

◆ Rapport scientifique

MÉTHANISATION

Année 3

Module : FHES

Responsable du module : Emmanuelle ATHIMON



Stephane Weynand from Bruxelles, Belgique (Europe), CC BY-SA 2.0, via Wikimedia Commons

ISEN
ALL IS DIGITAL!
QUEST



GrandBout, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons



Créativité Nature, nhl, 2016, Usine de biogaz avec des vaches à la ferme, istockphoto.com

Nicolas
BEUNON

Carla
BOSSUYT

Théo
LAGALLE

Antoine
LE BOULCH

Table des matières

Introduction	3
Préambule	3
La méthanisation agricole, comment ça marche ?	4
I- La méthanisation : les processus techniques et leur répartition	8
II- Environnement	10
A) Gaz produits.....	10
Gaz renouvelables : Les avantages de la méthanisation	10
Les risques potentiels des gaz issus de la méthanisation.....	11
La valorisation du CO2.....	11
B) Digestat	13
Le digestat de Méthanisation : la transformation des déchets en richesse.....	13
Digestat de Méthanisation : Entre promesses et réalités	15
III- Les agriculteurs	18
A) L'avis des agriculteurs	18
Les agriculteurs comme acteurs clés de la transition énergétique	18
Agriculteurs en opposition : comprendre les raisons de leur réserve	19
B) La rentabilité	21
La méthanisation comme source de revenus durables.....	21
Les obstacles financiers de la méthanisation	26
C) Et les terres cultivables ?	27
La méthanisation agricole : l'art de Cultiver pour l'énergie	27
Terres cultivables sacrifiées : les conséquences de la méthanisation.....	28
IV- Soutien (ou non) des populations locales et des institutions.....	29
A) Engagement des locaux	29
L'engagement local dans la méthanisation : un soutien solide	29
L'opposition des communautés locales à la méthanisation	30
B) Aides et financements de l'Etat / UE	32
Conclusion :.....	35
Bibliographie.....	37
Annexe 1	42
Annexe 2	44

Introduction

Préambule

De nos jours, l'environnement est au cœur de toutes nouvelles innovations. Ingénieurs, designers, agriculteurs, ... ; tous se sont rendu compte de l'impact de leurs actions sur la planète. Cette prise de conscience très tardive a vu le jour seulement dans les années 1972 lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement à Stockholm, première conférence mondiale qui fait de l'environnement une question majeure¹. L'émergence de la question environnementale a vu naître toute sorte de nouvelles méthodes pour produire de l'énergie. Le processus de formation de biogaz est alors devenu de plus en plus répandu. D'après le Robert, le biogaz représente le gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales². Le processus de la création du biogaz se nomme la méthanisation. Outre la création d'énergie (biogaz), la méthanisation permet également de créer du fertilisant, appelé digestat.

Cependant, comme c'est le cas avec toutes les nouvelles avancées énergétiques, les opinions varient. Beaucoup de gens n'expriment d'opinion tant qu'ils ne voient pas ces innovations se concrétiser près de leur domicile. Tout comme dans le cas de l'énergie éolienne, les populations y sont favorables tant qu'elles ne sont pas confrontées à l'apparition d'éoliennes géantes dans leur paysage visuel. En ce qui concerne la méthanisation, certaines personnes commencent à s'opposer lorsque l'implantation d'un site de méthanisation susceptible de générer une pollution (notamment olfactive) est envisagée à proximité de leur résidence.

Dans ce rapport scientifique, nous allons nous focaliser sur les méthaniseurs « à la ferme » en France, dont certains sont en partenariat avec des collectivités.

¹ NATIONS, United. Conférence des Nations Unies sur l'environnement, Stockholm 1972 | Nations Unies. Dans : *United Nations* [en ligne]. United Nations, [s. d.]. [Consulté le 19 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.un.org/fr/conferences/environment/stockholm1972>.

² *biogaz - Définitions, synonymes, conjugaison, exemples* | *Dico en ligne Le Robert* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 19 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/biogaz>.

La méthanisation agricole, comment ça marche ?

La méthanisation, ou autrement appelé dans le domaine scientifique : la digestion anaérobie, est la transformation chimique, par le biais d'un écosystème microbien complexe, de la matière organique en biogaz qui est composé en partie de méthane et de gaz carbonique. La méthanisation se produit donc de manière spontanée dans la nature, comme dans les marais, les lacs, ou même dans nos intestins³ et celui des vaches... En effet, la digestion de l'herbe par les vaches et leur rejet de méthane dans l'atmosphère est l'exemple le plus connu de la digestion anaérobie.

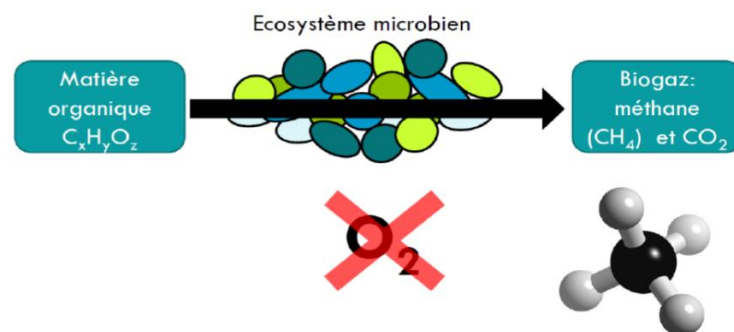


Figure 1 Principes de la méthanisation. Dans : CAMPUS METIERS NATURE COUTANCES [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.campusagri.fr/exploitation-agricole/methanisation__trashed/principes/.

De part ces observations, les méthaniseurs en tant que réelle production de biogaz, voient le jour et se développent de plus en plus au fil des années :

³ Méthanisation de la biomasse. Dans : *Techniques de l'Ingénieur* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-bioprocédés-et-bioproductions-tiabi/archive-1/methanisation-de-la-biomasse-bio5100/>.

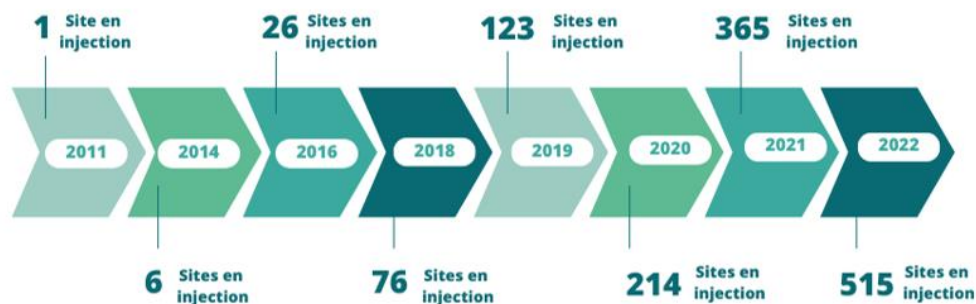


Figure 2 : GRDF - Projet Méthanisation | La dynamique du marché. Dans : projet-méthanisation [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://projet-methanisation.grdf.fr/>.

Nous pouvons synthétiser le fonctionnement technique d'un méthaniseur de la façon suivante :

L'appareil est composé d'une cuve appelée cuve de fermentation. Dans celle-ci, des bactéries viennent opérer un processus biologique de fermentation appelé la digestion anaérobie.

Celui-ci prend en entrée des matières organiques, principalement de deux types :

- Issues d'animaux → déjections des animaux d'élevage ;
- Issues de végétaux → CIVE (culture intermédiaire à vocation énergétique) et résidus de culture.

Celui-ci produit dans le digesteur, en l'absence d'oxygène et à une température de 38°C :

- Du biogaz : « Gaz, principalement composé de méthane, produit par la décomposition de la matière organique et fournissant une énergie renouvelable »⁴.
- Du digestat : « Résidu du processus de méthanisation »⁵.

⁴ LAROUSSE, Éditions. *Définitions : biogaz - Dictionnaire de français Larousse* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 1 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/biogaz/9415>.

⁵ LAROUSSE, Éditions. *Définitions : digestat - Dictionnaire de français Larousse* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 1 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/digestat/188278>.

LE FONCTIONNEMENT D'UN MÉTHANISEUR

en anaérobiose à 38 °C

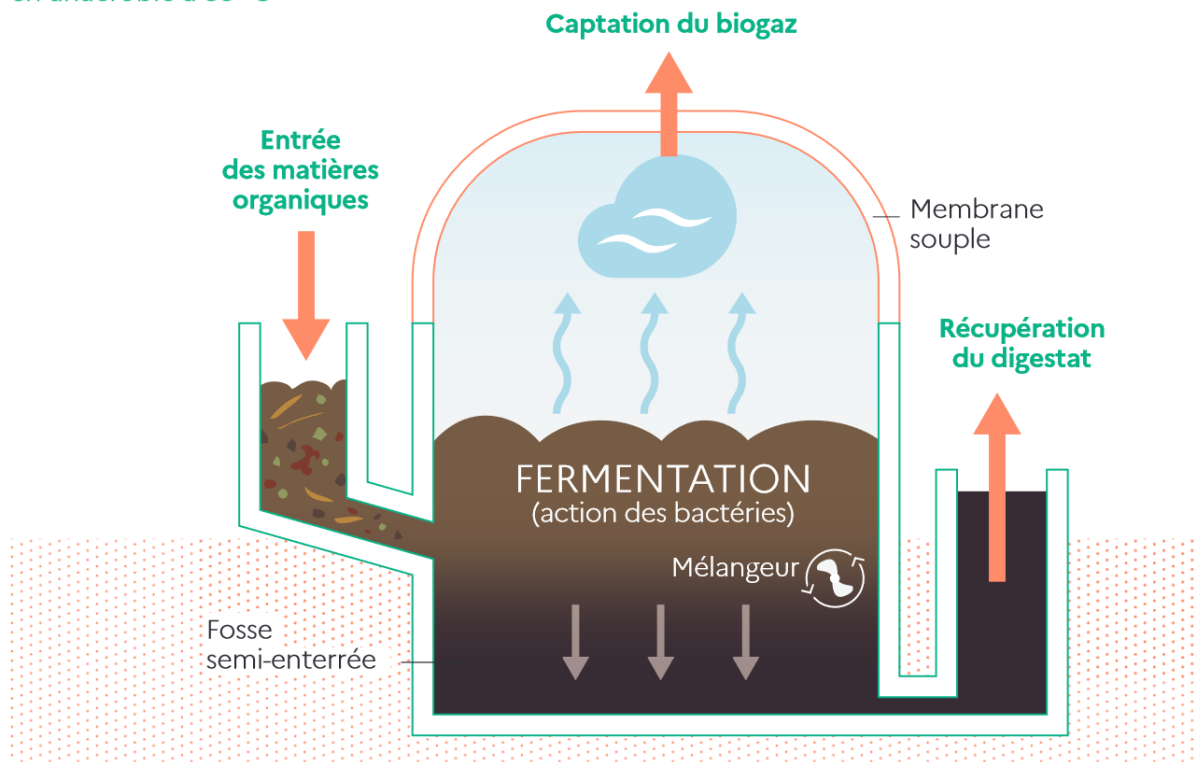


Figure 3 : Le fonctionnement d'un méthaniseur ADEME. La méthanisation en 10 questions [en ligne]. Septembre 2023. [Consulté le 9 octobre 2023]. Clés pour Agir. Disponible à l'adresse : <https://librairie.ademe.fr/cadic/6475/guide-methanisation-en-10-quest>

Ces produits issus du processus de méthanisation peuvent avoir différents usages :

En ce qui concerne le biogaz (aussi appelé biométhane), il a pour but de produire de l'énergie soit en étant utilisé directement (chauffage des installations agricoles par exemple) ou convertit en électricité⁶. Dans ces cas, on parle de cogénération. Il est aussi possible pour le producteur de revendre ce biogaz et de l'injecter dans le réseau de gaz : il s'agit ici d'une installation en injection.

Le digestat quant à lui peut servir de fertilisant pour les sols.

⁶ REPORTERRE. La méthanisation, l'usine à gaz qui séduit les gros agriculteurs. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/la-methanisation-l-usine-a-gaz-qui-seduit-les-gros-agriculteurs>.

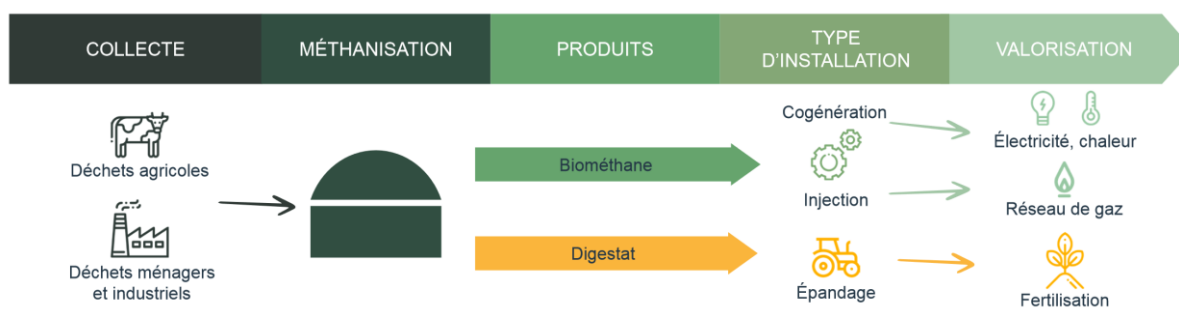


Figure 4 : "QU'EST- CE QUE LA MÉTHANISATION ?", dans MÉTHANISATION, QUALITÉ DE L'AIR ET ODEURS RÉSULTATS DU PROJET EPIQUE-FM JUILLET 2023

I- La méthanisation : les processus techniques et leur répartition

Il existe cinq types d'installations de méthanisation⁷ :

- 1- Tout d'abord celle qui vient en premier à l'esprit du grand public, la méthanisation dite « à la ferme » ou « agricole ». Ce processus de méthanisation vient mettre à contribution les déchets organiques générés par les animaux présents sur l'exploitation agricole. Ces projets sont portés par un agriculteur ou un collectif d'agriculteurs. Cela représente une grande majorité des unités de méthanisation en France⁸.
- 2- La méthanisation des boues de station d'épuration (ou méthanisation des boues). Cette méthode utilise le sous-produit créé par le traitement des eaux usées afin de les revaloriser tout en diminuant leur quantité, le tout en créant de l'énergie. Ce type de site est généralement géré par un industriel.
- 3- Celle dans les ISDND (Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux) mettant à profit les déchets des sites d'enfouissement. La décomposition de ces déchets produisant des gaz, ils sont récupérés puis après traitement, injectés dans le réseau. Ici aussi, ce type de site est généralement géré par un industriel.
- 4- La méthanisation industrielle traite en majorité les sous-produits créés par l'industrie.
- 5- La méthanisation territoriale ou centralisée vient valoriser les déchets ménagers complétés par des déchets verts ou des résidus de culture. Ces sites sont gérés par des collectivités.

⁷ GRDF - Projet Méthanisation | Les typologies des sites en injection. Dans : *projet-methanisation* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://projet-methanisation.grdf.fr/>.

⁸ Unités de méthanisation - France métropolitaine - 2020. Dans : *geo.data.gouv.fr* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://geo.data.gouv.fr/fr/datasets/509aa28b590be07b8b376d25e0be2613aacf71fd>.

Répartition des types d'installations de méthanisation en France en 2020

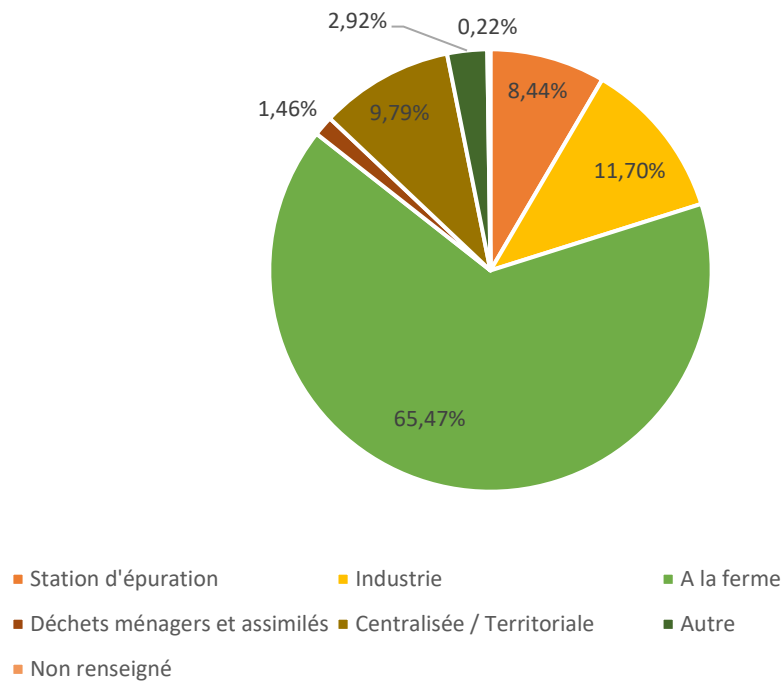


Figure 5 Répartition des types d'installations de méthanisation en France en 2020, par Antoine LE BOULCH d'après les données de : data.gouv.fr (Unités de méthanisation - France métropolitaine - 2020. Dans : geo.data.gouv.fr [en ligne]. [s. d.].

Sur cette figure, on remarque une majorité de méthaniseurs à la ferme. Malgré leur dominance en France, beaucoup s'y opposent et c'est pourquoi nous avons décidé les étudier.

II- Environnement

A) Gaz produits

Gaz renouvelables : Les avantages de la méthanisation

La méthanisation est une énergie renouvelable, elle a la capacité de produire de l'énergie avec une matière première inépuisable et facile d'accès, qui est le fumier ou le lisier agricole, et elle se substitue en ce sens aux énergies non-renouvelables, le charbon, le pétrole, le gaz naturel et le nucléaire. Elle permet en partie de remplacer un pourcentage conséquent d'énergies fossiles en énergie renouvelable dans un pays. Le biogaz sortant du méthaniseur est composé majoritairement de méthane CH_4 , entre 50% et 70% en fonction des méthaniseurs. Ainsi, pour s'affranchir de nombreux traitements pour avoir la concentration de méthane la plus élevée et donc pour avoir le gaz le plus pur possible, la combustion directe du biogaz afin de produire de la chaleur, dans les chaudières par exemple, serait la solution la plus facile à mettre en œuvre. Ces chaudières à biogaz ont un assez bon rendement de 90%, et de plus sont fiables⁹.

L'Allemagne est le premier pays à avoir mis l'accent sur le processus de méthanisation, et l'a adapté en fonction du besoin d'énergie du pays. Le pays dépend beaucoup de la Russie pour ses importations de gaz. S'ajoutant à cela, l'actuel contexte de la guerre en Ukraine, l'Allemagne essaye de réduire sa dépendance énergétique et donc d'augmenter les productions d'énergie diverses. La méthanisation produit 1% de l'énergie du pays, et ce chiffre est voué à augmenter. Néanmoins, le gouvernement allemand a à la fois volonté d'augmenter la production de gaz vert, mais pose cependant des barrières réglementaires qui empêchent la fédération allemande des producteurs de biogaz de lancer plus activement cette production¹⁰.

⁹ HESS, Jonathan. *Modélisation de la qualité du biogaz produit par un fermenteur méthanogène et stratégie de régulation en vue de sa valorisation* [en ligne]. phdthesis. [S. l.] : Université Nice Sophia Antipolis, 14 décembre 2007. [Consulté le 13 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://theses.hal.science/tel-00257347>.

¹⁰ *Crise énergétique : l'Allemagne pourrait remettre le gaz sur la méthanisation* / *Connaissances des énergies* [en ligne]. 30 mars 2022. [Consulté le 9 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.connaissancedesenergies.org/afp/crise-energetique-lallemagne-pourrait-remettre-le-gaz-sur-la-methanisation-220330>.

Les risques potentiels des gaz issus de la méthanisation.

La méthanisation génère environ 50% de méthane, mais également environ 50 % de dioxyde de carbone¹¹. Le méthane n'est pas problématique, bien qu'il ait un potentiel de réchauffement 28 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone¹², il est directement utilisé ou injecté dans les réseaux de gaz. Ce n'est pas le cas du CO₂, qui lui va devoir être relâché dans l'air. En effet, si on veut utiliser ce biogaz à des fins domestiques en l'injectant dans le réseau de gaz de ville, il va falloir que ce gaz soit composé à plus de 96% de méthane, et pour cela il faut retirer le CO₂ contenu dans le gaz produit par la méthanisation¹³.

Ce CO₂ relâché dans l'air participera au réchauffement climatique en venant renforcer l'effet de serre¹⁴. En effet comme on le sait, le CO₂ ainsi que tout gaz à effet de serre rejeté dans l'atmosphère vient rompre l'équilibre entre l'énergie absorbée par la terre et son énergie restituée, conduisant à une hausse de la température. Le 6^{ème} rapport du GIEC annonce tout faire pour limiter ce réchauffement climatique car il estime que dès 2030 il atteindra les +1.5 °C et que le limiter à +2°C sera un vrai défi ce qui nous pousse à agir dans l'immédiat¹⁵. L'idée dans notre cas du méthaniseur, serait donc de tout faire pour limiter un maximum ces émissions de gaz carbonique.

La valorisation du CO2

Pour pallier ce problème, grâce aux innovations sociotechniques récentes dans le traitement des déchets en France, nous pouvons installer une unité d'épuration et de liquéfaction du CO₂ sur le site de méthanisation. Liquéfier le CO₂ permet donc de valoriser l'excédent produit. C'est le cas de 577 méthaniseurs français, dont l'exploitation de Guilers en Bretagne qui a décidé d'en mettre une en service au premier semestre 2024. Les "Biogaziers du bout du monde", un collectif composé de 9 éleveurs du Finistère Nord, ont investi 650 000 € afin de mettre en place

¹¹ Le gaz renouvelable, nouvelle production agricole. *Le Monde.fr* [en ligne]. 14 juin 2018. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/energies/article/2018/06/14/le-gaz-renouvelable-nouvelle-production-agricole_5314564_1653054.html.

¹² REPORTERRE. Méthanisation : un digestat bien indigeste pour les sols et les eaux. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/methanisation-un-digestat-bien-indigeste-pour-les-sols-et-les-eaux>.

¹³ HESS, Jonathan. *Modélisation de la qualité du biogaz produit par un fermenteur méthanogène et stratégie de régulation en vue de sa valorisation* [en ligne]. phdthesis. [S. l.] : Université Nice Sophia Antipolis, 14 décembre 2007. [Consulté le 13 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://theses.hal.science/tel-00257347>.

¹⁴ CO₂ et changement climatique | CNRS Terre & Univers [en ligne]. 18 mars 2021. [Consulté le 8 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.insu.cnrs.fr/fr/CO2-et-climat>.

¹⁵ Publication du 6e rapport de synthèse du GIEC. Dans : *Ministères Écologie Énergie Territoires* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/publication-du-6e-rapport-synthese-du-giec>.

ce projet, nommé “Breizh BioCO₂”. Ce CO₂ permet d’être revendu à des entreprises au lieu d’être rejeté dans l’atmosphère. Par exemple, les cultivateurs de serres en achètent pour favoriser la photosynthèse et augmenter de 20 à 30% leur rendement. Il y a également les abattoirs qui s’en servent pour étourdir leurs bêtes ou bien les industriels agroalimentaires qui s’en servent pour leur système de réfrigération. Ce projet “d’économie circulaire” permettra de générer 200 000€ de chiffre d'affaires à l’exploitation en produisant environ 1300 tonnes de “BioCO₂” en 2024 ce qui représente la consommation annuelle d’une serre de taille moyenne¹⁶.

Outre la liquéfaction, une autre solution existe pour valoriser le CO₂ produit par méthanisation : la méthanation. En faisant réagir le CO₂ produit avec de l’hydrogène (H₂), on réussit à former du méthane et de l’eau. La méthanation pourrait donc à terme trouver sa place sur les sites de méthanisation. La start-up Energo a basé en 2021 son premier prototype dans l’Oise. Ce prototype a fait ses preuves. Faisant la taille d’un micro-onde, ce réacteur permet de synthétiser 2 Nm³/h de méthane. Il y a également un électrolyseur qui produit de l’hydrogène à l’aide d’électricité, un système de valorisation de chaleur et un condenseur pour récupérer les calories et l’eau issus de la méthanation. La chaleur peut être utilisée pour chauffer le digesteur. Tous ces éléments tiennent dans un petit container. ¹⁷.

¹⁶ LANNUZEL, Étienne. Ces agriculteurs vont valoriser le CO₂ rejeté par leurs méthaniseurs, une première en Bretagne. Dans : *Ouest-France.fr* [en ligne]. 11 juillet 2023. [Consulté le 9 octobre 2023]. Disponible à l’adresse : <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/ces-agriculteurs-vont-valoriser-le-co2-rejete-par-leurs-methaniseurs-une-premiere-en-bretagne-8a5b3e04-1ff0-11ee-aaa7-17557ce412e6>.

¹⁷ Produire plus de méthane : La méthanation valorise le CO₂ du biogaz. Dans : *LaFranceAgricole* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 6 novembre 2023]. Disponible à l’adresse : <https://www.lafranceagricole.fr/methanisation/article/749509/la-methanation-valorise-le-co2-du-biogaz>.



Figure 6 Photo de la start-up Energo, devant son démonstrateur sur un site de méthanisation dans l'Oise.

B) Digestat

Le digestat de Méthanisation : la transformation des déchets en richesse

Les digestats sont actuellement les engrais organiques les plus utilisés en Bavière (état allemand) après le lisier Bovin. Le LfL (Office bavarois de l'agriculture, Institut pour l'agroécologie, l'agriculture et la protection des ressources) a réalisé une étude sur l'effet des digestats pour la faune du sol. La faune du sol apporte une aide précieuse à l'agriculture et fournit différents services écosystémiques élémentaires. Par exemple, les lombrics (espèce de vers de terre) améliorent la structure des sols grâce à leur activité de creusage. Le LfL a donc réalisé des expériences à l'aide d'organismes vivants, car ce sont d'excellents indicateurs de la fertilité des sols. Les différences constatées par l'étude entre les sols sans fertilisant organique et ceux fertilisés à l'aide de digestats indiquent que les digestats sont très attractifs pour les lombrics et sont exploités par ces derniers.

Analysons les effets sur la faune du sol avec différents types de fertilisants :

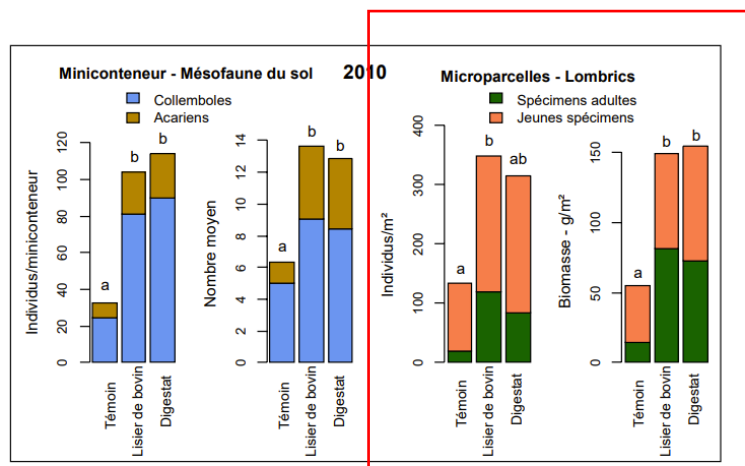


Figure 7 : Résultats de l'essai réalisé à Scheyern en 2010 (les lettres indiquent les différences significatives, test de l'écart de Tuckey par paires avec $\alpha = 0,05$)

BURMEISTER Johannes, WALTER Roswitha et FRITZ Maendy. Effets de la fertilisation des digestats issus de la méthanisation sur la faune du sol [en ligne]. 2015. [Consulté le 25 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.ambition-climat-energie.bzh/wp-content/uploads/2019/07/effet_des_digestats_sur_la_faune_du_sol_fr.pdf

Ce diagramme montre que le digestat est tout aussi attractif qu'un autre engrais organique (le lisier de vache) contrairement au témoin ne contenant aucun fertilisant.

Néanmoins, la quantité d'individus et la biomasse pour les lombrics en présence de digestat est légèrement inférieure à la quantité en présence du lisier bovin. En effet, le digestat contient une teneur en carbone plus faible, ce qui réduit son attractivité à court terme. Le digestat sert donc de nourriture à la faune du sol, mais n'est pas assimilable rapidement après l'épandage.

Analysons les effets sur la faune du sol avec différents types de fertilisants :

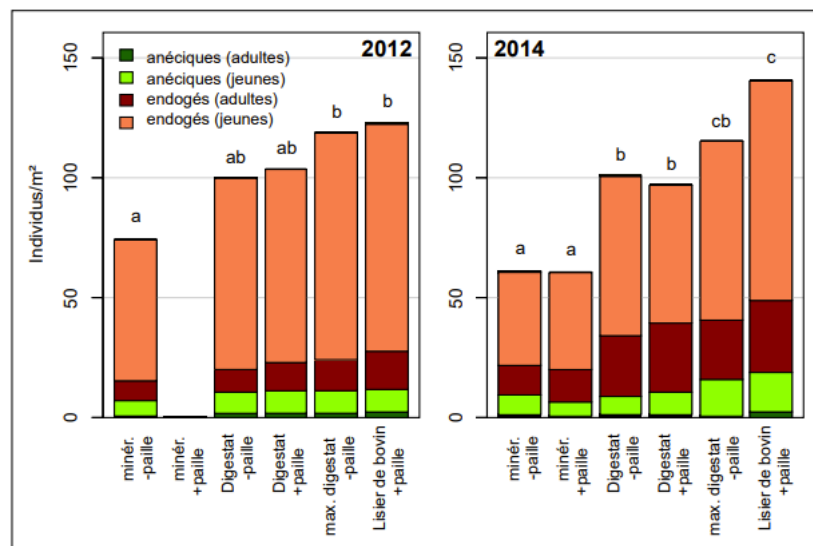


Figure 8 : Densité de colonisation des lombrics lors des essais sur les digestats réalisés en Bavière au terme de périodes de trois et cinq ans, en 2012 et 2014 (la variante minérale paille n'a pas été soumise à essai en 2012, les lettres indiquent les différences significatives, test de l'écart de Tukey avec $\alpha = 0.05$)

BURMEISTER Johannes, WALTER Roswitha et FRITZ Maendy. Effets de la fertilisation des digestats issus de la méthanisation sur la faune du sol [en ligne]. 2015. [Consulté le 25 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.ambition-climat-energie.bzh/wp-content/uploads/2019/07/effet_des_digestats_sur_la_faune_du_sol_fr.pdf

Sur ce diagramme, nous constatons que les digestats stimulent la croissance de la population de lombrics par rapport à la fertilisation minérale, mais leur impact est inférieur à celui du lisier de bovin. La quantité et, potentiellement, la qualité des matières organiques restituées semblent être la principale explication de cette différence.

Les impacts négatifs immédiats de l'épandage de digestats et d'engrais organiques sont courants, bien que non exclusifs. En règle générale, seuls quelques lombrics de l'ensemble de la population sont affectés, tandis que les avantages à long terme des engrais organiques sur les ressources alimentaires l'emportent. Selon les connaissances actuelles, il est recommandé d'éviter l'épandage lorsque le sol est excessivement humide et de ne pas utiliser des quantités excessives en une seule fois¹⁸.

Digestat de Méthanisation : Entre promesses et réalités

Le digestat produit est pourtant très critiqué par des scientifiques. En effet, le digestat est réputé pour être très volatil, l'ammoniac au contact de l'azote de l'air va s'oxyder et développer du protoxyde d'azote, un gaz à effet de serre 300 fois plus puissant que le CO₂¹⁹. Pour pallier cela, il faut construire de grosses cuves pour stocker le digestat.

Certains accidents peuvent arriver sur les sites de méthanisation. C'est le cas d'une cuve de digestat d'une centrale biogaz dans le Finistère qui a débordé et s'est écoulé jusqu'à l'Aulne, un fleuve côtier situé à 1km du méthaniseur. L'eau du fleuve était prélevée par une usine d'eau potable, mais celle-ci est devenue impropre à la consommation due à sa concentration d'ammoniac devenue trop élevée. Les habitants desservis par cette usine ont donc été en incapacité d'utiliser l'eau du robinet pour la boisson et le lavage des légumes et fruits consommés crus. Pour l'association Eau & Rivières de Bretagne, « *ce nouvel accident industriel sur un méthaniseur porte préjudice une nouvelle fois aux rivières finistériennes, après celui de la SA Beuzec-Cap-Sizun, il y a deux ans, qui avait anéanti 3 kilomètres de cours d'eau* »²⁰.

¹⁸ BURMEISTER, Johannes, WALTER, Roswitha et FRITZ, Maendy. *Effets de la fertilisation des digestats issus de la méthanisation sur la faune du sol* [en ligne]. 2015. [Consulté le 25 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.ambition-climat-energie.bzh/wp-content/uploads/2019/07/effet_des_digestats_sur_la_faune_du_sol_fr.pdf.

¹⁹ REPORTERRE. Méthanisation : un digestat bien indigeste pour les sols et les eaux. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/methanisation-un-digestat-bien-indigeste-pour-les-sols-et-les-eaux>.

²⁰ Dans le Finistère, 180 000 personnes privées d'eau potable après un incident de méthaniseur. *Le Monde.fr* [en ligne]. 20 août 2020. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/08/20/dans-le-finistere-180-000-personnes-privees-d-eau-potable-apres-un-incident-de-methaniseur_6049460_3244.html.

Un projet de méthanisation est en cours à Saint-Herblain et Indre, en Loire-Atlantique. Ce projet est prévu dans une zone inondable, ce qui risquerait de polluer la Loire en cas d'incident avec les digesteurs ²¹.

Les sites archéologiques sont menacés à cause des épandages de digestat. Un méthaniseur va s'installer à Gramat dans le département du Lot. Il accueillera des déchets d'abattoirs, de stations d'épuration des villes, de restauration collective, d'élevages industriels, de laitiers ... Ce méthaniseur va également recevoir le lisier contaminé en cas d'épidémie de grippe aviaire afin de l'éliminer. Le problème de tous ces intrants, c'est qu'ils contiennent des matières polluantes telles que des métaux lourds, des perturbateurs endocriniens, des pesticides ou encore des antibiotiques. Le digestat produit par la méthanisation de ces intrants sera épandu sur 6000 hectares dans le parc naturel des causses du Quercy et de Martel. Malgré l'hygiénisation dans le processus de méthanisation, celle-ci reste incomplète donc les extrants possèdent des matières polluantes ²².

L'hygiénisation est un traitement qui réduit à un niveau non-détectable les agents pathogènes présents dans la boue ²³.

Le digestat alors épandu va directement s'infiltrer dans les sols et sous-sols des Causses, une région calcaire déjà victime des épandages du lisier des élevages industriels. Cela risquerait donc de polluer les couches archéologiques et les gisements préhistoriques. Les infiltrations peuvent atteindre les parois des grottes ornées ²⁴.

La « modernisation » des activités agricoles conduit à l'augmentation des cheptels. Par exemple, l'élevage de cochon ne cesse d'augmenter en Bretagne, un territoire déjà saturé. L'élevage est favorisé notamment avec l'inauguration d'un méthaniseur à Lamballe en 2019, car les éleveurs peuvent maintenant revendre leurs lisiers pour créer de l'énergie.

²¹ « *La méthanisation, pas écolo du tout* » : à Saint-Herblain, des habitants refusent un projet [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/saint-herblain-44800/la-methanisation-pas-ecolo-du-tout-a-saint-herblain-des-habitants-refusent-un-projet-f7c77c80-e514-11ed-996f-20d54156ce51>.

²² « Non aux épandages polluants qui menacent les sites archéologiques des causses du Lot ». *Le Monde.fr* [en ligne]. 30 avril 2018. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/04/30/non-aux-epandages-polluants-qui-menacent-les-sites-archeologiques-des-causses-du-lot_5292671_1650684.html.

²³ *Module d'enseignement ASTEP - Hygiénisation* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <http://uved-ensil.unilim.fr/co/Hygienisation.html>.

²⁴ « Non aux épandages polluants qui menacent les sites archéologiques des causses du Lot ». *Le Monde.fr* [en ligne]. 30 avril 2018. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/04/30/non-aux-epandages-polluants-qui-menacent-les-sites-archeologiques-des-causses-du-lot_5292671_1650684.html.

La méthanisation, en encourageant l'élevage de cochon en valorisant leurs déchets, va donc favoriser la prolifération d'algues vertes, qui, à cause de leur biodégradation qui consomme tout l'oxygène présent autour et relâchant du CO₂ à la place, peut causer la mort par insuffisance respiratoire brutale²⁵.

Le taux de nitrates du bassin de Lamballe est supérieur à ceux de la région (38,3 mg/L en moyenne en 2018). Et le nitrate NO₃⁻ est une forme d'azote qui se forme naturellement dans les eaux et il a comme propriété d'être fertilisant, car c'est une très grande source de nutriment pour la flore²⁶.

L'azote provient des intrants car lors de son passage dans le méthaniseur, la matière organique ne perd ni de ses nitrates, ni de ses phosphates. L'azote provient des intrants, car lors de son passage dans le méthaniseur, la matière organique ne perd ni de ses nitrates, ni de ses phosphates. L'azote est recyclé ou libéré sous forme de composés azotés lors du processus de méthanisation et cette matière (le digestat) est alors revendue aux viticulteurs, arboriculteurs, maraîchers serristes qui épandent la matière sur leur terre. Ce même azote va donc se retrouver dans les cours d'eau et favoriser la prolifération excessive d'ulves, des algues vertes présentes dans les écosystèmes aquatiques qui se multiplient extrêmement vite lors d'une eutrophisation des eaux car il y a trop de matière nutritive dans ces eaux. La baie de Saint-Brieuc est donc contaminée par ces algues vertes, contamination qui a causé la mort d'un joggeur en 2016, de 36 sangliers en 2011, et de 2 chiens en 2008 ²⁷.

²⁵ PILLARD, Simon. *Mise au point sur les algues vertes: risques environnementaux et valorisations en 2016*. [s. d.].

²⁶ BANAS, Damien et LATA, Jean-Christophe. *Les nitrates*. [S. l.] : [s. n.], 1 janvier 2006.

²⁷ A Lamballe, un méthaniseur encourage l'élevage de cochons en dépit des algues vertes. *Le Monde.fr* [en ligne]. 19 février 2020. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/02/19/a-lamballe-le-methaniseur-de-la-cooperl-dope-la-course-au-cochon_6030019_3244.html.

III- Les agriculteurs

A) L'avis des agriculteurs

Les agriculteurs comme acteurs clés de la transition énergétique

Comme on l'a vu précédemment, de nombreux agriculteurs ont déjà passé le cap, essentiellement dans le nord-ouest et l'est de la France.

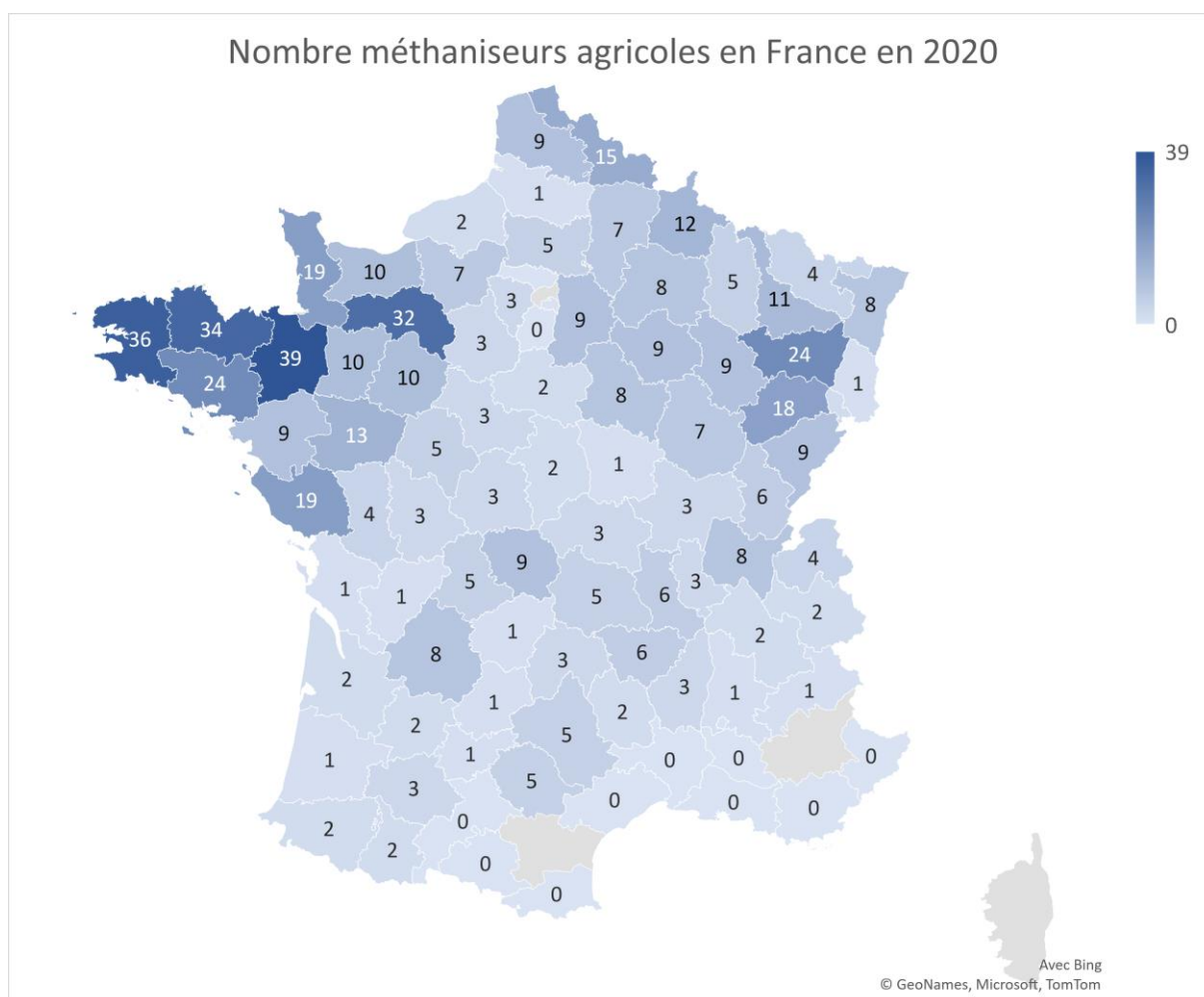


Figure 9 : Nombre de méthaniseurs agricoles par département en France en 2020. (Par Antoine LE BOULCH d'après les données de : Unités de méthanisation - France métropolitaine - 2020. Dans : geo.data.gouv.fr [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023])

Cette répartition géographique s'explique par le nombre de sites agricoles ayant pour activité principale l'élevage : en effet les déjections issues des animaux d'élevage sont une des

premières sources méthanogènes, c'est pourquoi une concentration de fermes d'élevage a tendance à favoriser l'installation d'unités de méthanisation²⁸.

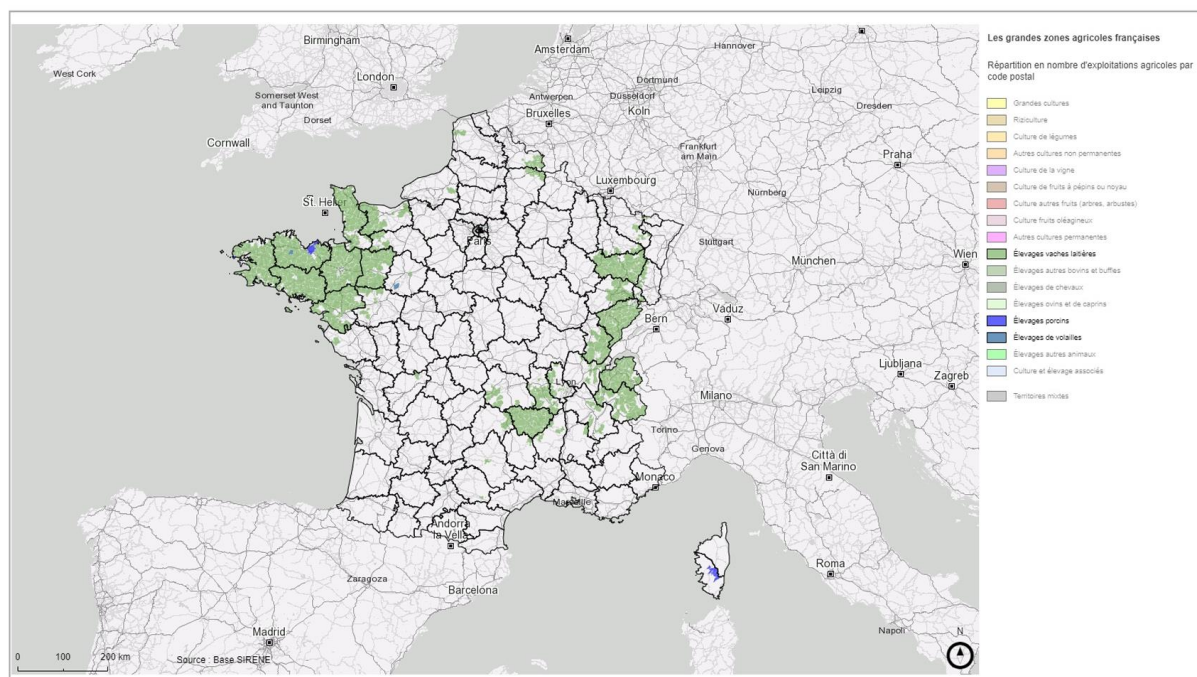


Figure 10 Répartition des différents types d'élevage majoritaires en France par codes postaux. Mis en surbrillance : les communes avec une majorité d'élevage de vaches laitières et porcins. (<https://cdonline.articque.com/share/display/regions-agricoles>)

Agriculteurs en opposition : comprendre les raisons de leur réserve

Les matières premières utilisées pour la méthanisation sont nombreuses : les céréales, colza, maïs, le lisier et les déjections animales en sont des basiques, et certaines matières sont très prisées, c'est-à-dire dégagent beaucoup de méthane et sont rares. C'est le cas du contenu des estomacs ou des intestins des animaux de la ferme. Précédemment, les industries payaient les agriculteurs pour qu'ils les débarrassent de ces ingrédients, dorénavant et depuis la mise en place conséquente des méthaniseurs, ils les leur vendent à un prix qui ne cesse d'augmenter avec la croissance économique de ceux-ci. Avec la hausse des prix des matières premières, les agriculteurs vendent plus cher leurs produits aux consommateurs, et ainsi accroît davantage la hausse des prix. En réponse à ce dérèglement économique, en Bretagne par exemple, la

²⁸ Interview auprès de Thierry BOSSUYT, agriculteur de Normandie qui compte prochainement investir dans un projet de méthanisation.

FDSEA d'Ille-et-Vilaine, fédération départementale des syndicats des exploitants agricoles d'Ille-et-Vilaine intervient et recommandent des prix de vente. Elle préconise mais ne soumet pas, ne met pas de barrière aux industries et aux agriculteurs qui en dépendent.

Pour pouvoir faire fonctionner à long terme leur projet de méthanisation, les petits agriculteurs n'ont pas d'autres choix que de se tourner vers les industriels, et échangent leur besoin en matière première contre des parts financières de leur exploitation, le risque est qu'ils perdent petit à petit le contrôle sur leur exploitation. Durant le salon de l'agriculture qui s'est tenu en mars 2022, la FNSEA (fédération nationale des syndicats des exploitants agricoles) et l'entreprise énergétique TotalEnergies

se sont rencontrés pour créer une proximité plus forte entre le monde agricole et le monde énergétique. Ce rapprochement qui est censé bénéficier aux deux parties, tant en expérience qu'en financement, est à double tranchant pour les agriculteurs, car il permet aux industriels de se rapprocher encore plus des exploitations qu'ils convoitent. De plus, les industries qui fournissent maintenant une grande partie des matières premières pour la méthanisation, sont moins expertes que les agriculteurs dans la connaissance et la gestion des champs et des terres agricoles, le risque est que ces milieux agricoles soient plus sujets à des problèmes environnementaux et sanitaires.

Il existe deux méthodes spéciales pour valoriser le biogaz issu de la méthanisation agricole, l'injection et la cogénération. La cogénération consiste à utiliser une turbine à gaz, tandis que l'injection permet d'injecter directement le biogaz dans le réseau. Il est conseillé aux agriculteurs d'utiliser l'injection car c'est plus efficace que la cogénération. Les collectivités locales proposent de prendre en charge une partie de cet investissement. Cependant, ce procédé est assez coûteux et n'est pas accessible aux petits agriculteurs qui même avec les aides des collectivités n'ont pas l'argent pour donner suite à ce fonctionnement. Il ne profite donc qu'aux plus gros agriculteurs ou à ceux qui ont donné des parts aux industriels. Il faudrait pouvoir investir environ 5 millions d'euros pour pouvoir profiter du procédé par injection.

Par ailleurs, les agriculteurs redoutent d'être uniquement des fournisseurs de matières premières basiques, le lisier, les céréales, et non les acteurs directs de la méthanisation, alors qu'il est nécessaire que l'agriculteur soit au centre du processus de méthanisation. C'est lui qui fournit le gros des matières premières, qui propose les terres abritant ces unités de méthanisation donc c'est lui qui doit être l'acteur principal.

Pour résumer, la méthanisation est également une source de revenus secondaires pour ces agriculteurs, mais on voit que ce procédé est très coûteux, d'autant plus si on ajoute le coût de l'entretien et de la maintenance, et profite uniquement aux gros agriculteurs, les petits

doivent collaborer avec les industriels, mais risquent que ceux-ci prennent la main sur leur exploitation²⁹.

B) La rentabilité

La méthanisation comme source de revenus durables

Pour certains agriculteurs, la mise en place d'une unité de méthanisation permet un complément de revenu non-négligeable³⁰.

En effet, les prix de la revente de l'électricité pour les unités en cogénération sont réglementés, et il en est de même pour les unités en injection³¹. Ces tarifs sont fixés, souvent pour une longue durée (de l'ordre de la décennie).

Concernant l'électricité : la revente se fait suivant un tarif réglementé fixé par l'arrêté 13 décembre 2016³².

Le prix de rachat de l'électricité produite par une installation de moins de 500kW dépend de quatre facteurs :

1. Le tarif de base (*TDCC*) :

En fonction de la puissance électrique (dite P_{max} , exprimée en MW) installée de l'installation, le tarif de base de rachat varie de 15 centimes d'€ du kWh à 17,5 centimes d'€ du kWh. Les valeurs intermédiaires sont ensuite déterminées par interpolation linéaire.

²⁹ REPORTERRE. Méthanisation : les géants du gaz dépouillent les agriculteurs. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 30 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/Methanisation-les-geants-du-gaz-depouillent-les-agriculteurs>.

³⁰ REPORTERRE. La méthanisation, l'usine à gaz qui séduit les gros agriculteurs. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/la-methanisation-l-usine-a-gaz-qui-seduit-les-gros-agriculteurs>.

³¹ *Realiser_unite_methanisation_aloferme_0106191.pdf* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://methasynergie.fr/wp-content/uploads/2020/03/Realiser_unite_methanisation_aloferme_0106191.pdf.

³² *Arrêté du 13 décembre 2016 fixant les conditions d'achat pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal le biogaz produit par méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute implantées sur le territoire métropolitain continental d'une puissance installée strictement inférieure à 500 kW telles que visés au 4° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie - Légifrance* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033585226>.

Valeur de Pmax [MW]	Valeur de TDCC [€/MWh]
Pmax ≤ 0,08	175
Pmax = 0,5	150

Figure 11 Valeur de TDCC en fonction de Pmax, Arrêté du 13 décembre 2016 fixant les conditions d'achat pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal le biogaz produit par méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute implantées sur le territoire métropolitain continental d'une puissance installée strictement inférieure à 500 kW telles que visés au 4° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie - Légifrance [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033585226>

Plus la puissance de l'installation est grande, plus le TDCC est bas. Le TDCC est exprimé en euros par mégawattheure (€/MWh). Il faut aussi noter que la valeur de TDCC diminue de 0,5 % à l'issue de chaque trimestre.

2. Indexation Annuelle (L) :

Celui-ci est calculé de la manière suivante³³ :

$$L = 0,5 + 0,2 \times \frac{ICHTrev - TS1_{\text{année en cours}}}{ICHTrev - TS1_{\text{année prise d'effet du contrat}}} + 0,3 \times \frac{FMOABE0000_{\text{année en cours}}}{FMOABE0000_{\text{année prise d'effet du contrat}}}$$

avec :

- *ICHTrev-TS1* « la dernière valeur définitive connue au premier janvier de chaque année de l'indice du coût horaire du travail révisé (tous salariés) dans les industries mécaniques et électrique »³⁴
- *FMOABE0000* « la dernière valeur définitive connue au premier janvier de chaque année de l'indice des prix à la production de l'industrie française pour

³³ Tarif rachat EDF 2023 : photovoltaïque, éolien, biométhane... Dans : *Selectra* [en ligne]. 27 juin 2018. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://selectra.info/energie/guides/environnement/rachat-electricite-gaz-edf>.

³⁴ Arrêté du 13 décembre 2016 fixant les conditions d'achat pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal le biogaz produit par méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute implantées sur le territoire métropolitain continental d'une puissance installée strictement inférieure à 500 kW telles que visés au 4° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie - Légifrance [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033585226>.

le marché français pour l'ensemble de l'industrie »³⁵

3. La prime des effluents d'élevages (P_{ef})

Si la proportion des effluents d'élevage est supérieure à 60%, une prime de 50€/MWh est appliquée.

Valeur de Ef	Valeur de Pef [€/MWh]
0 %	0
≥ 60 %	50

Figure 12 Prime en fonction de la proportion des effluents d'élevage, Arrêté du 13 décembre 2016 fixant les conditions d'achat pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal le biogaz produit par méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute implantées sur le territoire métropolitain continental d'une puissance installée strictement inférieure à 500 kW telles que visés au 4° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie - Légifrance [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033585226>

Avec ces données, on peut alors calculer T le prix de rachat :

$$T_{elec} = (TDCC + P_{ef}) \times L$$

Ce prix garanti de rachat de l'électricité peut permettre à certains producteurs un complément de revenu important et stable.

Il en va de même en ce qui concerne le rachat du biogaz où un prix d'achat a été fixé pour soutenir la filière.

$$T_{biogaz} = K \times (T_{base} + P_{ef} + P_{re} - R_{ai}) \quad 36$$

Avec :

- K est présent pour ajuster le tarif d'achat du biométhane en fonction de l'évolution des contrats signés au fil du temps.

³⁵ Arrêté du 13 décembre 2016 fixant les conditions d'achat pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal le biogaz produit par méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute implantées sur le territoire métropolitain continental d'une puissance installée strictement inférieure à 500 kW telles que visés au 4° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie - Légifrance [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033585226>.

³⁶ Arrêté du 23 novembre 2020 fixant les conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel. [s. d.].

- T_{base} représente le tarif de base d'achat du biométhane en centimes d'euro par kilowattheure pouvoir calorifique supérieur (c€/kWh PCS), et il dépend de la capacité maximale de production de l'installation. Plus la capacité de production est élevée, plus le tarif de base est bas.
- P_{ef} est un facteur qui ajuste le tarif d'achat du biométhane en fonction de la proportion d'effluents d'élevage utilisés dans l'installation de production de biométhane. Plus cette proportion est élevée, plus la valeur de P_{ef} augmente.
- P_{re} dépend de la capacité maximale de production de l'installation de biométhane et du type de réseau de gaz auquel elle est raccordée.
- R_{ai} est un facteur qui ajuste le tarif d'achat en fonction de la présence ou de l'absence d'une aide à l'investissement de l'ADEME.

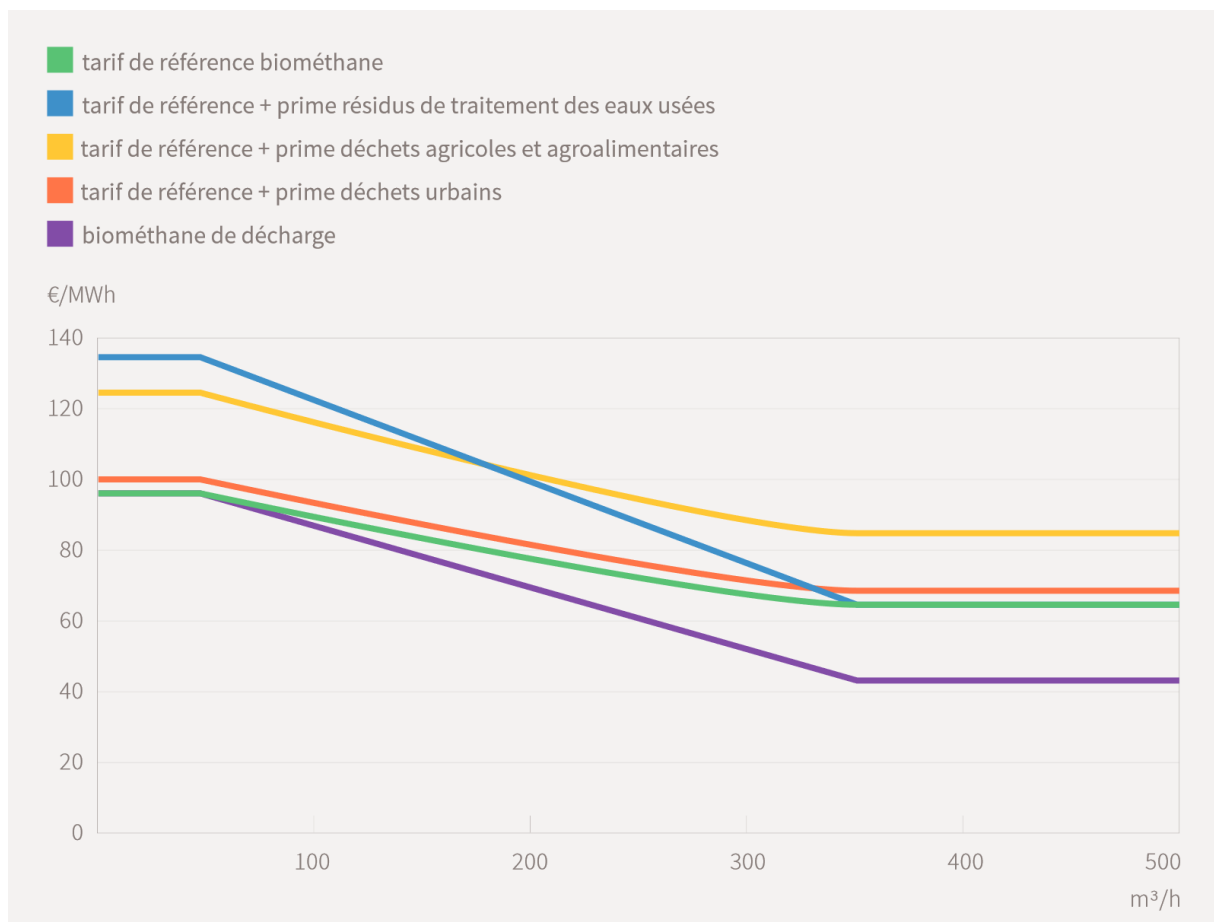


Figure 13 Tarif d'achat du biométhane en fonction du type de déchets et du débit d'injection., RÉALISER UNE UNITÉ DE MÉTHANISATION À LA FERME, https://methasynergie.fr/wpcontent/uploads/2020/03/Realiser_unite_methanisation_alaferme_0106191.pdf

Cependant, même si une rentrée d'argent est garantie, les investissements à faire puis à amortir sont conséquents. Pour une unité de méthanisation coûtant entre 200 000€ et 800 000€, le temps d'amortissement est évalué entre 8 et 12 ans dans le cas d'un contrat d'achat d'électricité³⁷.

Utiliser le digestat issu du méthaniseur en tant que fertilisant au lieu d'en acheter permet aussi de faire des économies.

Nous pouvons citer l'exemple d'un propriétaire et éleveur d'une ferme dans l'Oise qui a développé un projet de méthanisation en 2018 lui rapportant 40 à 50% de revenu complémentaire. En plus de vendre son biogaz, cela lui permet d'utiliser comme engrais, le digestat produit par son méthaniseur. Les prix des engrais ayant été multipliés par quatre en 2 ans, cela lui permet de faire de grandes économies³⁸.

D'autres variables influencent la rentabilité d'une unité de méthanisation.

La création d'une unité de méthanisation agricole va engendrer des tâches supplémentaires pour les exploitants. Dans certains cas, au vu de l'augmentation de la charge de travail, il est nécessaire de recruter du personnel dédié à cette tâche, engendrant un coût supplémentaire pour le porteur de projet (généralement l'agriculteur ou le collectif d'agriculteurs). S'il est décidé de ne pas recruter, cela va se traduire par une hausse de la charge de travail, ce qui pourrait avoir un impact sur l'activité principale et donc les résultats de l'exploitation³⁹.

Concernant le dimensionnement de l'installation, la taille ne fait pas tout. En effet, une installation plus grande ne signifie pas forcément de plus gros revenus, voire le contraire. En raison du tarif de rachat dégressif (voir supra), il existe un effet de seuil : « Au-delà d'une certaine taille et quelle que soit la configuration de l'UM, il n'est plus intéressant d'augmenter la taille de l'UM, car cela a un impact négatif sur le tarif de rachat et donc sur la recette. »

³⁷ Les contrats d'achat d'électricité pour la méthanisation s'allongent. Dans : *Agriculteurs* [en ligne]. 20 avril 2017. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://agri.comptepargneco2.com/actualites/contrats-achat-electricite-methanisation/>.

³⁸ La filière de la méthanisation en quête d'équilibre. *Le Monde.fr* [en ligne]. 2 novembre 2022. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/11/02/la-filiere-de-la-methanisation-en-quete-d-equilibre_6148221_3234.html.

³⁹ GROUIEZ, Pascal, BERTHE, Alexandre, FAUTRAS, Mathilde, et al. *Déterminants et mesure des revenus agricoles de la méthanisation et positionnement des agriculteurs dans la chaîne de valeur « biomasse-énergie »* [en ligne]. 2020. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/113855>.

De plus, de gros écarts de rendement sont présents entre les unités en injection et celles en cogénération.

L'injection offre un rendement énergétique supérieur, mais nécessite un investissement global plus élevé. Elles sont dépendantes de la capacité du réseau de distribution, et à cela s'ajoute le coût initial de raccordement qui peut être très important.

Pour les unités en cogénération, c'est la capacité à valoriser la chaleur qui va déterminer la rentabilité du projet.

Les obstacles financiers de la méthanisation

Actuellement, les agriculteurs voulant compléter leur revenu grâce à la méthanisation ont plus de mal qu'il y a 5 ans. Les banques font moins de prêts, le coût de la ferraille et du béton pour fabriquer les cuves du méthaniseur a été doublé. De plus, les tarifs de ventes du gaz ont baissé de 15%. Tous ses facteurs font qu'à l'heure actuelle, un projet de 4,2 millions en 2018 coûte aujourd'hui 6 millions⁴⁰.

Les agriculteurs méthaniseurs affirment que leur modèle économique est remis en cause. La rentabilité est de moins en moins présente ce qui décourage les porteurs de projets. Pour cause, la hausse des coûts de matériaux de construction. La tendance du rachat d'électricité baisse régulièrement et les producteurs ont interdiction d'auto-consommer leur production donc aujourd'hui, certains agriculteurs achètent plus cher l'électricité nécessaire à leur méthaniseur qu'il ne la vendent ⁴¹. La hausse du rachat d'électricité baisse régulièrement et les producteurs ont interdiction d'auto-consommer leur production donc aujourd'hui, certains agriculteurs achètent plus cher l'électricité nécessaire à leur méthaniseur qu'ils ne la vendent ⁴².

⁴⁰ La filière de la méthanisation en quête d'équilibre. *Le Monde.fr* [en ligne]. 2 novembre 2022. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/11/02/la-filiere-de-la-methanisation-en-quete-d-equilibre_6148221_3234.html.

⁴¹ MÉLENNEC, Olivier. Énergie. Les agriculteurs méthaniseurs bretons sont moroses. Dans : *Ouest-France.fr* [en ligne]. 14 janvier 2023. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/energie-les-agriculteurs-methaniseurs-bretons-sont-moroses-d6060dea-9376-11ed-a8c1-88153e21c5d2>.

⁴² MÉLENNEC, Olivier. Énergie. Les agriculteurs méthaniseurs bretons sont moroses. Dans : *Ouest-France.fr* [en ligne]. 14 janvier 2023. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/energie-les-agriculteurs-methaniseurs-bretons-sont-moroses-d6060dea-9376-11ed-a8c1-88153e21c5d2>.

C) Et les terres cultivables ?

La méthanisation agricole : l'art de Cultiver pour l'énergie

Une CIVE est une culture intermédiaire à vocation énergétique⁴³. C'est une culture agricole qui se place entre deux cultures principales et dont les espèces qu'elle fournit servent de matières organiques pour les méthaniseurs.

Il existe les CIVE d'été et les CIVE d'hiver⁴⁴. Chacune est lancée une fois la précédente récoltée et la terre prête. Des spécificités sont propres aux CIVE de chaque saison.

Les CIVE ont plusieurs avantages, par exemple une amélioration de l'agronomie des cultures, ou une aide à la préservation des abeilles si la culture est une espèce produisant du nectar. En effet, les matières premières qui sont tirées des CIVE contiennent un fort potentiel méthanogène. C'est le cas notamment du maïs du sorgho, du trèfle, et de nombreuses autres espèces.

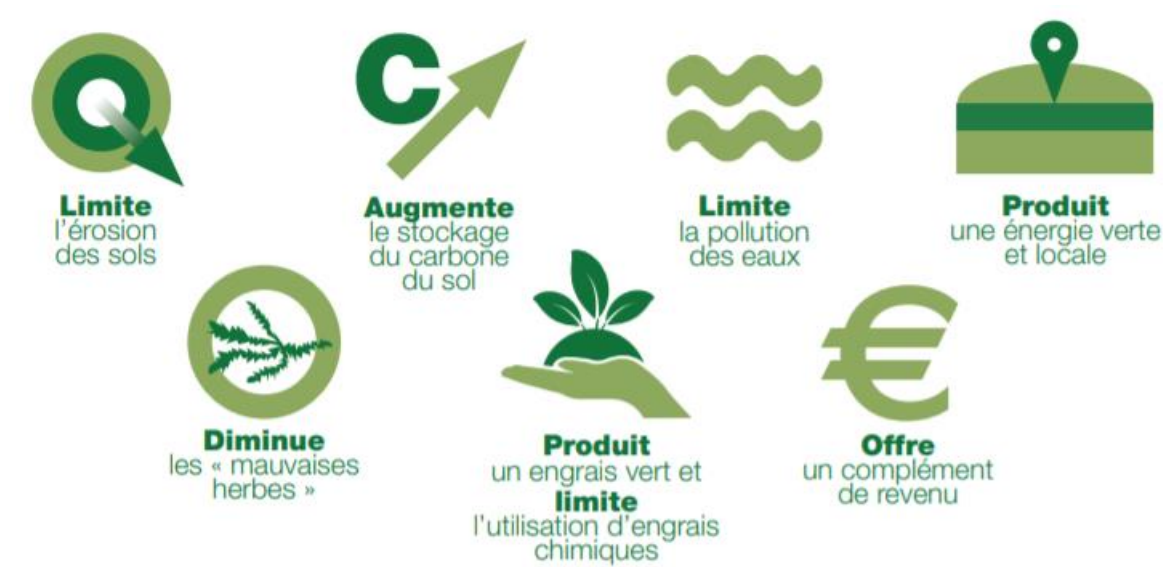


Figure 14 « Benefices_CIVE.png (727×357) ». Consulté le 18 novembre 2023. https://wiki.tripleperformance.fr/images/fr/a/a6/Benefices_CIVE.png.

⁴³ Qu'est ce qu'une culture intermédiaire à vocation énergétique? Dans : *Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 16 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-quune-culture-intermediaire-vocation-energetique>.

⁴⁴ Culture Intermédiaire à Valorisation Énergétique (CIVE). Dans : *Triple Performance* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 18 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : [//wiki.tripleperformance.fr/wiki/Culture_Interm%C3%A9diaire_%C3%A0_Vvalorisation_Energ%C3%A9tique_\(CIVE\)](https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/Culture_Interm%C3%A9diaire_%C3%A0_Vvalorisation_Energ%C3%A9tique_(CIVE)).

Terres cultivables sacrifiées : les conséquences de la méthanisation

La méthanisation est un procédé de création d'énergie qui est physiquement imposant et qui a besoin d'une grande quantité de sites pour que la production qui en découle soit rentable dans le temps et dans le pays. Le risque avec la méthanisation est qu'il prend le pas dans certains cas sur les productions agricoles qui sont davantage nécessaires pour le pays. C'est le cas en Allemagne par exemple, où les producteurs d'énergie utilisaient jusqu'à récemment du maïs en tant qu'intrant pour le méthaniseur, au total 80% des intrants proviennent de plantes comme le maïs. La production de plantes utilisées comme matière organique concentre 14% des surfaces agricoles allemandes⁴⁵. En France, certaines associations comme la confédération paysanne ont organisé des manifestations pacifistes en dénonçant un détournement de plus de 5000 hectares de terre agricole qui seront dédiés à l'alimentation du méthaniseur de Cérilly. Contrairement à l'Allemagne, ce méthaniseur ne sera pas alimenté par du maïs mais par du seigle fourrage, bien qu'il s'agisse d'une culture de type CIVE, celui-ci a une récolte assez tardive, ce qui compromet les autres cultures⁴⁶. Ce qui est remis en question par des associations et des scientifiques ici est le contre-sens de l'utilisation logique des terres agricoles, qui, à la base ont pour but de nourrir la population. L'autre contre-sens est que la place que ces CIVE prennent est en constante évolution proportionnellement au nombre de méthaniseur. Si on suit les prévisions de l'ADEME qui prévoit 10% de gaz national pour 2030, si on parle en termes de gaz issu de méthanisation cela nécessiterait 1000 méthaniseurs et la place qu'occuperait les CIVE serait équivalente à la superficie de 3 à 4 départements français. Et si on suit les prévisions 7 fois supérieures de 2050, la place occupée serait l'équivalent de 24 à 32 départements de cultures intermédiaires à vocation énergétique⁴⁷. Ce qui pourrait menacer l'indépendance alimentaire de la France.

⁴⁵ *Crise énergétique : l'Allemagne pourrait remettre le gaz sur la méthanisation* | Connaissances des énergies [en ligne]. 30 mars 2022. [Consulté le 9 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.connaissancedesenergies.org/afp/crise-energetique-lallemagne-pourrait-remettre-le-gaz-sur-la-methanisation-220330>.

⁴⁶ *Cérilly : une manifestation pacifiste contre le projet de méthaniseur* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/cote-d-or/chatillon-sur-seine/cerilly-une-manifestation-pacifiste-contre-le-projet-de-methaniseur-2787070.html>.

⁴⁷ ILOUWW. *Cercle Frédéric Bastiat* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 16 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://bastiat.net>.

IV- Soutien (ou non) des populations locales et des institutions

A) Engagement des locaux

L'engagement local dans la méthanisation : un soutien solide

Certaines personnes ont décidé de s'investir dans des projets d'énergie renouvelable à leur échelle afin de pallier les problèmes environnementaux que rencontre notre ère. C'est ainsi que des habitants de plusieurs régions se regroupent pour créer des projets énergétiques sans passer par des acteurs à l'échelle nationale. Certaines personnes souhaitent sortir du schéma classique où l'Etat décide seul sans se référer aux populations. Des associations sont donc créées pour se réapproprier la transition énergétique. Par exemple, des acteurs locaux d'Ardennes ont créé ensemble l'association *Energie partagée*, qui avec l'aide de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a réalisé une trentaine de projets d'énergie renouvelable : parcs éoliens, unités de méthanisations...

Ce type d'association cherche à ce que les ressources primaires servent principalement au territoire et que les projets locaux soient détenus majoritairement par les habitants. Cela permet d'empêcher des acteurs d'échelle nationale cherchant principalement à augmenter les dividendes des actionnaires, de participer à ce type de projet environnemental. De plus, ces associations permettent une meilleure acceptation des projets d'énergies renouvelables en rendant accessible la compréhension du sujet et en incitant les habitants à s'investir, c'est ce qu'on appelle la démarche participative. Les habitants, entreprises et collectivités peuvent s'investir à travers une SCIC (société coopérative d'intérêt collectif) en tenant des parts du capital du projet. Pour l'exemple de la méthanisation, chaque investisseur détient une partie du méthaniseur et siège à l'assemblée générale où il a le droit de parole peu importe la somme de son investissement.

Les projets locaux permettent également d'échanger ou négocier avec les opposants plus facilement en écoutant leurs requêtes. C'est le cas d'un méthaniseur qui avait brûlé un silo d'oignons pourris et qui avait donc suscité énormément de plaintes des habitants concernant l'odeur. Après rencontre avec ses opposants, l'utilisation d'oignon a donc été bannie des méthaniseurs⁴⁸.

⁴⁸ Une « chaîne de solidarité citoyenne en faveur d'une énergie renouvelable ». *Le Monde.fr* [en ligne]. 29 novembre 2017. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/chronique-des-communs/article/2017/11/29/une-chaine-de-solidarite-citoyenne-en-faveur-d-une-energie-renouvelable_5222057_5049504.html.

L'AAMB, association des agriculteurs méthaniseurs bretons, demande une augmentation de l'enveloppe budgétaire consacrée au développement de la production de biogaz dans la Programmation pluriannuelle de l'énergie. De plus, le président de cette association suggère la création d'un fonds de garantie par l'Etat afin de « rassurer les banquiers » qui financent de moins en moins les projets de méthanisation en raison de leur baisse de rentabilité ⁴⁹.

L'opposition des communautés locales à la méthanisation

Beaucoup d'habitants ne soutiennent pas les projets de méthanisation et agissent afin d'empêcher les projets en cours. C'est le cas de certains habitants de Saint-Herblain et Indre, en Loire-Atlantique qui ont distribué des tracts d'information pour dire « non au projet de méthanisation ». Pierrick Guisnel, président de l'association herblinoise *Les habitants ont la parole* affirme être allé chercher l'information et avoir assez appris sur la méthanisation pour s'y opposer. Les opposants estiment connaître assez le sujet pour refuser d'avoir un méthaniseur dans leur commune. Les habitants ont le sentiment « d'être la poubelle de Saint-Herblain » et trouvent que la méthanisation « n'est ni écolo, ni verte ». Ces opposants ne veulent pas d'un méthaniseur se trouvant à 600 mètres des premières habitations et reculée dans une zone industrielle ⁵⁰.

Certains habitants vivant à proximité d'unités de méthanisation se plaignent de mauvaises odeurs durant l'été, et qui d'après eux n'ont « rien à voir avec l'épandage »⁵¹. Ils étaient victimes de ces odeurs « deux à trois fois par semaine **Erreur ! Signet non défini.** »⁵¹, en fonction des vents.

⁴⁹ MÉLENNEC, Olivier. Énergie. Les agriculteurs méthaniseurs bretons sont moroses. Dans : *Ouest-France.fr* [en ligne]. 14 janvier 2023. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/energie-les-agriculteurs-methaniseurs-bretons-sont-moroses-d6060dea-9376-11ed-a8c1-88153e21c5d2>.

⁵⁰ « Non aux épandages polluants qui menacent les sites archéologiques des causses du Lot ». *Le Monde.fr* [en ligne]. 30 avril 2018. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/04/30/non-aux-epandages-polluants-qui-menacent-les-sites-archeologiques-des-causses-du-lot_5292671_1650684.html.

⁵¹ À Sainte-Colombe-la-Commanderie, les riverains se plaignent des fortes odeurs. Dans : *actu.fr* [en ligne]. 5 octobre 2023. [Consulté le 19 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://actu.fr/normandie/sainte-colombe-la-commanderie_27524/a-sainte-colombe-la-commanderie-les-riverains-se-plaignent-des-fortes-odeurs_60169105.html.

Ces nuisances les forcent à modifier leurs habitudes de vie, et ont un impact réel sur leur quotidien durant ces périodes. Un habitant témoigne qu'il ne peut plus manger dehors depuis deux ans, et qu'il ne peut ouvrir les fenêtres sans s'exposer à des odeurs.

Le responsable de l'entreprise Eneo, Frédéric Degroote, reconnaît le problème des odeurs et explique que cela est lié à la qualité des intrants utilisés dans le méthaniseur⁵¹. Il mentionne que la formation de jus dans les stocks au printemps a contribué à la propagation de ces odeurs désagréables lorsque les vents n'étaient pas favorables. La qualité du produit final est étroitement liée aux conditions de récolte, qui, dans ce cas, ont été défavorables.

Des études sont en cours dans le cadre du projet AQAMEHTA⁵², notamment dans la région Pays de la Loire, dans laquelle a eu lieu un projet pilote entre 2021 et 2023 visant à mesurer la qualité de l'air et les odeurs à proximité de méthaniseurs. Ce projet a donné naissance à un rapport⁵³ publié en juillet 2023 dont les conclusions sont les suivantes :

- Concernant les polluants (méthane, hydrogène sulfuré, ammoniac) : « Du point de vue de l'exposition aérienne à ces trois polluants, les concentrations mesurées ne présentent pas de risque sur la santé de la population riveraine ».
 - Méthane-CH₄ : niveaux équivalents au bruit de fond « mondial » (1400 µg/m³)
 - Hydrogène sulfuré-H₂S : valeur guide sanitaire de l'OMS : 150 µg/m³ sur une journée ; maximum mesuré : 6 µg/m³ → seuil largement respecté.
 - Ammoniac-NH₃ : valeur toxicologique de référence de l'ANSES : 500 µg/m³ ; maximum mesuré : 40 µg/m³ → seuil largement respecté.
- Concernant les odeurs : « À l'intérieur de l'unité, les zones les plus odorantes sont liées aux activités de transport et de manipulation des intrants. Les secteurs spécifiques au process de méthanisation (digesteurs, digestats) sont parmi les moins émetteurs

⁵² *Méthanisation : quel impact sur la qualité de l'air et les odeurs ?* | Atmo France [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.atmo-france.org/actualite/methanisation-quel-impact-sur-la-qualite-de-lair-et-les-odeurs>.

⁵³ *EPIQUE-FM-méthanisation qualité de l'air et odeurs_0.pdf* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 19 octobre 2023].

d'odeurs. À l'extérieur de l'unité, l'intensité des odeurs baisse rapidement avec la distance »⁵⁴.

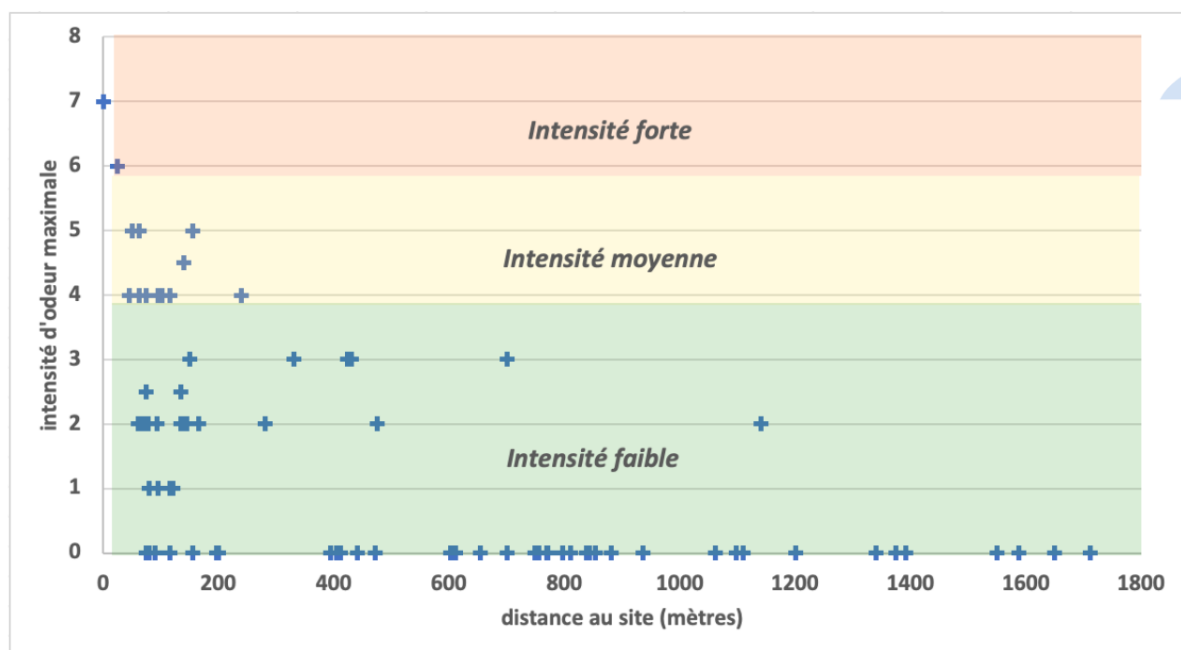


Figure 15 : Intensités d'odeurs en fonction de la distance aux unités, cumulé sur les 5 unités de méthanisation testées. MÉTHANISATION, QUALITÉ DE L'AIR ET ODEURS RÉSULTATS DU PROJET EPIQUE-FM JUILLET 2023, www.airpl.org

B) Aides et financements de l'Etat / UE

Le 29 septembre 2021, le Sénat a publié une synthèse de la mission d'information qu'il s'est vu confié le 3 mars de la même année, mission qui portait sur « La méthanisation dans le mix énergétique : enjeux et impacts »⁵⁵. Le président de la mission d'information est Pierre Cuypers, sénateur de la Seine-et-Marne et son rapporteur est Daniel Salmon, sénateur d'Ille-et-Vilaine.

Avec la forte croissance des unités de méthanisation sur le sol français, il devient important d'expertiser le domaine, domaine qui est méconnu de la majorité de la population et

⁵⁴ EPIQUE-FM-méthanisation qualité de l'air et odeurs_0.pdf [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 19 octobre 2023].

⁵⁵ Méthanisations : au-delà des controverses, quelles perspectives ? Dans : Sénat [en ligne]. 3 avril 2023. [Consulté le 5 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.senat.fr/rap/r20-872/r20-872.html>.

récemment pris au sérieux par les industries énergétiques en tant que solide énergie renouvelable.

Depuis les années 2000, l'effet de nouveauté du processus de méthanisation convainc les agriculteurs et industries de l'utiliser, pour l'un, de générer une source de revenus supplémentaires, et pour l'autre, de renforcer la souveraineté française tout en préservant mieux l'environnement. Ils sont accompagnés par l'Etat lors de ce démarrage, mais celui-ci soutient de moins en moins les acteurs de la méthanisation en découvrant les risques qui apparaissent lors de l'avancée dans le domaine.

En effet, la méthanisation est très utile pour la transition énergétique. C'est une énergie renouvelable, qui utilise une matière première inépuisable à échelle humaine, le lisier et les produits agricoles, produit du biogaz qui se substitue au gaz naturel qui est limité, dégage peu de gaz à effet de serre, et comporte une structure physique qui propose même des emplois.

L'Etat a donc choisi au départ de soutenir la filière. Il l'a montré dans plusieurs lois – « Grenelle I et II » en 2009-2010, « Transition énergétique » en 2015, « Énergie-Climat » en 2019 et « Climat et Résilience » de 2021 – et également dans le cadre des règles concernant les planifications climatique et énergétique. De plus, L'Europe a ajouté des critères de durabilité en 2011 et 2018 avec les directives « EnR I et II », ainsi que les régions qui mettent en place les schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET).

Néanmoins, ces réglementations n'étaient pas si bien tenues, certaines sont attendues, et des mécanismes économiques dérèglent la stabilité de ce fonctionnement, et les aides ne suffisent pas à compenser ces variations. Cependant, les objectifs fixés en amont sont tous atteints, malgré les facteurs variants venant de l'économie.

Indubitablement, se pose la question des coûts de production et ceux de soutien. Ceux-ci sont plutôt élevés. Il y a pour cela des aides et des prêts qui garantissent l'évolution des sites de méthanisation.

De pair avec l'avancée de l'expertise dans le domaine, de nombreuses raisons d'utiliser la méthanisation – le revenu supplémentaire pour les agriculteurs, la valorisation des déchets, la décarbonisation du gaz, la durabilité et le respect envers l'environnement – se dessinent et confortent cette idée de développer cette filière.

La France pose un cadre plus strict que ses voisins danois et allemand, elle considère privilégier la qualité à la quantité. C'est pour cette raison qu'elle met en avant l'injection, au détriment de la cogénération, plus cher mais plus efficace, est attentif à l'impact extérieur que peut avoir l'installation d'un méthaniseur, sur l'environnement comme sur les locaux, et limite à 15 % les cultures alimentaires uniquement dédiées à la production énergétique, pour ainsi préserver la qualité de l'agriculture.

Les sénateurs ont en quelque sorte dressé les avantages et les inconvénients de la méthanisation.

D'une part, les avantages de la méthanisation sont considérables : c'est un outil de la décarbonisation, elle pallie le gaz naturel, elle développe parallèlement les cultures intermédiaires à vocation énergétiques et elle crée des emplois.

D'autre part, il subsiste des risques liés à l'environnement : il faut porter une grande attention aux émissions de gaz à effet de serre, négligeables à peu d'unité mais conséquentes lorsque cette quantité augmente, à la maîtrise du digestat, à l'accaparement de la surface agricole, aux cultures intermédiaires à vocation énergétiques qui risquent de dérégler le système agricole, et aux industriels qui essaient de prendre la main sur les exploitations.

Le conseil régional de Bretagne ne subventionne plus les projets de méthanisations depuis 3 ans. Alors qu'il y a une soixantaine de projets en Bretagne qui permettraient à la région de se passer de gaz russe ⁵⁶.

⁵⁶ MÉLENNEC, Olivier. Énergie. Les agriculteurs méthaniseurs bretons sont moroses. Dans : *Ouest-France.fr* [en ligne]. 14 janvier 2023. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/energie-les-agriculteurs-methaniseurs-bretons-sont-moroses-d6060dea-9376-11ed-a8c1-88153e21c5d2>.

Conclusion :

La méthanisation est un sujet controversé suscitant des désaccords au sein de la communauté scientifique et de la société en général. Notre rapport nous a permis d'analyser le processus de méthanisation et ses aspects. Cette étude nous a permis de mettre en évidence les avantages de cette technique de production de biogaz en termes de production d'énergie renouvelable et de gestion des déchets organiques, tout en prenant en compte les aspects socio-économiques et environnementaux qui en résultent.

Nous avons examiné les dimensions environnementales, sociétales, économiques et sociales de la controverse de la méthanisation.

Le processus de méthanisation est un type d'énergie renouvelable très prometteur. Bien que celui-ci émet des gaz nocifs pour la planète, tels que le dioxyde de carbone, des solutions existent pour les réutiliser à d'autres fins. De plus, nous avons constaté que le digestat produit peut être à la fois un atout pour les sols, mais peut également être une catastrophe environnementale en cas d'accidents. L'utilisation des terres cultivables pour un but énergétique est également critiquée, compte tenu des impératifs des agriculteurs français qui sont de nourrir leur pays, mais aussi les pays vers lesquels exporte la France.

D'un point de vue sociétal, nous avons observé que les avis divergeaient et que les populations essayaient de faire valoir leur point de vue. Les agriculteurs ont eux-mêmes des avis qui divergent, notamment en raison d'un rendement moins intéressant depuis quelques années.

L'Etat et l'Union Européenne jouent également un rôle clé dans la méthanisation, offrant un soutien précieux ou choisissant au contraire de ne pas participer.

La méthanisation peut être très prometteuse dans la transition énergétique qui a pris naissance dans les années 2000 ⁵⁷.

En conclusion, la méthanisation était, est et sera un sujet controversé tant que celle-ci ne sera pas étudiée davantage afin de l'améliorer. Cependant, la méthanisation se présente comme une option prometteuse dans le contexte de transition énergétique. Les avis négatifs à son égard ne doivent pas être perçus comme une contrainte, mais plutôt comme un moteur et un

⁵⁷ DURUISSEAU, Kévin. L'émergence du concept de transition énergétique. Quels apports de la géographie ? *Bulletin de la Société Géographique de Liège* [en ligne]. Décembre 2014. [Consulté le 16 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://popups.uliege.be/0770-7576/?id=3932>.

axe de progression qui nous permettra, à terme, de créer un processus réellement écologique, rentable et favorisant au maximum l'économie circulaire.

Rappelons que la méthanisation est un processus naturel générant du méthane qui se produit dans la nature sans intervention humaine directe. Ce processus se retrouve dans des environnements anaérobies, c'est-à-dire qu'il s'effectue en absence totale d'air ou d'oxygène⁵⁸.

L'intervention humaine a seulement permis d'amplifier ce processus naturel à des fins énergétiques et de gestion de déchets. La citation célèbre de Lavoisier le confirme : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

⁵⁸ *ANAÉROBIE : Définition de ANAÉROBIE* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 17 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.cnrtl.fr/definition/ana%C3%A9robie>.

Bibliographie

BANAS, Damien et LATA, Jean-Christophe. *Les nitrates*. [S. l.] : [s. n.], 1 janvier 2006

BURMEISTER, Johannes, WALTER, Roswitha et FRITZ, Maendy. *Effets de la fertilisation des digestats issus de la méthanisation sur la faune du sol* [en ligne]. 2015. [Consulté le 25 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.ambition-climat-energie.bzh/wp-content/uploads/2019/07/effet_des_digestats_sur_la_faune_du_sol_fr.pdf

DURUISSEAU, Kévin. L'émergence du concept de transition énergétique. Quels apports de la géographie ? *Bulletin de la Société Géographique de Liège* [en ligne]. Décembre 2014. [Consulté le 16 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://popups.uliege.be/0770-7576/?id=3932>

GROUIEZ, Pascal, BERTHE, Alexandre, FAUTRAS, Mathilde et ISSEHNANE. *Déterminants et mesure des revenus agricoles de la méthanisation et positionnement des agriculteurs dans la chaîne de valeur « biomasse-énergie »* [en ligne]. 2020. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/113855>

HESS, Jonathan. *Modélisation de la qualité du biogaz produit par un fermenteur méthanogène et stratégie de régulation en vue de sa valorisation* [en ligne]. phdthesis. [S. l.] : Université Nice Sophia Antipolis, 14 décembre 2007. [Consulté le 13 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://theses.hal.science/tel-00257347>

ILOUWW. *Cercle Frédéric Bastiat* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 16 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://bastiat.net>

LANNUZEL, Étienne. Ces agriculteurs vont valoriser le CO2 rejeté par leurs méthaniseurs, une première en Bretagne. Dans : *Ouest-France.fr* [en ligne]. 11 juillet 2023. [Consulté le 9 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/ces-agriculteurs-vont-valoriser-le-co2-rejete-par-leurs-methaniseurs-une-premiere-en-bretagne-8a5b3e04-1ff0-11ee-aaa7-17557ce412e6>

LAROUSSE, Éditions. *Définitions : biogaz - Dictionnaire de français Larousse* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 1 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/biogaz/9415>

LAROUSSE, Éditions. *Définitions : digestat - Dictionnaire de français Larousse* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 1 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/digestat/188278>

MÉLENNEC, Olivier. Énergie. Les agriculteurs méthaniseurs bretons sont moroses. Dans : *Ouest-France.fr* [en ligne]. 14 janvier 2023. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/energie-les-agriculteurs-methaniseurs-bretons-sont-moroses-d6060dea-9376-11ed-a8c1-88153e21c5d2>

NATIONS, United. Conférence des Nations Unies sur l'environnement, Stockholm 1972 | Nations Unies. Dans : *United Nations* [en ligne]. United Nations, [s. d.]. [Consulté le 19 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.un.org/fr/conferences/environment/stockholm1972>

PILLARD, Simon. *Mise au point sur les algues vertes: risques environnementaux et valorisations en 2016*. [s. d.]

REPORTERRE. La méthanisation, l'usine à gaz qui séduit les gros agriculteurs. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/la-methanisation-l-usine-a-gaz-qui-seduit-les-gros-agriculteurs>

REPORTERRE. Méthanisation : les géants du gaz dépouillent les agriculteurs. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 30 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/Methanisation-les-geants-du-gaz-depouillent-les-agriculteurs>

REPORTERRE. Méthanisation : un digestat bien indigeste pour les sols et les eaux. Dans : *Reporterre, le média de l'écologie* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://reporterre.net/methanisation-un-digestat-bien-indigeste-pour-les-sols-et-les-eaux>

A Lamballe, un méthaniseur encourage l'élevage de cochons en dépit des algues vertes. *Le Monde.fr* [en ligne]. 19 février 2020. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/02/19/a-lamballe-le-methaniseur-de-la-cooperl-dope-la-course-au-cochon_6030019_3244.html

À Sainte-Colombe-la-Commanderie, les riverains se plaignent des fortes odeurs. Dans : *actu.fr* [en ligne]. 5 octobre 2023. [Consulté le 19 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://actu.fr/normandie/sainte-colombe-la-commanderie_27524/a-sainte-colombe-la-commanderie-les-riverains-se-plaignent-des-fortes-odeurs_60169105.html

ANAÉROBIE : Définition de ANAÉROBIE [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 17 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.cnrtl.fr/definition/ana%C3%A9robie>

Arrêté du 13 décembre 2016 fixant les conditions d'achat pour l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal le biogaz produit par méthanisation de déchets non dangereux et de matière végétale brute implantées sur le territoire métropolitain continental d'une puissance installée strictement inférieure à 500 kW telles que visés au 4° de l'article D. 314-15 du code de l'énergie - Légifrance [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000033585226>

Arrêté du 23 novembre 2020 fixant les conditions d'achat du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel. [s. d.]

biogaz - Définitions, synonymes, conjugaison, exemples | Dico en ligne Le Robert [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 19 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/biogaz>

Cérilly : une manifestation pacifiste contre le projet de méthaniseur [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/cote-d-or/chatillon-sur-seine/cerilly-une-manifestation-pacifiste-contre-le-projet-de-methaniseur-2787070.html>

CO2 et changement climatique | CNRS Terre & Univers [en ligne]. 18 mars 2021. [Consulté le 8 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.insu.cnrs.fr/fr/CO2-et-climat>

Crise énergétique : l'Allemagne pourrait remettre le gaz sur la méthanisation | Connaissances des énergies [en ligne]. 30 mars 2022. [Consulté le 9 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.connaissancedesenergies.org/afp/crise-energetique-lallemagne-pourrait-remettre-le-gaz-sur-la-methanisation-220330>

Culture Intermédiaire à Valorisation Énergétique (CIVE). Dans : *Triple Performance* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 18 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : [//wiki.tripleperformance.fr/wiki/Culture_Interm%C3%A9diaire_%C3%A0_Vvalorisation_Energ%C3%A9tique_\(CIVE\)](https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/Culture_Interm%C3%A9diaire_%C3%A0_Vvalorisation_Energ%C3%A9tique_(CIVE))

Dans le Finistère, 180 000 personnes privées d'eau potable après un incident de méthaniseur. *Le Monde.fr* [en ligne]. 20 août 2020. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/08/20/dans-le-finistere-180-000-personnes-privees-d-eau-potable-apres-un-incident-de-methaniseur_6049460_3244.html

EPIQUE-FM-méthanisation qualité de l'air et odeurs_0.pdf [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 19 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/EPIQUE-FM-m%C3%A9thanisation%20qualit%C3%A9%20de%20l%27air%20et%20odeurs_0.pdf

GRDF - Projet Méthanisation | Les typologies des sites en injection. Dans : *projet-methanisation* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://projet-methanisation.grdf.fr/>

La filière de la méthanisation en quête d'équilibre. *Le Monde.fr* [en ligne]. 2 novembre 2022. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/11/02/la-filiere-de-la-methanisation-en-quete-d-equilibre_6148221_3234.html

« La méthanisation, pas écolo du tout » : à Saint-Herblain, des habitants refusent un projet [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/saint-herblain-44800/la-methanisation-pas-ecolo-du-tout-a-saint-herblain-des-habitants-refusent-un-projet-f7c77c80-e514-11ed-996f-20d54156ce51>

Le gaz renouvelable, nouvelle production agricole. *Le Monde.fr* [en ligne]. 14 juin 2018. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/energies/article/2018/06/14/le-gaz-renouvelable-nouvelle-production-agricole_5314564_1653054.html

Les contrats d'achat d'électricité pour la méthanisation s'allongent. Dans : *Agriculteurs* [en ligne]. 20 avril 2017. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://agri.comptepargneco2.com/actualites/contrats-achat-electricite-methanisation/>

Méthanisation de la biomasse. Dans : *Techniques de l'Ingénieur* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.techniques-ingénieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-bioprocédés-et-bioproductions-tiabi/archive-1/methanisation-de-la-biomasse-bio5100/>

Méthanisation : quel impact sur la qualité de l'air et les odeurs ? | *Atmo France* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.atmo-france.org/actualite/methanisation-quel-impact-sur-la-qualite-de-lair-et-les-odeurs>

Méthanisations : au-delà des controverses, quelles perspectives ? Dans : *Sénat* [en ligne]. 3 avril 2023. [Consulté le 5 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.senat.fr/rap/r20-872/r20-872.html>

Module d'enseignement ASTEP - Hygiénisation [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <http://uved-ensil.unilim.fr/co/Hygiénisation.html>

« Non aux épandages polluants qui menacent les sites archéologiques des causses du Lot ». *Le Monde.fr* [en ligne]. 30 avril 2018. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/04/30/non-aux-epandages-polluants-qui-menacent-les-sites-archeologiques-des-causses-du-lot_5292671_1650684.html

Produire plus de méthane : La méthanation valorise le CO₂ du biogaz. Dans : *LaFranceAgricole* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 6 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.lafranceagricole.fr/methanisation/article/749509/la-methanation-valorise-le-co2-du-biogaz>

Publication du 6e rapport de synthèse du GIEC. Dans : *Ministères Écologie Énergie Territoires* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/publication-du-6e-rapport-synthese-du-giec>

Qu'est ce qu'une culture intermédiaire à vocation énergétique? Dans : *Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 16 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-quune-culture-intermediaire-vocation-energetique>

Realiser_unite_methanisation_aloferme_0106191.pdf [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://methasynergie.fr/wp-content/uploads/2020/03/Realiser_unite_methanisation_aloferme_0106191.pdf

Tarif rachat EDF 2023 : photovoltaïque, éolien, biométhane... Dans : *Selectra* [en ligne]. 27 juin 2018. [Consulté le 2 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://selectra.info/energie/guides/environnement/rachat-electricite-gaz-edf>

Une « chaîne de solidarité citoyenne en faveur d'une énergie renouvelable ». *Le Monde.fr* [en ligne]. 29 novembre 2017. [Consulté le 26 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/chronique-des-communs/article/2017/11/29/une-chaine-de-solidarite-citoyenne-en-faveur-d-une-energie-renouvelable_5222057_5049504.html

Unités de méthanisation - France métropolitaine - 2020. Dans : *geo.data.gouv.fr* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 13 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://geo.data.gouv.fr/fr/datasets/509aa28b590be07b8b376d25e0be2613aacf71fd>

Annexe 1

Liste d'enquêtés potentiels :

- ABIVIA (association contre la méthanisation) qui nous a redirigé vers Daniel Chateigner
- Ingénieur dans la méthanisation / responsable de la région Normandie chez GRDF
- Agriculteur qui vient d'investir dans un projet de méthanisation
- Association Biomasse Normandie (<https://www.biomasse-normandie.fr/nous-contacter/>)
- Agriculteur détenteur d'une usine de méthanisation depuis plusieurs années

Questionnaire agriculteurs :

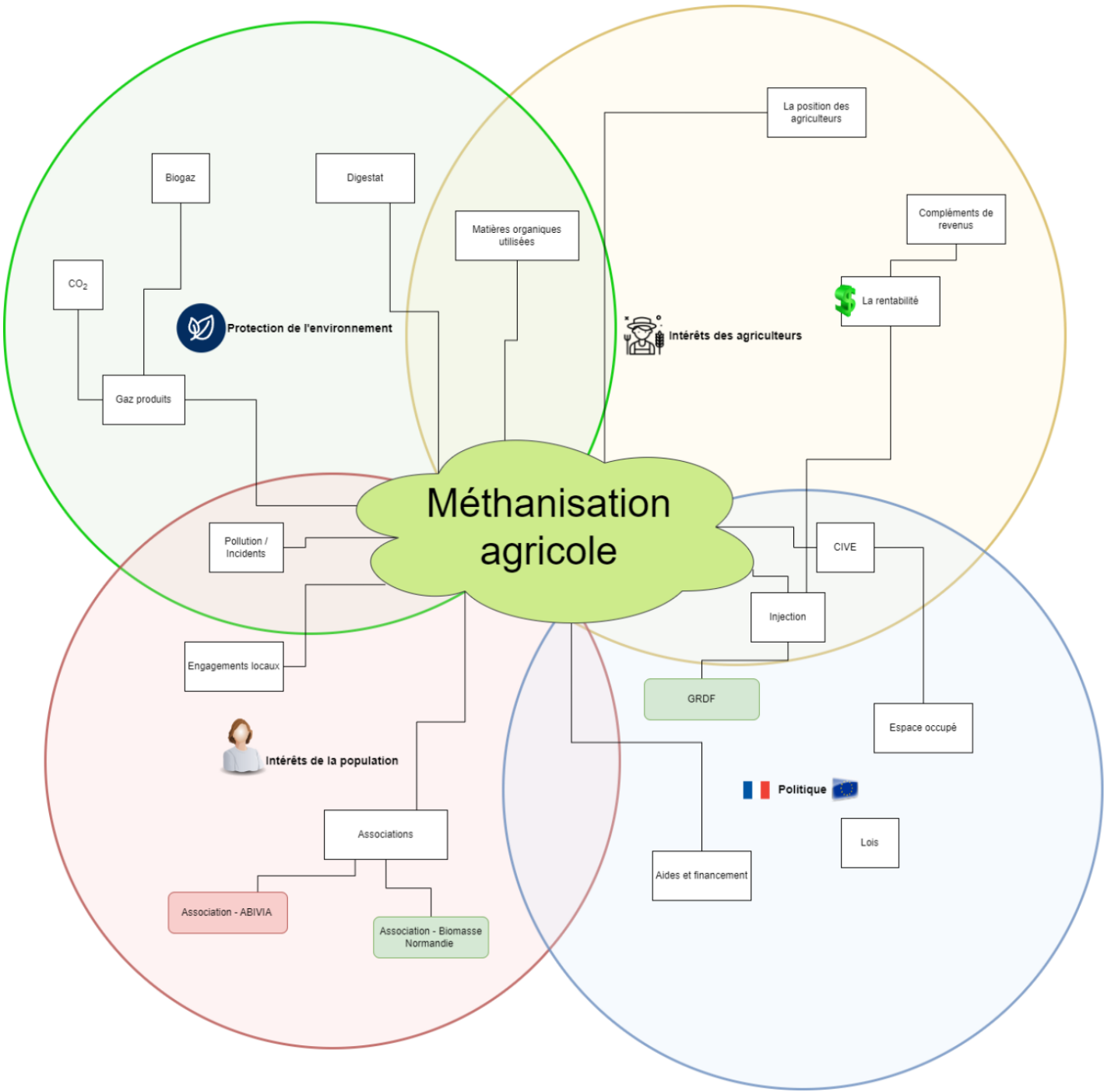
- 1) Pouvez-vous nous expliquer votre projet ?
- 2) Combien êtes-vous dans le projet ?
- 3) A partir de combien de temps votre projet sera-t-il rentable ?
- 4) Quels sont vos motivations pour faire partie de ce projet ?
- 5) Avez-vous pris en compte les retombées environnementales et sociétales ?
- 6) Que comptez-vous mettre dans votre méthaniseur ? Pouvez-vous préciser la part de chaque culture ? Comptez acheter vos intrants ou allez-vous les cultiver ? Est-ce que cela sera de la CIVE (cultures positionnées entre deux cultures principales alimentaires.) ?
- 7) Conseillez-vous aux jeunes agriculteurs de se lancer dans ce type de projet ?
- 8) Votre projet vous demande-t-il beaucoup de temps ?
- 9) Est-ce que cette installation prend beaucoup de place sur votre installation ?
- 10) Avez-vous douté de votre projet ?

Questionnaire Daniel Chateigner (professeur qui lutte contre la méthanisation) :

- 1) Pouvez-vous vous présenter ?
- 2) Quelles sont vos préoccupations liées à la méthanisation ? (Environnementales, sociales,...)
- 3) Avez-vous des inquiétudes concernant les personnes vivant à proximité de ces installations, surtout vis-à-vis de la santé ?
- 4) Ces projets sont-ils acceptés à l'échelle locale ?
- 5) Pensez-vous que la méthanisation entraîne une utilisation inappropriée des terres agricoles ? Quelles sont les conséquences sur la sécurité alimentaire ou d'autres pratiques agricoles ?

Questionnaire Association Biomasse Normandie :

- 1) Pouvez-vous présenter brièvement votre association et son domaine d'activité ?
- 2) Quelle est l'implication de votre association dans le domaine de la méthanisation ?
- 3) Expliquez en quoi consiste la méthanisation agricole.
- 4) Quels sont les impacts positifs et négatifs ? Donnez quelques exemples concrets.
- 5) Quels sont les intérêts de la méthanisation à l'échelle locale ? A l'échelle nationale ?
- 6) Qui sont les principaux acteurs de la méthanisation ? (Etat, sociétés privées, collectivités, ONG, agriculteurs et éleveurs,...)
- 7) Quels sont aujourd'hui les principaux obstacles au développement de la méthanisation ?
- 8) Comment votre association sensibilise-t-elle le public ?
- 9) Comment envisagez-vous l'avenir de la méthanisation et son rôle dans la transition énergétique ?



Cartographie version 0.1

Légende
Enjeu
Acteur CONTRE
Acteur POUR