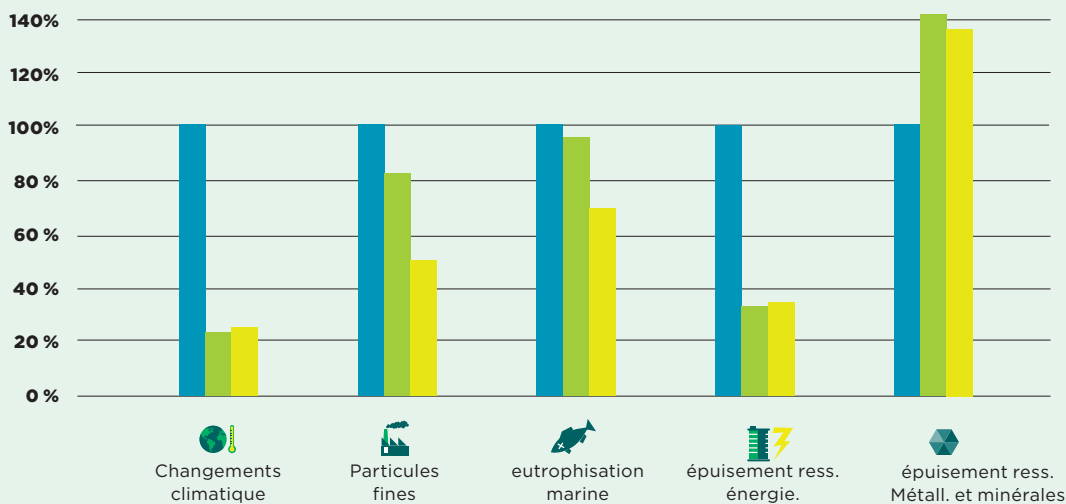
Poids des usages et pratiques sur les indicateurs environnementaux - Scénario «Élevage» sans méthanisation

LES BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA MÉTHANISATION

au moins **73 %**
des indicateurs environnementaux améliorés ou non influencés par la méthanisation

Dans les deux cas étudiés, la mise en œuvre d'une unité de méthanisation sur une exploitation agricole, qu'elle soit orientée en système « Élevage » ou « Culture », permet d'obtenir de meilleures performances environnementales sur la majorité des indicateurs de l'ACV.

Les scénarios « Culture » et « Élevage » sont détaillés en page 8



- Scénario de référence : « Culture » ou « Élevage » sans méthanisation
- Scénario « Culture » avec méthanisation
- Scénario « Élevage » avec méthanisation

Évolution des impacts environnementaux avec ou sans méthanisation pour les scénarios « Culture » et « Élevage »

L'impact de la méthanisation sur les indicateurs environnementaux est exprimé en comparaison de la situation de référence. Les valeurs de référence des scénarios « Culture » et « Élevage » sont, en valeur absolue et pour un même indicateur, différentes l'une de l'autre.

Ainsi, pour les 2 scénarios, la méthanisation améliore fortement l'impact des exploitations agricoles sur le changement climatique (-70 %) et sur l'épuisement des ressources énergétiques (-65 %).

Pour les indicateurs concernant les particules fines et l'eutrophisation marine, l'impact de la méthanisation pèse plus fort pour le scénario « Élevage » (avec une baisse respective de -50 % et -30 %) que pour le scénario « Culture » (baisse respective de -20 % et -5 %).

Enfin pour l'indicateur épuisement des ressources métalliques et minérales, les résultats d'impact avec méthanisation sont plus élevés pour les 2 scénarios, résultant d'une utilisation plus importante d'électricité avec la méthanisation. En effet, le recours au réseau électrique, intensif en métaux comme le cuivre, entraîne un résultat plus important pour le scénario avec méthanisation.

IMPACTS SUR LES INDICATEURS

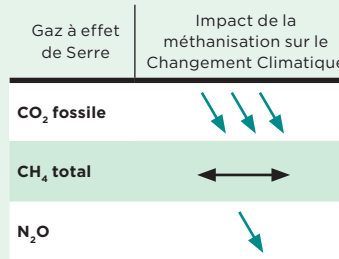
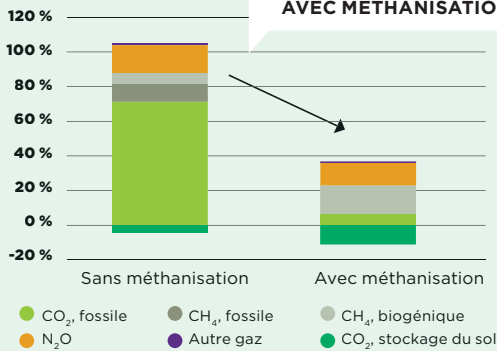
Pour le système « Culture » :

→ **7** indicateurs sont améliorés significativement, avec un gain de 20 % à 75 % par rapport à la référence sans méthanisation

→ **5** indicateurs ne sont pas significativement impactés

→ **4** indicateurs sont dégradés pour le scénario méthanisation : « radiation ionisante », « épuisement des ressources métalliques et minérales », « eutrophisation d'eau douce » et « épuisement des ressources en eau ». Ces résultats sont le fait d'une plus grande utilisation d'électricité issue du mix français.

- 75 %
D'IMPACT SUR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE DANS LE SCÉNARIO « CULTURE » AVEC MÉTHANISATION



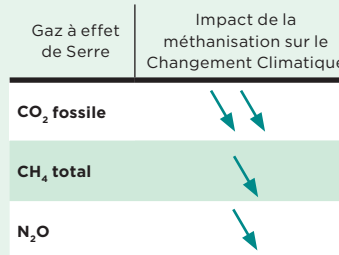
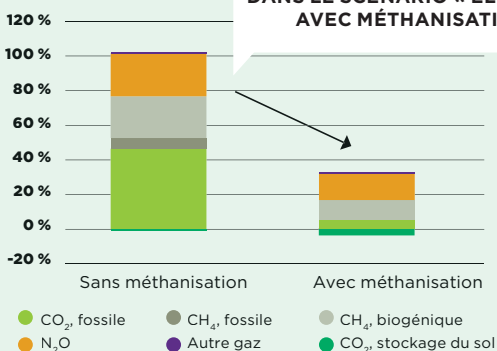
Pour le système « Élevage » :

→ **9** indicateurs sur 16 sont améliorés. Les bénéfices de la méthanisation sont plus forts pour une exploitation en polyculture élevage que pour une exploitation céréalière.

→ **5** indicateurs ne sont pas significativement impactés

→ **2** indicateurs sont dégradés du fait d'une plus grande utilisation d'électricité issue du mix français : « radiation ionisante » et « épuisement des ressources métalliques et minérales ».

- 71 %
D'IMPACT SUR LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE DANS LE SCÉNARIO « ÉLEVAGE » AVEC MÉTHANISATION



RÉSULTATS ET BONNES PRATIQUES

1 La production d'un gaz renouvelable

La combustion du gaz naturel génère des émissions de CO₂ (qui participent au réchauffement climatique) et concourt à l'épuisement des ressources énergétiques.

La substitution de l'utilisation du gaz naturel par le biométhane (gaz renouvelable), permet de limiter ces impacts.

2 L'amélioration de la fertilisation

La méthanisation permet d'optimiser la gestion de la fertilisation par différents moyens :

- La production d'un engrais azoté efficace, grâce à la minéralisation de l'azote organique des effluents agricoles (fumier, lisier) et des résidus de cultures (pailles).
- La production de nouvelles sources d'engrais azoté minéralisé, grâce à la méthanisation de cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE) ou d'autres biodéchets du territoire.

La production d'un azote organique local et efficace permet aux agriculteurs de diminuer leur recours aux engrais chimiques.

3 La gestion optimisée des effluents

Sans méthanisation, les effluents agricoles sur les exploitations agricoles :

- Sont généralement stockés en bout de champ ou sur fumière pour les fumiers, dans des fosses non couvertes pour les lisiers, pour une durée de 4 à 9 mois.
- Émettent, durant ces périodes de stockage, des gaz dans l'atmosphère : NH₃, N₂O, CH₄ et CO₂ (l'agriculture est ainsi responsable de 97 % des émissions de NH₃ en France).

Avec l'ajout d'une unité de méthanisation sur l'exploitation, les déjections animales sont stockées très peu de temps (< 8 jours) avant d'être introduites dans le digesteur en vue de valoriser au mieux leur contenu énergétique. Ainsi, les émissions gazeuses dans l'atmosphère sont largement réduites.

4 Optimiser le stockage et l'épandage des digestats

Fortement minéralisé, le digestat peut émettre des gaz (NH₃, N₂O, CH₄) dans l'atmosphère lors de son stockage et de son épandage.

- **La couverture du stockage de digestat liquide**, ainsi que la valorisation de biogaz récupéré, permettent de limiter la volatilisation de NH₃ et de N₂O et de produire plus de gaz d'origine renouvelable. Ces pratiques améliorent de **20 % la réduction de l'impact sur le changement climatique et sur les particules fines.**
- **L'épandage par enfouissement direct des digestats liquide et solide dans le sol** limite considérablement la volatilisation de NH₃. Cette pratique améliore de 25% et de 50% la réduction de l'impact des particules fines, respectivement pour le scénario «Élevage» et «Culture».

La couverture du stockage du digestat étanche au gaz et l'épandage du digestat par enfouissement sont primordiales pour que la situation avec méthanisation soit favorable sur le changement climatique et sur les particules fines.

Sans l'application de ces bonnes pratiques, l'impact de la situation avec méthanisation sur les particules fines pourrait augmenter jusqu'à 2,5 fois par rapport à la situation de référence.

5 L'importance des cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)

L'implantation de CIVE à la place d'une CIPAN permet :

- De diminuer la lixiviation de nitrates et l'érosion du sol, ce qui limite l'eutrophisation de l'eau douce et marine.
- D'augmenter le potentiel de stockage de carbone dans le sol (+ 4,3 tC/ha stocké sur 20 ans) et ainsi de limiter l'impact sur le changement climatique.
- De générer une ressource supplémentaire de production de biogaz.

L'introduction de 20 % de légumineuses en mélange dans la CIVE permet de fixer de l'azote atmosphérique et donc de limiter le recours aux engrais de synthèse. Dans le scénario « Culture », cela diminue de 50 % l'épuisement des ressources en eau, de 13 % l'épuisement des ressources métalliques et minérales et de 14 % l'eutrophisation des eaux douces.

PRÉSENTATION DES SCÉNARIOS « CULTURE » ET « ÉLEVAGE »

Informations générales

LE MÉTHANISEUR

- Valorisation de l'énergie: injection du biométhane sur le réseau
- Débit injecté : 100 Nm³/h
- Technologie : voie liquide en infiniment mélangé
- Température de digestion : mésophile

LOGISTIQUE DES EFFLUENTS

- Sans méthanisation : Stockage non couvert des effluents durant 180 jours, puis épandage du lisier avec une tonne et buse palette et épandage du fumier avec un épandeur
- Avec méthanisation : Stockage couvert des effluents durant 8 jours

LOGISTIQUE DES DIGESTATS

- Séparation de phase du digestat brut
- Stockage du digestat liquide couvert avec récupération du biogaz et épandage avec rampe pendillards
- Épandage du digestat solide avec un épandeur à fumier, puis incorporation à la charrue dans les 12 h

Scénario « Culture »

Type de matières	Quantité (t/an)
Fumier bovin	2 730
Lisier porcin	1 630
CIVE d'hiver	5 450
Paille	1 090
TOTAL	10 900



©Ariège Biométhane / Arkolia Énergies

Scénario « Élevage »



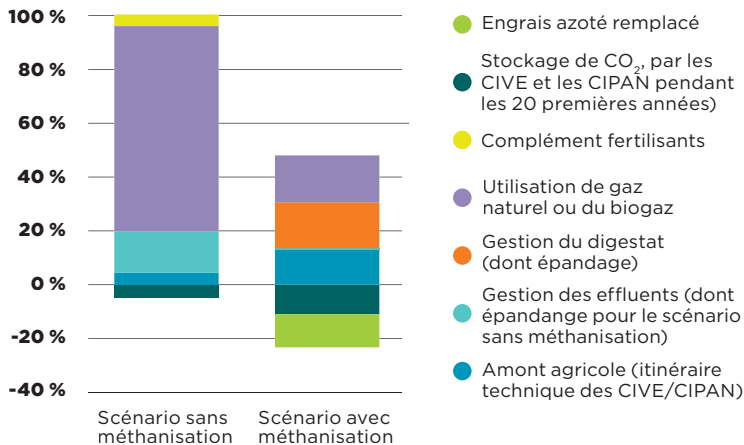
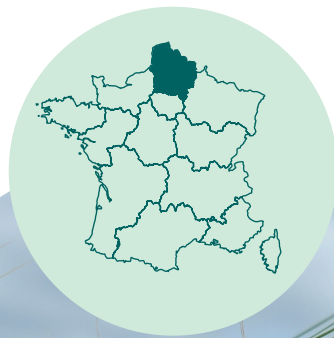
©Bioénergie de la Brie / GRDF

Type de matières	Quantité (t/an)
Fumier bovin	7 530
Lisier porcin	19 600
CIVE d'hiver	3 930
Paille	1 640
TOTAL	32 700

PRATIQUES ET IMPACTS

SCÉNARIO CULTURE

4 POINTS À RETENIR



Scénario « Culture » - Comparaison de l'impact sur le changement climatique, avec et sans méthanisation



1 La production d'un gaz renouvelable

Cette unité de méthanisation produit 100 Nm³/h de biométhane et permet ainsi de substituer la consommation en gaz fossile de 594 foyers.

Ainsi, par rapport à la situation de référence, cette production de gaz renouvelable permet la réduction de 65 % des impacts changement climatique et épuisement des ressources énergétiques. La production de CIVE permet d'augmenter la réduction d'impact sur le changement climatique de 12 % en stockant plus de carbone dans le sol, soit une réduction total d'impact sur cet indicateur de 75%.

2 L'amélioration de la fertilisation organique

Sans l'étape de méthanisation, les effluents agricoles et les cultures intermédiaires génèrent une production de 47 t/A d'azote total, dont seulement 35 % sous forme d'azote directement efficace pour la plante (soit 17 t N-NH₄/a). Le traitement des matières par méthanisation va permettre la minéralisation de 20 t N/a supplémentaire, soit une teneur en azote efficace de 76 % dans le digestat.

3 La gestion optimisée des effluents et du digestat

Les lisiers et les fumiers représentent 40 % des tonnages entrants dans le méthaniseur. Sans méthanisation, ces quantités sont responsables de 95 % des émissions de particules fines (stockage et épandage).

Avec méthanisation, la gestion optimisée des effluents et du digestat permet de diminuer cet impact de 20 %.



La logistique du digestat est globalement plus impactante sur les gaz à effet de serre que celle de la fertilisation minérale (consommation de fioul plus importante liée à des volumes à épandre plus importants, avec du matériel plus lourd). Néanmoins les bénéfices restent largement excédentaires en faveur de la fertilisation avec le digestat.

4 L'importance des CIVE

Les CIVE représentent 50 % de la ressource brute méthanisée et 65 % du biométhane produit.

L'implantation de CIVE à la place de CIPAN permet de stocker 940 t de carbone sur 20 ans à l'échelle du projet et améliore de 12 % la réduction d'impact sur le changement climatique.

La CIVE permet d'améliorer l'impact sur l'eutrophisation marine de 5 % par rapport à une CIPAN.

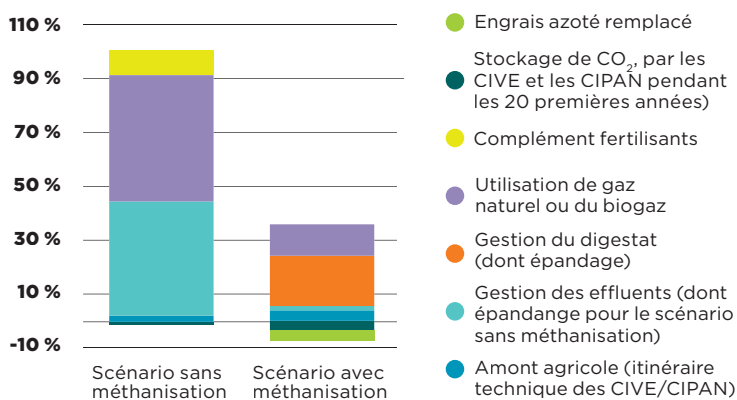


La méthanisation des effluents agricoles n'a pas d'impact sur le retour au sol de la matière organique stable, l'implantation de CIVE augmente les apports en carbone du sol.

PRATIQUES ET IMPACTS

SCÉNARIO ELEVAGE

4 POINTS À RETENIR



Scénario « Élevage » - Comparaison de l'impact sur le changement climatique, avec et sans méthanisation

1 La production d'un gaz renouvelable

Cette unité de méthanisation produit 110 Nm³/h de biométhane et permet ainsi de substituer la consommation en gaz fossile de 665 foyers. Ainsi, par rapport à la situation de référence, cette production de gaz renouvelable assure la réduction de 70 % de l'impact du changement climatique et permet de limiter l'épuisement des ressources énergétiques (réduction de 65 % de l'impact).

2 L'amélioration de la fertilisation

Sans l'étape de méthanisation, les effluents agricoles et les CIVE génèrent une production de 132 t/a d'azote total, dont 50 % sous forme d'azote directement efficace pour la plante (soit 67 t N-NH₄/a). Le traitement des matières par méthanisation va permettre d'augmenter la part d'azote efficace à 78 % dans le digestat (soit 103 t N-NH₄/a).

3 La gestion optimisée des effluents et du digestat

Les fumiers et lisiers représentent 83 % des tonnages entrants dans le méthaniseur. Sans méthanisation, ces quantités sont responsables de 96 % des émissions de particules fines (stockage et épandage). Avec méthanisation, la gestion optimisée des effluents et du digestat permet de diminuer cet impact de 50 %.

4 L'importance des CIVE

Dans ce projet, du fait de leur faible proportion dans l'approvisionnement du méthaniseur pour ce scénario (12 % des tonnages entrants), les CIVE n'influencent qu'à la marge les résultats de l'ACV.

L'impact de la CIVE sur le stockage du carbone dans le sol est moins important en substitution d'une culture intermédiaire piège à nitrates (CIPAN) que par rapport à une période en sol nu. Les CIVE permettent de stocker 4,3 t de carbone/ha supplémentaire sur une période de 20 ans par rapport à une CIPAN, soit 675 tonnes de carbone à l'échelle du projet.



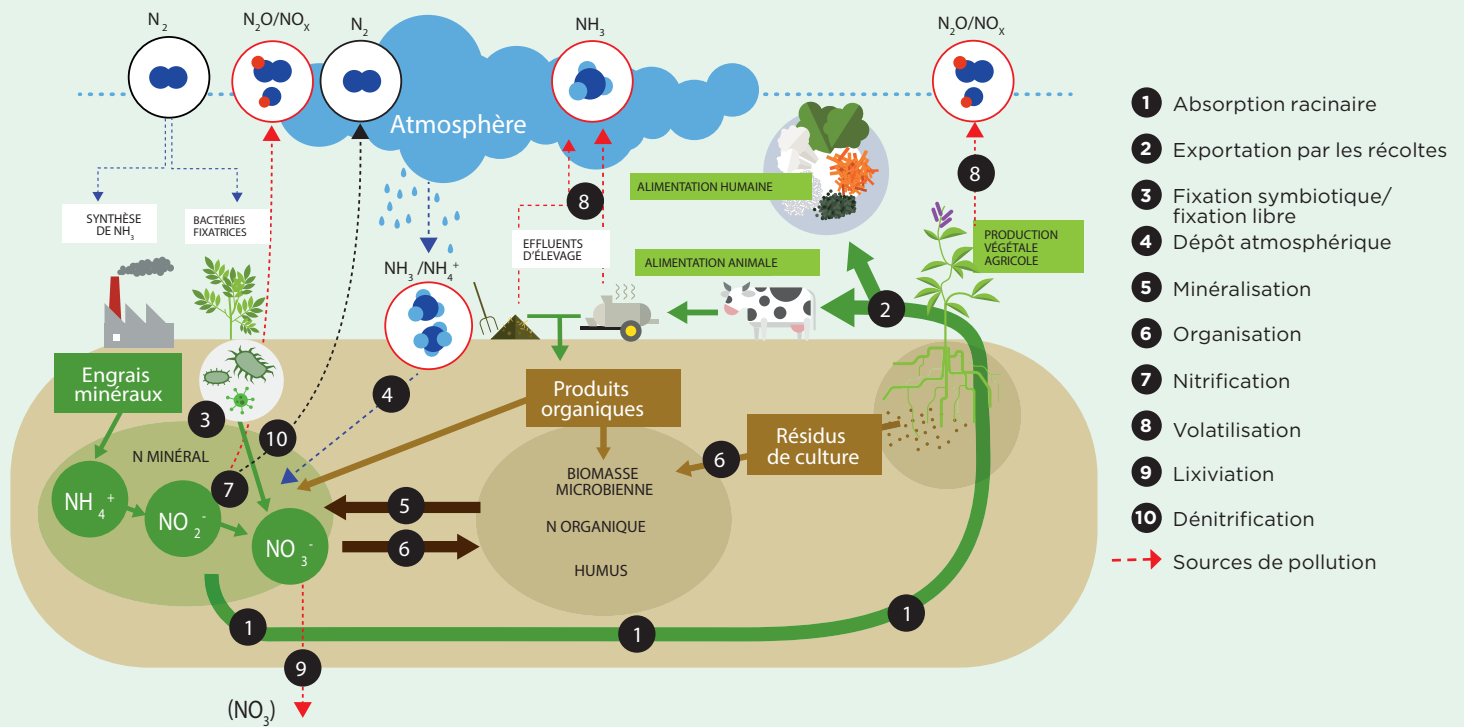
Sur les 31 exploitations de Méthaloe, orientées en polyculture élevage, toutes productions confondues (bovin, porcin, caprin, ovin), l'économie d'engrais azoté minéral est estimée dans les faits à 19,5 kgN/ha/an, pour des apports de référence de 90 kgN/ha de surface agricole utile. Sur le terrain, l'utilisation optimisée du digestat demande l'acquisition d'un savoir-faire propre au digestat, que les porteurs de projet mettent quelques années à acquérir.



La production de CIVE génère des émissions supplémentaires (consommation de fioul augmentée pour conduire la culture, augmentation de la fertilisation à l'échelle de la rotation) mais cette surconsommation est largement compensée par la production de biométhane renouvelable issu des CIVE.

POUR UNE MEILLEURE COMPRÉHENSION

Le cycle de l'azote en agriculture



ÉLÉMENT INDISPENSABLE À LA VIE, L'AZOTE PEUT ÉGALEMENT GÉNÉRER DES POLLUTIONS :

- **la volatilisation de l'ammoniac :** gaz polluant précurseur de particules fines et de l'acidification des eaux.
- **le lessivage des nitrates :** l'excès de nitrates dans les eaux conduit au phénomène d'eutrophisation.

- **la production de protoxyde d'azote** (N_2O), puissant gaz à effet de serre (298 fois le potentiel de réchauffement global du gaz carbonique), également responsable de la réduction de la couche d'ozone.

Les bonnes pratiques agricoles, associées à la méthanisation, permettent de limiter les risques de pollution azotée

Les cultures intermédiaires

Les cultures intermédiaires sont implantées entre deux cultures, dites principales, qui arrivent à maturité en fonction du débouché visé (alimentaire ou énergétique). Elles valorisent le rayonnement solaire, normalement perdu lorsque le sol est nu. Ces cultures intermédiaires ont d'abord été développées pour rendre des services environnementaux, c'est le cas des CIPAN.

CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrate - est une interculture implantée pour capter l'azote résiduel du sol, à l'issue de la culture de vente précédente, afin de limiter le risque de pollution des eaux par les nitrates. Leur implantation est obligatoire dans les zones dites « vulnérables ». Leur conduite culturale est généralement réduite à son minimum pour assurer la couverture du sol; leur destruction est généralement mécanique (par le gel ou par broyage). La quantité de biomasse produite est généralement faible (2 à 4 t de matière sèche /ha).

CIVE : Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique - est une interculture implantée afin de produire une nouvelle source de biomasse énergétique, sans concurrence avec la production alimentaire. Sa conduite culturale est optimisée pour maximiser la production de biomasse (6 à 8 t de matière sèche /ha).

Elle rend les mêmes services environnementaux que les autres couverts intermédiaires (avec parfois de meilleurs résultats), mais profite d'une valorisation économique, grâce à la production énergétique associée. Leur valorisation en méthanisation permet de remplacer une énergie fossile et leur rendement optimisé génère une augmentation du stockage du carbone dans le sol par rapport aux CIPAN, ce qui permet de limiter le réchauffement climatique.



POUR ALLER PLUS LOIN :

L'étude détaillée
« ACV du biométhane agricole »
est en ligne :

<https://www.inrae.fr/actualites/bilan-environnemental-methanisation-agricole-etude-acv-inedite>

www.solagro.org/methalae

www.infometha.org

www6.montpellier.inrae.fr/it-e

www.bilans-ges.ademe.fr

www.methafrance.fr

CONTACTS :

SOLAGRO : solagro@solagro.asso.fr

INRAE Transfert : contact@it-e.fr