



# **Nouveaux Systèmes Énergétiques**

Comité stratégique de filière



## **REALISATION NOUVEAUX SYSTEMES ENERGETIQUES**

**GROUPE DE TRAVAIL :** Méthanisation

**SOUS-GROUPE DE TRAVAIL :** Externalités

### **Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles**

**DATE :** Août 2022

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

# Table des matières

---

## Synthèse introductive

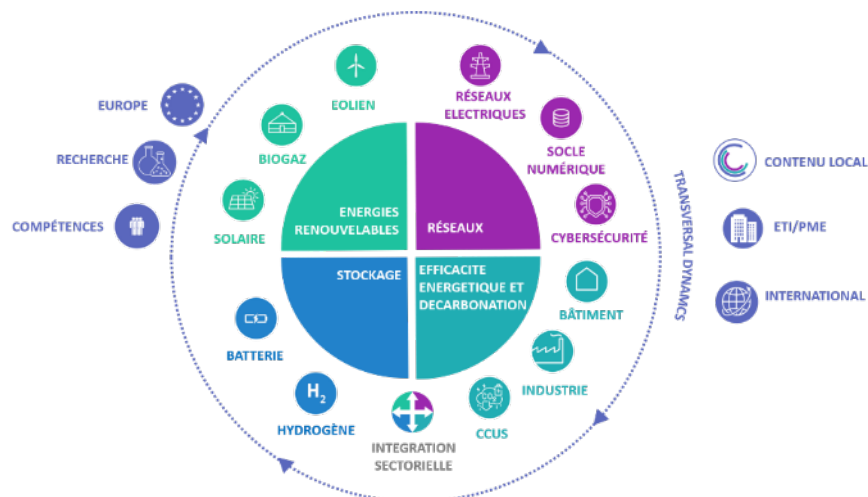
PRESENTATION DU CSF « INDUSTRIE DES NOUVEAUX SYSTEMES ENERGETIQUES ».....	3
PRESENTATION DU GT METHANISATION.....	3
PRESENTATION DE LA DEMARCHE « EXTERNALITES ».....	4
RAPPORT « IMPACT DE LA METHANISATION SUR LA RESILIENCE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES » .....	11

## Rapport « Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles »

<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>14</b>
<b>2 ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET RETOURS DU TERRAIN : IMPACTS DE L'INTRODUCTION DE LA METHANISATION DANS UN SYSTEME AGRICOLE, SUR LA RESILIENCE DES EXPLOITATIONS.....</b>	<b>16</b>
2.1 ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE DU GROUPE DE TRAVAIL.....	16
2.1.1 <i>Méthode</i> .....	16
2.1.2 <i>Principaux enseignements de l'analyse bibliographique</i> .....	17
2.2 RETOURS DE TERRAIN : ENQUETE AUPRES DES AGRICULTEURS METHANISEURS .....	28
2.2.1 <i>Méthode</i> .....	28
2.2.2 <i>Résultats de l'enquête</i> .....	29
2.3 SYNTHÈSE DE LA PARTIE « ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET RETOURS DU TERRAIN » .....	38
<b>3 MODELISATIONS DE CAS D'ETUDE GRACE A L'OUTIL PERFAGRO<sup>P3®</sup> .....</b>	<b>40</b>
3.1 METHODE .....	40
3.1.1 <i>Description de l'outil</i> .....	40
3.1.2 <i>Intérêts de l'outil</i> .....	42
3.1.3 <i>Méthode employée</i> .....	42
3.1.4 <i>Description des scénarios</i> .....	43
3.1.5 <i>Calculs des indicateurs d'évaluation de la résilience</i> .....	46
3.1.6 <i>Jeu de données de la situation de stress économique modélisée en Etape 2</i> .....	47
3.2 RESULTATS .....	47
3.2.1 <i>Résultats de l'Etape 1</i> .....	47
3.2.2 <i>Résultats de l'Etape 2</i> .....	54
3.3 SYNTHÈSE ET LIMITES DES RESULTATS PERFAGRO <sup>P3®</sup> .....	57
<b>4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>60</b>
<b>5 ANNEXES.....</b>	<b>65</b>
5.1 ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE .....	65
5.2 ANNEXE 2 : RESULTATS DETAILLES DE L'ENQUETE .....	72
5.3 ANNEXE 3 : LISTE DES MEMBRES DU COMITE DE PILOTAGE DU SOUS-GT EXTERNALITES .....	86
5.4 ANNEXE 4 : AVIS DU COMITE SCIENTIFIQUE SUR LE RAPPORT .....	88

## Présentation du CSF « Industrie des Nouveaux Systèmes Énergétiques »

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



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

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

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

## Présentation du GT Méthanisation

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

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

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

## Présentation de la démarche « Externalités »

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

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

#### Définition

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

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

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

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

Par ailleurs, l'approfondissement des connaissances sur les externalités permet d'éclairer les réflexions sur le juste niveau de soutien à accorder à cette filière en plein développement. En 2020, 91 unités de production de biométhane ont ainsi été mises en service, portant à 214 le nombre total d'installations en opération (+75%). Avec un très large portefeuille de projets en file d'attente, la filière biométhane est en ordre de marche pour opérer, et même accélérer, la nécessaire transition énergétique du secteur gazier. Les 1 100 projets inscrits au registre de capacités fin 2020 représentaient un potentiel de production annuel de 26 TWh<sup>1</sup>, excédant dès à présent largement les objectifs fixés par la PPE<sup>2</sup> pour 2028 (14 à 22 TWh/an).

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

<sup>2</sup> PPE : programmation pluriannuelle de l'énergie

De premiers travaux ont mis en évidence l'importance et la variété de ces externalités. Dans son rapport « *Renforcer la compétitivité de la filière biométhane française* » réalisé pour le compte de GRDF, GRTgaz, l'ATEE et le Syndicat des Énergies Renouvelables, Enea Consulting a notamment effectué une évaluation préliminaire de la valeur associée à certaines externalités de la filière, qui pourraient ainsi représenter de 55 à 85€ par MWh de biométhane produit<sup>3</sup>.

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

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

### Membres du Comité de pilotage



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

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

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

Si les acteurs de la filière se sont pleinement emparés du sujet des externalités, d'autres institutions ont depuis souligné l'importance d'une juste prise en compte des services rendus par les unités de méthanisation. Le comité de prospective de la Commission de Régulation de l'Énergie a notamment mis en évidence en 2019 la nécessité d'une intégration des externalités dans le modèle économique de la méthanisation<sup>4</sup>, afin d'en asseoir la pertinence économique et environnementale. L'année suivante, l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) a plaidé pour un rehaussement des objectifs de développement de la filière, en remettant en avant l'importance des externalités<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Enea Consulting, Renforcer la compétitivité de la filière biométhane française, 2018

<sup>4</sup> Comité de prospective de la Commission de Régulation de l'Énergie, Verdissement du Gaz, 2019

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

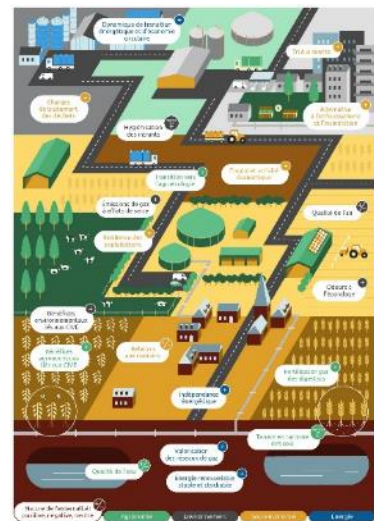
## Le constat : Les projets de méthanisation sont à l'origine d'une multitude d'externalités

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

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

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

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



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

### Illustration

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

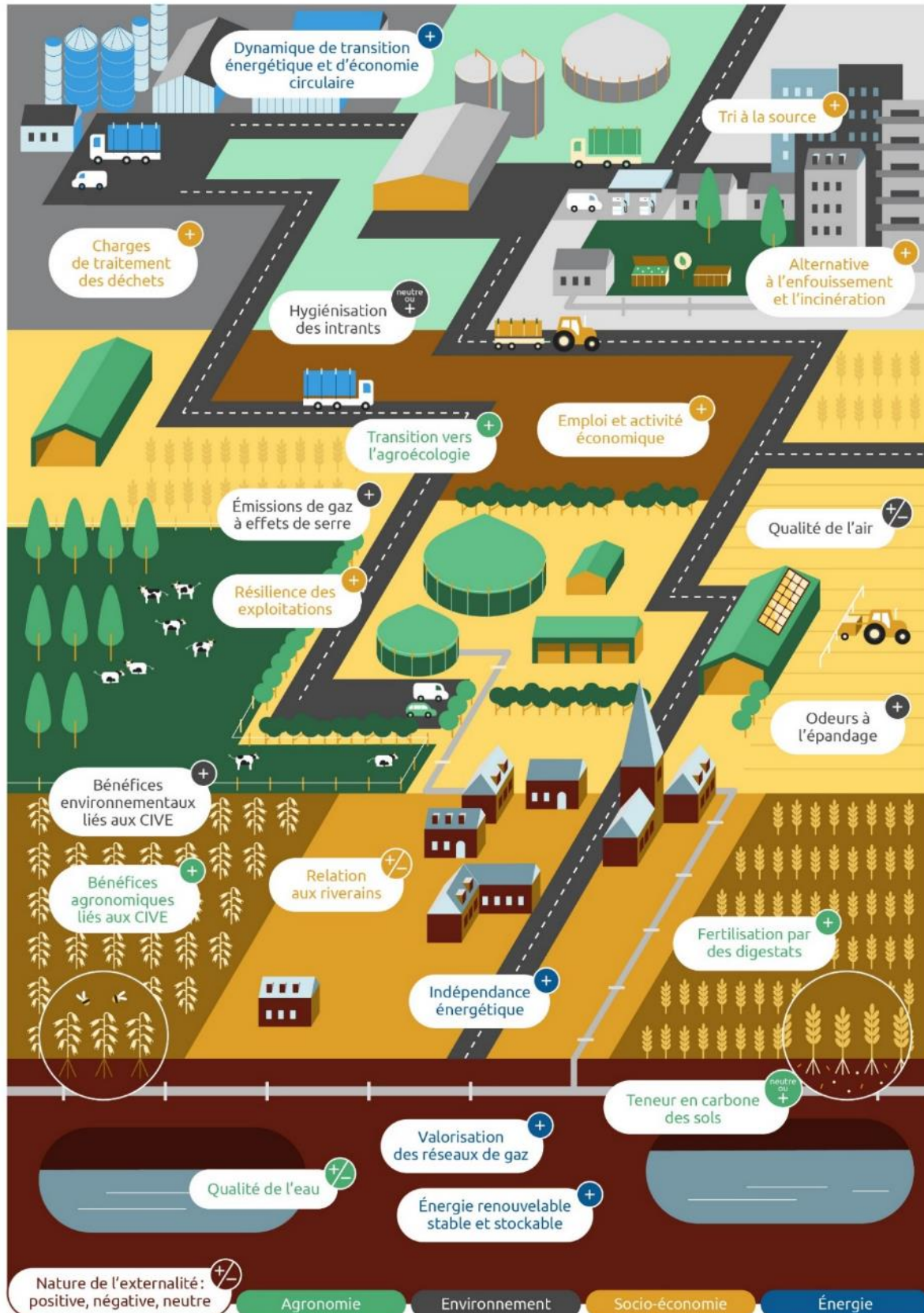
*Le bilan carbone varie également d'une unité à l'autre, en fonction par exemple du mix d'intrants, du matériel et des pratiques d'épandage, ou encore des installations de stockage des intrants.*

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



## Schéma : Cartographie des externalités générées par la filière méthanisation

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



## Qualité de l'eau : résumé des travaux

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

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

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

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

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

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

### Quel lien entre méthanisation et qualité de l'eau ?

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

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



## Émissions de gaz à effet de serre : résumé des travaux

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

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

*La combustion de biométhane donne lieu à des émissions de CO<sub>2</sub> dit biogénique, provenant du CO<sub>2</sub> stocké dans la biomasse et capturé lors de la photosynthèse. Ces émissions sont considérées comme relevant du cycle court du carbone et présentent donc un impact nul sur le climat (au contraire des émissions de CO<sub>2</sub> « fossiles »).*

*Au-delà de la combustion du biométhane, les étapes associées à sa production sont naturellement à l'origine d'émissions induites (ex : émissions de CO<sub>2</sub> dues au transport des intrants) et d'émissions évitées (ex : émissions à l'épandage des effluents non digérés). L'évaluation de l'empreinte carbone du biométhane nécessite ainsi l'évaluation et la prise en compte de l'ensemble de ces contributions.*

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

**Rédaction d'un rapport pédagogique explicitant les principales méthodes de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre liées à la production de biométhane.** Dans un premier temps, un rapport pédagogique<sup>6</sup> explicitant l'enjeu lié à la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre associées au biométhane a été rédigé. Également disponible sous la forme d'une synthèse exécutive, ce rapport répond à un besoin de clarification et d'explication, exacerbé par la coexistence de plusieurs méthodologies distinctes. Le document introduit ainsi quatre méthodes de comptabilisation de référence utilisées dans le cadre français, en détaillant les différences, les raisons d'être, ainsi que les principaux résultats de chacune d'entre elles.

**Développement d'une méthodologie de comptabilisation permettant d'évaluer les réductions d'émissions d'un projet de méthanisation.** Le groupe a également travaillé à l'élaboration d'un nouveau mécanisme de comptabilisation, ouvrant la porte à une évaluation des réductions d'émissions directement à l'échelle d'un projet de méthanisation. La méthode et l'outil associés seront ainsi rendus publics, permettant à tout porteur de projet d'évaluer le bilan gaz à effet de serre de son projet. La méthode sera en outre proposée dans le cadre du Label Bas Carbone<sup>7</sup> afin de permettre aux unités respectant un certain nombre de conditions prédéfinies de bénéficier d'un financement complémentaire. En particulier, les projets souhaitant bénéficier d'une labellisation seront soumis à une liste de critères d'éligibilité ayant vocation à garantir leur exemplarité d'un point de vue environnemental.

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

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

## Traitement des déchets : résumé des travaux

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

### Quel lien entre méthanisation et traitement des déchets ?

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

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

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

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

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

# Rapport « Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles »

Cette note de synthèse a été rédigée sous l'égide du groupe de travail « Résilience des exploitation agricoles et méthanisation » par Agrosolutions, dans le cadre des travaux du Contrat Stratégique de Filière « Nouveaux Systèmes Energétiques ».

## Auteurs de la note

**Léa Bounhoure**

Consultante agriculture et environnement



**Mickaël Pourcelot**

Manager Senior Agriculture et Innovation

Agrosolutions est un cabinet d'expertise-conseil, filiale du premier groupe coopératif agricole InVivo, qui accompagne le monde agricole et agroalimentaire, ainsi que les acteurs de l'eau et de l'aménagement du territoire, dans leur développement, la maîtrise de leurs impacts et la gestion de leurs actifs naturels.

## Membres du groupe de travail



**Structure associée aux travaux :** Sophie Carton (AgroParis Tech Innovation, CEREOPA)



## Résilience des exploitations agricoles : résumé des travaux

La résilience d'une exploitation agricole, c'est-à-dire sa **capacité à résister et à s'adapter à un stress**, est essentielle pour assurer sa **pérennité**. Toutefois, il s'agit d'un concept complexe et multifactoriel. La mise en place d'un méthaniseur dans un système agricole va avoir des conséquences sur la capacité de résilience de l'exploitation, face aux différents risques auxquels elle est exposée (risques sur les prix, sur les productions et facteurs de productions, risques institutionnels, humain ou encore financiers). L'objectif principal de cette étude était donc de déterminer **quels sont les impacts de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles**, en analysant la littérature existante et en collectant des données auprès du monde agricole, ainsi qu'en définissant des indicateurs permettant d'évaluer l'impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles.

### Quel lien entre méthanisation et résilience ?

*L'introduction d'un méthaniseur sur une exploitation agricole, entraîne des modifications d'organisation et de pratiques agricoles qui vont avoir un impact sur la performance du système et sur sa capacité de résilience.*

*En effet, la méthanisation peut entraîner des changements sur les pratiques de fertilisations (production de digestat), sur les systèmes de cultures (introduction de Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétiques) et les conduites d'élevage. Par ailleurs, la production d'énergie permet une diversification et une sécurisation des revenus. Enfin, sur le volet social, la méthanisation entraîne des changements d'organisation des chantiers agricoles et un nouveau besoin de compétences.*

Dans un premier temps, une **analyse bibliographique** a permis de réaliser une matrice d'évaluation de la résilience, qui a servi de base à la **définition d'indicateurs**. Ces indicateurs ont ensuite pu être évalués de manière qualitative grâce à une enquête en ligne auprès de **55 agriculteurs méthaniseurs**, puis de manière quantitative avec les **modélisations de cas d'étude à l'aide de l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>®**. Ces modélisations ont permis d'avoir une approche relative de scénarios avec et sans méthanisation, mais aussi d'avoir une approche dynamique en modélisant un **stress économique** et en analysant la réponse à ce stress. Deux types de systèmes ont pu être analysés : un système polyculture avec un méthaniseur en injection, et un système polyculture-élevage avec un méthaniseur en cogénération.

L'analyse bibliographique et les retours de terrain témoignent d'une **meilleure résilience** des systèmes avec méthanisation, avec des résultats d'enquête plutôt représentatifs de grandes exploitations de la moitié Nord de la France. Les modélisations de cas d'étude à l'aide de PerfAgro<sup>P3</sup>® ont permis de mettre en avant des **facteurs de résilience** (valorisation des compétences présentes en élevage, diminution de la dépendance à l'azote minéral, construction d'une stratégie d'alimentation du méthaniseur en cohérence avec le contexte de l'exploitation agricole et le contexte territorial, diversification des revenus) **et des facteurs de vulnérabilité** (besoin en main d'œuvre qualifiée, augmentation des charges d'épandage et de la consommation de carburant). Par ailleurs, en situation de stress économique, la **méthanisation offre un plus grand nombre de stratégies de résistance et d'adaptation possibles**, notamment grâce à la **revente d'énergie, la valorisation supplémentaire des ressources agricoles et la production de digestat qui vient se substituer aux engrais minéraux**.

La méthanisation s'inscrivant dans une logique d'économie circulaire et d'ancrage local, il serait également pertinent d'étendre l'analyse des impacts de la méthanisation à la **résilience des territoires**, dans la continuité des travaux initiés



## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET RETOURS DU TERRAIN : IMPACTS DE L'INTRODUCTION DE LA METHANISATION DANS UN SYSTEME AGRICOLE, SUR LA RESILIENCE DES EXPLOITATIONS</b>	<b>16</b>
2.1	ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE DU GROUPE DE TRAVAIL	16
2.1.1	<i>Méthode</i>	16
2.1.2	<i>Principaux enseignements de l'analyse bibliographique</i>	17
2.2	RETOURS DE TERRAIN : ENQUETE AUPRES DES AGRICULTEURS METHANISEURS	28
2.2.1	<i>Méthode</i>	28
2.2.2	<i>Résultats de l'enquête</i>	29
2.3	SYNTHESE DE LA PARTIE « ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET RETOURS DU TERRAIN »	38
<b>3</b>	<b>MODELISATIONS DE CAS D'ETUDE GRACE A L'OUTIL PERFAGRO<sup>P3®</sup></b>	<b>40</b>
3.1	METHODE	40
3.1.1	<i>Description de l'outil</i>	40
3.1.2	<i>Intérêts de l'outil</i>	42
3.1.3	<i>Méthode employée</i>	42
3.1.4	<i>Description des scénarios</i>	43
3.1.5	<i>Calculs des indicateurs d'évaluation de la résilience</i>	46
3.1.6	<i>Jeu de données de la situation de stress économique modélisée en Etape 2</i>	47
3.2	RESULTATS	47
3.2.1	<i>Résultats de l'Etape 1</i>	47
3.2.2	<i>Résultats de l'Etape 2</i>	54
3.3	SYNTHESE ET LIMITES DES RESULTATS PERFAGRO <sup>P3®</sup>	57
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>65</b>
5.1	ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE	65
5.2	ANNEXE 2 : RESULTATS DETAILLES DE L'ENQUETE	72
5.3	ANNEXE 3 : LISTE DES MEMBRES DU COMITE DE PILOTAGE DU SOUS-GT EXTERNALITES	86
5.4	ANNEXE 4 : AVIS DU COMITE SCIENTIFIQUE SUR LE RAPPORT	88



## 1 Introduction

Par définition, la résilience désigne la « capacité à résister et à s'adapter aux aléas et aux chocs ». C'est une notion qui fait intervenir des mécanismes complexes et multifactoriels, que l'on peut détailler de la manière suivante (CEREMA, 2020, Figure 1) :

- **Capacité à résister** : rend compte de la vulnérabilité du système au choc. Un système plus résilient aura une meilleure capacité de résistance et pourra maintenir son état initial de performance plus longtemps ;
- **Capacité à absorber** : le système subit les effets de la perturbation et essaye de les gérer. Un système plus résilient sera capable de limiter la baisse de performance ;
- **Capacité à recouvrer** : le système réagit pour rétablir son état initial, il s'adapte à la perturbation. Un système plus résilient sera capable de retrouver ses performances initiales ;
- **Capacité à évoluer** : le système se transforme vers un nouvel équilibre qui lui permettra d'être plus résilient.

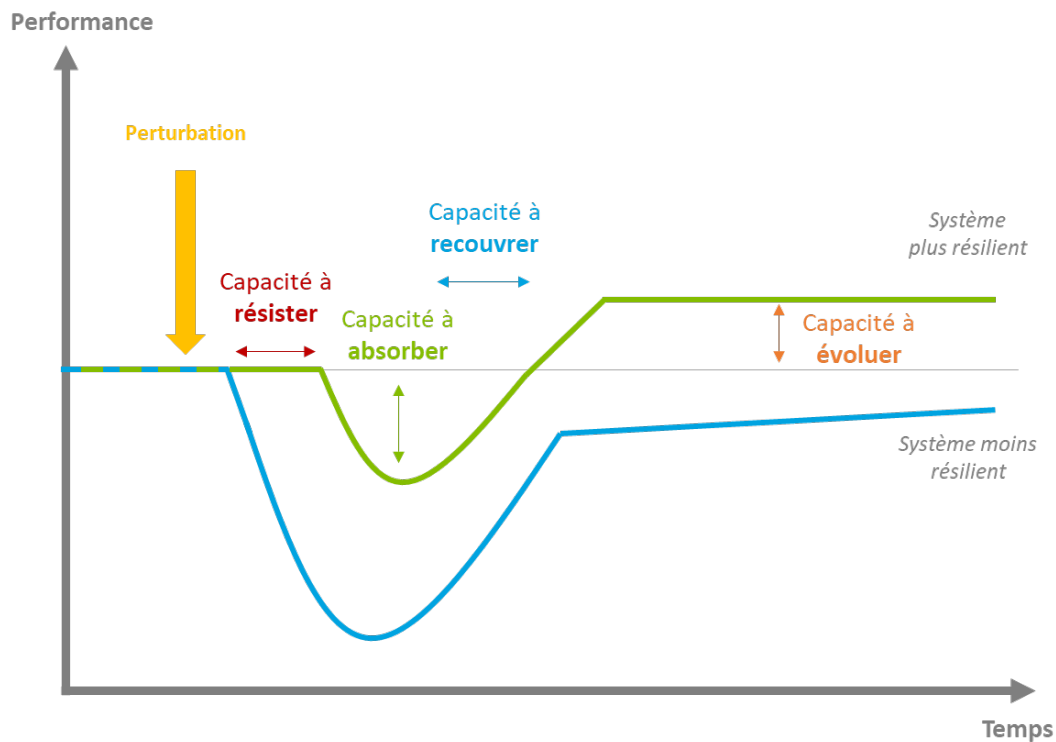


Figure 1 : Schéma du principe de la résilience, d'après CEREMA, 2020.

Employée pour la première fois en 2015 lors de la crise laitière, la notion de résilience en agriculture fait désormais partie du langage commun. En effet, l'agriculture est un secteur particulièrement soumis et vulnérable aux aléas et aux chocs, avec des impacts directs et indirects sur les activités de production : aléas climatiques, manque de compétitivité économique, manque de main d'œuvre, etc. Pour maintenir la pérennité et la durabilité de ses activités, un système agricole doit donc actionner des leviers économiques, environnementaux, agronomiques et sociaux. Il existe une grande diversité de modèles de résilience, du fait de la grande diversité des systèmes agricoles et des profils d'agriculteurs vis-à-vis de leur gestion du risque notamment.



A l'heure où notre société recherche des modèles de production décarbonés et durables, la méthanisation, qui consiste à produire du biogaz (mélange de méthane CH<sub>4</sub> et de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>) par digestion de substrats fermentescibles, se développe dans les exploitations agricoles. En France, ces méthaniseurs fonctionnent avec une majorité d'intrants d'origine agricole (effluents d'élevages, cultures intermédiaires, résidus de cultures, cultures énergétiques, ...). Le biogaz est ensuite valorisé ; soit par une génératrice qui brûle le biogaz pour produire de l'électricité qui sera injectée sur le réseau et de la chaleur qui aura vocation à être valorisée directement ; soit par injection directe du CH<sub>4</sub> dans le réseau de gaz après avoir retiré le CO<sub>2</sub> du biogaz (CSF NSE, AILE, 2021).

L'introduction d'un méthaniseur sur une exploitation agricole, entraîne des modifications d'organisation et de pratiques agricoles qui vont avoir un impact sur la performance du système et sur sa capacité de résilience. Cette capacité est susceptible d'être améliorée notamment via une diversification et une sécurisation des revenus, une moindre utilisation d'engrais minéraux azotés ou encore l'introduction de Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique (CIVE) dans les assolements. Les externalités positives générées par la méthanisation, dont le gain de résilience mentionné précédemment, doivent être évaluées et, si possible, valorisées pour contribuer pleinement à la transition agroécologique et énergétique de nos modèles de production. L'objet de cette étude est donc de déterminer **quels sont les impacts de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles.**

Plus précisément, cette étude a pour objectifs :

- 1) D'analyser la littérature existante et collecter des données auprès du monde agricole
- 2) De définir des indicateurs permettant d'évaluer l'impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles.

Ce travail a été réalisé grâce au support du Groupe de Travail (GT) « Résilience des exploitations agricoles » du Comité Stratégique de Filière « Nouveaux Systèmes Energétiques », composé d'acteurs de la filière méthanisation et représentatifs des secteurs agricoles et de l'énergie.

Cette étude s'est déroulée en trois phases (Figure 2). Dans un premier temps, une analyse bibliographique, complétée par les retours d'expérience du GT, a permis de définir des indicateurs d'évaluation de la résilience de l'exploitation agricole. Ensuite, une phase d'enquête auprès des agriculteurs-méthaniseurs a permis d'objectiver ces indicateurs de manière qualitative. Enfin, des modélisations de cas d'étude ont été réalisées grâce à l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>®, permettant de calculer certains indicateurs. Ces modélisations ont permis d'avoir une approche relative de scénarios avec et sans méthanisation, mais aussi d'avoir une approche dynamique en modélisant un stress économique et en analysant la réponse à ce stress.

Bien que menée pour partie préalablement au conflit russo-ukrainien, cette étude fait particulièrement sens dans le contexte actuel de forte hausse du prix de l'énergie et des matières premières, ainsi que de forts bouleversements sur les échanges commerciaux en Europe et dans le monde.<sup>8</sup>

L'approche dynamique de réponse à un stress économique, sur base de données pour le prix des intrants correspondant à ceux relevés au début du printemps 2022, permet d'apporter des éléments sur l'intérêt de la méthanisation dans ce type de contexte, sous réserve des hypothèses de modélisations retenues.

<sup>8</sup> <https://www.latribune.fr/economie/international/le-choc-de-la-guerre-en-ukraine-entraîne-une-flambée-durable-des-prix-des-matieres-premieres-915660.html#:~:text=Les%20prix%20des%20m%C3%A9taux%20en%20hausse%20de%2016%25&text=En%20cas%20de%20guerre%20prolong%C3%A9e,%C2%BB%2C%20avertit%20la%20Banque%20mondiale.>

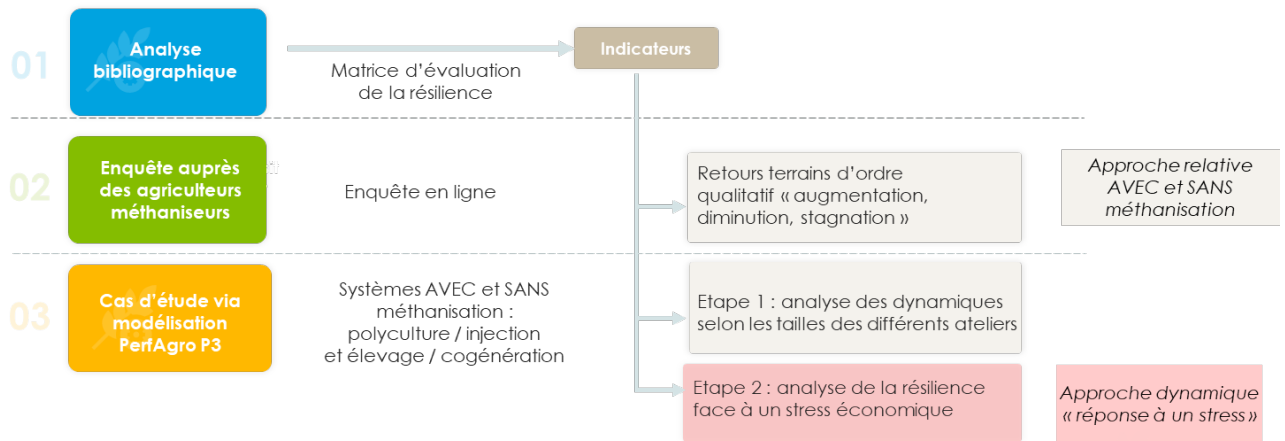


Figure 2 : Démarche méthodologique mise en place pour évaluer la résilience des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation.

## 2 Analyse bibliographique et retours du terrain : impacts de l'introduction de la méthanisation dans un système agricole, sur la résilience des exploitations

### 2.1 Analyse bibliographique et retour d'expérience du Groupe de Travail

#### 2.1.1 Méthode

Cette première analyse s'est appuyée sur une revue bibliographique ainsi que sur l'expertise du GT mobilisé pour cette étude, afin de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les principaux risques qui pèsent sur une exploitation agricole ?
- Quels sont les pratiques et changements induits par la méthanisation qui vont impacter la résilience de l'exploitation agricole ?
- En quoi ces pratiques agricoles et changements permettent de répondre à un risque ?
- Quelles sont les externalités positives générées par ces pratiques et changements induits par la méthanisation ?
- Quels sont les points de vigilances associés à ces pratiques et changements induits par la méthanisation ?
- Quels sont les indicateurs de suivi associés aux pratiques et changements induits par la méthanisation, en lien avec la résilience ?

Pour répondre à ces questions, une matrice a été réalisée de la manière suivante (Figure 3) : les en-têtes de ligne correspondent aux « pratiques et aux changements induits par la méthanisation », les six premiers en-têtes de colonne correspondent aux grandes catégories de « risques identifiés », et les croisements entre ces lignes et ces colonnes détaillent « en quoi » une pratique/changement permet de répondre à un risque. Par ailleurs, une colonne « Externalités positives » et une colonne « Points d'attention » ont également été ajoutées. On entend par « externalité », les conséquences qu'une pratique peut avoir sur les différents écosystèmes, dont la société et autrui pourront tirer bénéfice. Enfin, les « Points d'attention » correspondent aux points de vigilance et aux inconvénients potentiellement engendrés.

Une fois cette matrice réalisée, des indicateurs en lien avec ces pratiques et changements induits par la méthanisation ont été déterminés, afin d'objectiver la notion de résilience.



Figure 3 : Construction de la matrice permettant d'analyser les impacts de l'introduction de la méthanisation dans un système agricole, sur la résilience des exploitations.

## 2.1.2 Principaux enseignements de l'analyse bibliographique

### 2.1.2.1 Quels sont les risques ?

La notion de risque agricole est définie comme la conséquence néfaste pour une exploitation agricole d'un événement aléatoire. Le risque peut ainsi être représenté par une variable aléatoire et sa probabilité d'occurrence (Cordier et al., 2008).

Dans le cadre de cette étude, il convient de distinguer les risques qui pèsent sur l'exploitation agricole de ceux qui pèsent sur l'unité de méthanisation. L'Organisation de Coopération et de Développement économique (OCDE) propose un cadre d'étude des risques rencontrés dans une exploitation agricole (Antón, J. ed., 2009). Dans cette étude, plusieurs systèmes de classification des risques sont proposés. Les auteurs rappellent que les frontières entre les différentes classes de risques sont relativement floues et peuvent varier selon les publications. Dans cette étude, c'est la classification proposée par l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture qui a été retenue (APCA, 2022).

Six grandes catégories de risques sont identifiées au niveau de l'exploitation agricole (APCA, 2022 ; Figure 4) :

- Les **risques sur les facteurs de production**, c'est-à-dire sur la main d'œuvre, le matériel et le foncier ;
- Les **risques financiers**, tels que le non-paiement des clients, les créances, l'endettement, ou l'accès aux crédits bancaires ;
- Les **risques humains**, tels que les aspects relationnels et organisationnels, les conditions d'installation ou de transmission, la santé des exploitants et des salariés ou encore l'image de l'agriculture (agribashing) ;
- Les **risques institutionnels** liés aux évolutions réglementaires ;
- Les **risques sur les prix**, associés aux prix de vente des productions mais aussi aux prix des intrants ;

- Les **risques sur les productions agricoles**, tels que les aléas climatiques, les pressions phytosanitaires et les dégâts par les ravageurs des cultures ou par autrui.

Concernant l'unité de méthanisation, sept grandes catégories de risques peuvent être distinguées (Figure 5) :

- Les **risques sur l'élaboration du projet**, liés notamment à la réglementation (en particulier la réglementation ICPE<sup>9</sup>), à la gouvernance et aux relations avec les partenaires ;
- Les **risques sur le gisement**, liés à la stratégie d'approvisionnement du méthaniseur et donc de la disponibilité des substrats, de leur potentiel méthanogène et de leur coût ;
- Les **risques sur la communication**, liés à un manque de transparence et de communication positive autour du méthaniseur, qui peuvent engendrer une dégradation des relations avec le voisinage et les acteurs locaux, et nuire à l'acceptabilité et à la mise en place du projet ;
- Les **risques sur l'installation**, liés à des défauts de conception, de construction ou de raccordement au réseau ;
- Les **risques sur l'exploitation**, tels que des défauts de sécurité ou de maintenance, des problèmes de main d'œuvre (effectifs ou compétences requises) ou de gestion administrative ;
- Les **risques sur l'économie**, liés aux importants investissements initiaux pour le méthaniseur et aux tarifications de l'énergie produite ;
- Les **risques sur la valorisation du digestat**, liés à la réglementation, à la composition du digestat et à l'augmentation des volumes à épandre

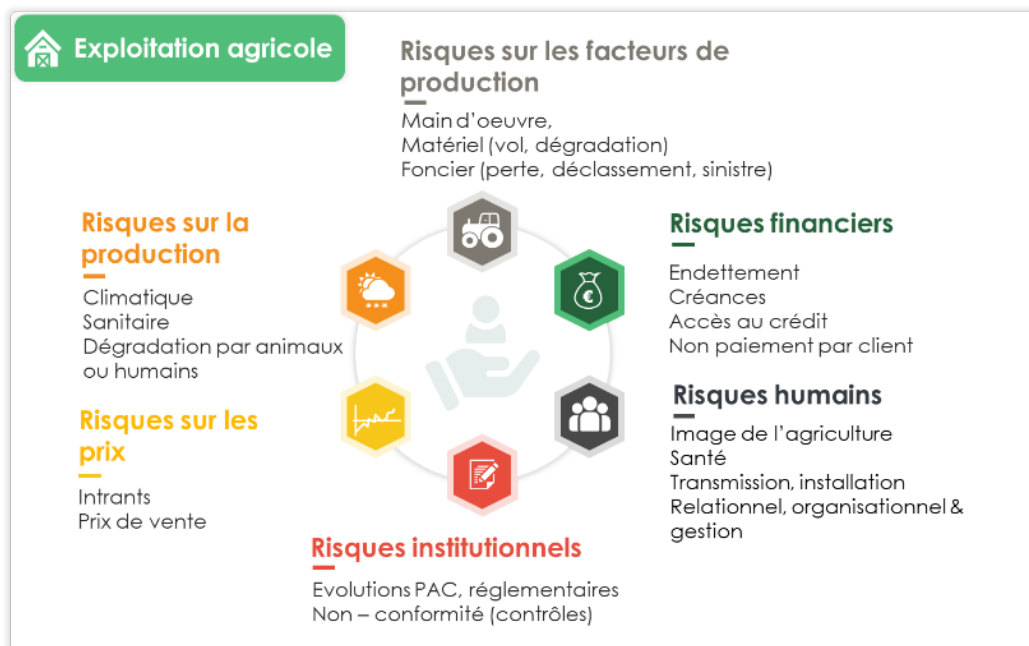


Figure 4 : Les risques pouvant peser sur une exploitation agricole (APCA, 2022 ; Agrosolutions, 2022).

<sup>9</sup> Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.





Figure 5 : Les risques pouvant peser sur une unité de méthanisation (Agrosolutions, 2022).

L'unité de méthanisation peut être intégrée dans l'entité d'une exploitation agricole, mais en général, il y a création d'une société spécifique pour l'unité de méthanisation. **La matrice d'évaluation de la résilience réalisée (Tableau 1) se concentre sur les risques qui pèsent sur l'exploitation agricole en tant que telle et non sur l'unité de méthanisation.** En effet, il s'agit ici de considérer une situation « avant » et une situation « après », pour pouvoir mesurer l'impact de l'introduction d'un méthaniseur sur la capacité de résilience de l'exploitation agricole initiale.

En particulier, le sujet du risque sur l'acceptabilité du projet de méthanisation n'est ici pas approfondi. En effet, ce risque ne correspond pas au périmètre de l'étude puisqu'il intervient en amont de la mise en place du méthaniseur. De nombreuses études s'intéressent toutefois à ce sujet.<sup>10,11,12</sup>

### 2.1.2.2 Impacts de l'introduction de la méthanisation dans un système agricole, sur la résilience des exploitations agricoles

La résilience de l'exploitation agricole est définie comme sa capacité résister et à s'adapter aux chocs, donc sa capacité à encaisser les événements aléatoires qui composent les risques. L'installation d'une unité de méthanisation entraîne des changements de pratiques et d'organisation sur l'exploitation agricole, qui peuvent jouer un rôle dans la capacité de résilience de l'exploitation, lorsqu'ils permettent de limiter les conséquences des aléas. Ces pratiques et changements induits par la méthanisation au sein d'une exploitation agricole sont ici associés à cinq thématiques principales : les pratiques de fertilisation, les productions végétales, l'élevage, la production d'énergie et le volet socioéconomique.

Les impacts et les leviers engendrés par une unité de méthanisation sont recensés de manière détaillée dans la matrice d'évaluation de la résilience (Tableau 1). Ils sont principalement issus des études

<sup>10</sup> Quelia, ADEME, 2018. Informer et dialoguer autour d'un projet de méthanisation. <https://atee.fr/energies-renouvelables/club-biogaz/guide-informer-et-dialoguer-autour-dun-projet-de-methanisation>

<sup>11</sup> Energie partagée, 2022. Codévelopper un projet EnR citoyen : comment concilier les intérêts privés et territoriaux ? <https://energie-partagee.org/wp-content/uploads/2022/05/Note-Codeveloppement-Web-energie-partagee.pdf>

<sup>12</sup> Bourdin, 2019. Le NIMBY ne suffit plus ! Étude de l'acceptabilité sociale des projets de méthanisation. <https://journals.openedition.org/espacepolitique/6619>



réalisées par Solagro (2018) et AILE (2019) ainsi que des travaux d'Agrosolutions et du GT Résilience. Certains points ont toutefois, été étayés par d'autres publications scientifiques.

En complément de la matrice, quelques points marquants de consensus et de divergence peuvent être mis en avant ci-dessous :

- **Pour les pratiques de fertilisation**, l'utilisation de digestat en substitution d'engrais minéraux permet en particulier, d'améliorer la résilience face au risque « prix de l'azote », grâce à une meilleure autonomie azotée<sup>3,6</sup>. Toutefois, d'autres leviers de résilience liés à l'utilisation du digestat sont encore questionnés par la communauté scientifique, comme le bénéfice potentiel du digestat sur la fertilité biologique des sols<sup>5</sup>. L'utilisation de digestat entraîne également une réorganisation des chantiers d'épandage.
- **Pour les productions végétales**, l'introduction dans le système de culture de CIVE ou CIMSE (Cultures Intermédiaires à Multiservices Environnementaux) va entraîner certains bénéfices environnementaux liés à une meilleure couverture du sol et à un apport de résidus au sol après la récolte. Ces bénéfices vont ainsi avoir un effet sur les risques sur la production (pression bioagresseur) ou les facteurs de production (qualité des sols). La couverture végétale et l'allongement des rotations permet de limiter le développement des adventices<sup>11,12</sup> mais la réelle diminution des charges phytosanitaires est difficile à prouver car fortement dépendante des conditions pédoclimatiques<sup>9</sup>.  
Par ailleurs, ces cultures peuvent garantir à l'agriculteur un revenu, parfois contractualisé, à partir d'une culture sur une période normalement non productive.  
Néanmoins, les CIVE peuvent aussi entraîner une compétition avec la culture principale et la production alimentaire<sup>13</sup>, et des risques agronomiques sur les sols.
- **Pour l'élevage**, l'augmentation de la fréquence de curage semble avoir des effets sur le bien-être du troupeau et les risques sanitaires mais ces derniers éléments sont difficiles à évaluer car très dépendants des contextes.  
La gestion des effluents est également plus vertueuse dans le cadre de la méthanisation, ce qui peut, en particulier, avoir un effet sur les risques liés aux évolutions réglementaires (stockage des effluents). Le digestat permettrait également une meilleure productivité en biomasse des prairies amendées mais ce point ne fait pas consensus<sup>15</sup>.
- **La production d'énergie** à partir de matières premières agricoles ou de déchets du territoire, va quant à elle, permettre de diversifier les sources de revenus de l'exploitation<sup>2</sup> et offrir un nouveau débouché aux matières premières agricoles telles que les effluents d'élevage, limitant les risques sur les prix.
- **Pour le volet socio-économique**, l'introduction d'un méthaniseur va entraîner un changement d'organisation des chantiers agricoles, une création d'emplois directs et indirects<sup>4</sup> (améliorant la résilience des exploitations vis-à-vis des risques financiers et humains), la montée en compétences de l'exploitant, mais également la surcharge de travail et la charge mentale engendrées pour ce dernier.  
Par ailleurs, le développement d'une méthanisation vertueuse et durable s'inscrit également dans une logique d'économie circulaire et constitue un véritable levier de transition agroécologique, par les pratiques et changements qu'elle induit au sein d'une exploitation agricole.



Tableau 1 : Matrice permettant d'analyser les conséquences sur la résilience, de l'introduction de la méthanisation dans un système agricole (Agrosolutions, GT Résilience, Solagro 2018<sup>1</sup>, AILE 2019<sup>2</sup>).

Pratiques agricoles et changements liés à l'intégration d'un atelier de méthanisation sur une exploitation agricole	Risque sur les facteurs de production	Risque financier	Risque humain	Risque institutionnel	Risque sur les prix	Risque sur la production	Externalités positives	Points de vigilance
Faire évoluer l'organisation des chantiers agricoles 		Diminution des charges opérationnelles (ex : épandage collectif) <sup>3,6</sup>	Coopération (projets collectifs)					- Astreintes, organisation des chantiers nécessaire - Risque d'augmentation des charges d'épandage
Créer et pérenniser des emplois 	Création d'emplois locaux non délocalisables <sup>4</sup>		L'exploitation est plus attractive et attire plus de salariés, ce qui facilite l'embauche sur l'exploitation				Création « indirecte » d'emplois : bureaux d'étude, fabricants d'unités, acteurs de la chaîne gazière... <sup>4</sup>	- Travail avec astreintes, difficultés à trouver de la main d'œuvre dans certaines régions <sup>3</sup>
Monter en compétences 			Valorisation du métier d'agriculteur					- Charge mentale liée au bon fonctionnement de l'unité de méthanisation - Besoin de formation spécifique pour la gestion du méthaniseur
Substituer les engrais minéraux par du digestat 	Effet bénéfique potentiel sur la vie du sol : favorise le développement de la macrofaune (i.e. lombrics) et des microorganismes <sup>5</sup>	Diminution des charges opérationnelles (mutualisation des chantiers d'épandage) <sup>6</sup>		Moins exposé à un potentiel durcissement de la réglementation sur l'utilisation des engrais minéraux	Autonomie azotée : économies sur l'achat d'engrais minéraux, disponibilité des intrants car autoproduction <sup>6</sup>		Diminution des émissions de GES de l'exploitation	- Réglementation et conditions d'épandage (plan d'épandage) - Augmentation des charges de mécanisation et du temps d'épandage, provoquée par l'augmentation de la surface amendée <sup>6</sup> - Flux logistiques plus importants
Substituer les effluents d'élevage par du digestat 		Diminution des charges opérationnelles (grâce au plan d'épandage du digestat, moins contraignant qu'un effluent peu équilibré)	Diminution des émissions odorantes par rapport à l'épandage d'effluent (favorise l'acceptabilité des citoyens et contribue à donner une image positive de l'agriculture)		Quantités apportées moins importantes car meilleure efficacité azotée du digestat (notamment sa phase liquide) par rapport à un effluent brut		Diminution des reliquats azotés, et donc des risques de lixiviation des nitrates dans les eaux <sup>7</sup>	- Réglementation et conditions d'épandage (plan d'épandage)



Pratiques agricoles et changements liés à l'intégration d'un atelier de méthanisation sur une exploitation agricole	Risque sur les facteurs de production	Risque financier	Risque humain	Risque institutionnel	Risque sur les prix	Risque sur la production	Externalités positives	Points de vigilance
<p>Introduire de nouvelles cultures / diversifier les assolements</p> 	<p>Effets bénéfiques potentiels des CIVE sur la qualité des sols et leur activité biologique : meilleure couverture des sols, apport de matières organiques grâce aux résidus souterrains laissés au sol après la récolte des CIVE<sup>8</sup></p>	<p>Diversification des sources de revenus via une valorisation des CIVE<sup>5</sup></p> <p>Potentielle diminution des charges phytosanitaires (mais difficile à prouver car très dépendant des conditions pédoclimatiques)<sup>9</sup></p>		<p>Permet de répondre aux critères d'éco-conditionnalité de la PAC en termes de diversification des assolements. Par ailleurs, une CIVE peut être implantée comme SIE<sup>10</sup></p>	<p>Diversification des revenus issus des cultures (moins soumis aux fluctuations des marchés, possible contractualisation)</p>	<p>Diminution de la pression des bioagresseurs en allongeant la rotation<sup>11</sup></p> <p>Réduction de la germination des adventices en concurrençant leur développement, en comparaison à un sol nu où les stocks de graines d'adventices du sol peuvent se développer librement.<sup>12</sup></p> <p>Solution dans des situations d'impasse de désherbage via un ensilage des CIVE à une période où les graminées résistantes de type ray-grass ne sont pas encore à floraison</p> <p>Rotations de cultures diversifiées incluant des espèces ayant moins besoin d'eau, comme le sorgho.</p>	<p>Effet bénéfique des CIVE sur la biodiversité</p> <p>Limitation de la lixiviation grâce à une meilleure couverture du sol<sup>13</sup></p> <p>Potentiel stockage de carbone dans les sols<sup>13</sup></p>	<p>- Communication : amalgames possibles avec les cultures dites énergétiques</p> <p>- Elevage : concurrence potentielle avec les cultures dérobées à destination de l'élevage</p> <p>Agronomie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Portance des sols pour la récolte</li> <li>- Concurrence sur la ressource hydrique pour la culture suivante<sup>13</sup></li> <li>- Plus faible rendement de la culture suivante si la CIVE n'est pas récoltée suffisamment tôt<sup>13</sup></li> <li>- Choix des espèces selon les contextes (précocité, résistances, potentiel de rendement, durée du cycle)</li> </ul> <p>Socio-économique : organisation des chantiers de récolte et charge de travail supplémentaire</p> <p>Environnemental et économique : hausse de la consommation de carburant pour la conduite des CIVE</p>
<p>Récolter les menues pailles (pratique peu développée)</p> 						<p>Pression des adventices réduite en diminuant le stock semencier<sup>12</sup></p>		



# Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles



Pratiques agricoles et changements liés à l'intégration d'un atelier de méthanisation sur une exploitation agricole	Risque sur les facteurs de production	Risque financier	Risque humain	Risque institutionnel	Risque sur les prix	Risque sur la production	Externalités positives	Points de vigilance
Produire de l'énergie renouvelable à partir de matières premières agricoles 		Revenu complémentaire assuré aux agriculteurs via la valorisation du biogaz produit  Valorisation de coproduits comme le CO <sub>2</sub> à des fins industrielles			Si cogénération : autonomie énergétique de l'exploitation pour le chauffage des bâtiments/élevages (non soumis aux variations de prix du marché de l'énergie)  Visibilité moyen terme sur le prix de vente du biogaz		Amélioration de la balance commerciale par la baisse des importations d'énergie Economie circulaire	-Communication : possibles débats autour de la compétition entre l'alimentation humaine, l'alimentation animale et la production d'énergie
Valoriser des déchets du territoire pour produire de l'énergie renouvelable 			Création de lien entre l'exploitation agricole et les acteurs territoriaux				Attractivité du territoire Economie circulaire	
Valoriser les résidus de cultures, les cultures loupées et les récoltes de moindre qualité 			Plus de souplesse dans la gestion de l'exploitation			Nouveau débouché en cas de mauvaise récolte		-Ne pas exporter tous les résidus de culture - Valorisation possible des cultures loupées dans la limite des 15% de cultures primaires
Sécher les fourrages grâce à la chaleur produite (si cogénération) 						Meilleure qualité/conservation des fourrages (moins dépendant des conditions pédoclimatiques)		





# Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles



Pratiques agricoles et changements liés à l'intégration d'un atelier de méthanisation sur une exploitation agricole	Risque sur les facteurs de production	Risque financier	Risque humain	Risque institutionnel	Risque sur les prix	Risque sur la production	Externalités positives	Points de vigilance
Augmenter la fréquence du curage des étables 		Diminution des frais vétérinaires	Augmentation du confort de l'éleveur (si moins de problèmes sanitaires ou si moins de mouches)	Anticipation des évolutions réglementaires sur le bien-être animal		Diminution du risque de présence d'agents pathogènes (i.e. contamination du lait) <sup>14</sup>  Favorise le bien-être et la santé animale (baisse de mortalité des jeunes, diminution des boiteries)		
Augmentation des surfaces de prairies amendées par le digestat 					De potentiels meilleurs rendements, entraînant une meilleure autonomie fourragère <sup>15</sup>	Une potentielle meilleure appérence des prairies Des temps de pâturage plus longs étant donné les meilleurs rendements en herbe		- Augmentation des charges mécaniques - Risques de surfertilisation
Stocker les effluents d'élevage dans une zone couverte (fosse ou directement dans le digesteur) 				Anticipation des évolutions réglementaires sur le stockage des effluents d'élevage			Impact positif sur la qualité de l'air avec une réduction de la volatilisation de l'ammoniac	
Valoriser les effluents d'élevage par la méthanisation  €				Un potentiel moyen d'assainissement de l'effluent d'élevage : anticipation des évolutions réglementaires sur le traitement des effluents (lors d'une épidémie d'influenza aviaire par exemple).	Meilleure valorisation économique des effluents d'élevage (production d'énergie et valeur fertilisante du digestat)	Potentielle diminution de la charge bactérienne et virale dans les effluents. <sup>16</sup>		

**Légende par thématique :** Pratiques de fertilisation  ; Productions végétales  ; Elevage  ; Production d'énergie  ; volet économique € ; Volet social 





- <sup>1</sup> Solagro, 2018. METHALAE, la méthanisation, levier de la transition agroécologique. <https://solagro.org/travaux-et-productions/references/methalae-comment-la-methanisation-peut-etre-un-levier-pour-lagroecologie>
- <sup>2</sup> AILE, Département de Loire-Atlantique, TES-Agri, 2019. Les externalités de la méthanisation. Synthèse des intérêts et des points de vigilance. [https://aile.asso.fr/wp-content/uploads/2021/01/2019\\_Syntheses-externalites-methanisation.pdf](https://aile.asso.fr/wp-content/uploads/2021/01/2019_Syntheses-externalites-methanisation.pdf)
- <sup>3</sup> Grouiez, P., 2021. Une analyse de filière des dynamiques de revenus de la méthanisation agricole. Notes et Etudes Socio-Economiques, (49), pp.41-61.
- <sup>4</sup> Transitions, L'emploi dans la filière biogaz en France, 2019, étude en partenariat avec InNumeri et Philippe Quirion. <https://projet-methanisation.grdf.fr/actualites/lemploi-dans-la-filiere-biogaz-en-france>
- <sup>5</sup> Mougín, C., Cheviron, N., Moinard, V. and Houot, S., 2019, May. Quels impacts des digestats sur la vie du sol ?. In Séminaire scientifique « méthanisation et digestats : enjeux et impacts du digestat sur les sols ».
- <sup>6</sup> Couturier, C., 2013. Méthanisation agricole : quelle rentabilité selon les projets ?. Sciences Eaux Territoires, (3), pp.72-77.
- <sup>7</sup> Walsh, J.J., Jones, D.L., Edwards-Jones, G. and Williams, A.P., 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 175(6), pp.840-845.
- <sup>8</sup> D'après Arvalis (2021), la biomasse des chaumes et des racines d'une CIVE est équivalente ou supérieure à la biomasse moyenne d'une CIPAN (Culture Intermédiaire Piège à Nitrates) enfouie.
- <sup>9</sup> Carton, S., Levavasseur, F. and Hugonnet, M., 2022. Performances agronomiques et environnementales de la méthanisation agricole sans élevage. Analyse (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire), (177).
- <sup>10</sup> Surface d'Intérêt Ecologique.
- <sup>11</sup> Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J. and O'neil, K., 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. Agronomy journal, 97(1), pp.322-332.
- <sup>12</sup> Oliveira, M.C., Butts, L. and Werle, R., 2019. Assessment of cover crop management strategies in Nebraska, US. Agriculture, 9(6), p.124.
- <sup>13</sup> Sylvain Marsac, Manuel Heredia, Marie Bazet, Nicolas Delaye, Robert Trochard, Hélène Lagrange, Caroline Quod, Eve-Anna Sanner : Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation. 2019. 73 pages.
- <sup>14</sup> Goberna, M., Podmirseg, S.M., Waldhuber, S., Knapp, B.A., García, C. and Insam, H., 2011. Pathogenic bacteria and mineral N in soils following the land spreading of biogas digestates and fresh manure. Applied Soil Ecology, 49, pp.18-25.
- <sup>15</sup> Walsh, J.J., Jones, D.L., Chadwick, D.R. and Williams, A.P., 2018. Repeated application of anaerobic digestate, undigested cattle slurry and inorganic fertilizer N: Impacts on pasture yield and quality. Grass and Forage Science, 73(3), pp.758-763.
- <sup>16</sup> Nag, R., Auer, A., Nolan, S., Russell, L., Markey, B.K., Whyte, P., O'Flaherty, V., Bolton, D., Fenton, O., Richards, K.G. and Cummins, E., 2021. Evaluation of pathogen concentration in anaerobic digestate using a predictive modelling approach (ADRISK). Science of the Total Environment, 800, p.149574.

## 2.1.2.3 Définition des indicateurs d'évaluation de la résilience

A partir de la matrice d'évaluation de la résilience établie précédemment (Tableau 1), les pratiques et changements induits par la méthanisation au sein d'une exploitation agricole ont été traduits en indicateurs pertinents d'évaluation de la résilience des exploitations agricoles (Tableau 2). Ces indicateurs vont servir à objectiver la résilience tout au long de cette étude. Ces indicateurs ne donnent pas une évaluation directe de la résilience du système, mais permettent d'approcher cette notion en donnant de l'information sur la performance du système et sur sa capacité d'adaptation. Dans un premier temps, comparer ces indicateurs « avant » et « après » la mise en place du méthaniseur permet de réaliser une analyse relative de l'impact de la méthanisation sur les performances de l'exploitation, et ainsi, de mettre en avant des facteurs de résilience.





Toutefois, afin d'obtenir une bonne représentativité temporelle des indicateurs après la mise en place du méthaniseur, il est nécessaire de lisser les performances mesurées sur plusieurs années. Par ailleurs, le manque de recul sur les unités récentes, notamment celles en injection, est une limite à considérer.

**Tableau 2 : Définition des indicateurs d'évaluation de la résilience, à partir de la matrice recensant les pratiques et changements induits par la méthanisation au sein d'une exploitation agricole.**

Thématique	Indicateur	Description de l'indicateur	Unité
Pratiques de fertilisation 	Dépendance aux engrais minéraux	Quantité d'azote minéral épandu sur l'exploitation / Quantité d'azote total (minéral + organique) épandu sur l'exploitation	%
	Poids économique de la fertilisation	[Coûts des engrais minéraux et organiques + Consommation de carburant + Amortissement du matériel] / Marge globale	%
	Charges d'épandage	Consommation de carburant + Amortissement matériel + Main d'œuvre	€/ha
	Apport d'azote minéral / SAU <sup>13</sup> ; Apport d'azote organique / SAU	Surface ayant reçu au moins un apport d'azote minéral / SAU de l'exploitation agricole  Surface ayant reçu au moins un apport d'azote organique / SAU de l'exploitation agricole	% de la SAU
Productions végétales 	Evolution de la SAU totale	Evolution du nombre d'hectares de la SAU avec la mise en place du méthaniseur	ha
	Changement d'usage de la SAU	Nombre d'hectares qui ont changé d'usage avec la mise en place du méthaniseur (céréales, cultures industrielles, cultures fourragères, prairies pâturées, oléoprotéagineux) / SAU totale	%
	Nombre d'espèces cultivées	Nombre d'espèces végétales cultivées sur l'exploitation	Nombre
	Durée de la rotation	Durée de la rotation principale	Année

<sup>13</sup> Surface Agricole Utile.



	Teneur en Matière Organique des sols	Teneur en Matière Organique des sols	%
	Couverture du sol	Nombre de jours où le sol est couvert/an	Nombre de jours/an
Elevage 	Fréquence de curage	Nombre de curages des bâtiments d'élevage par semaine	Nombre/semaine
	Bien-être animal observé et santé animale	Appréciation qualitative du bien-être et de la santé du troupeau	Qualitatif
	Proportion de surface de prairies amendées avec du digestat	Surface de prairies amendées avec du digestat / Surface totale de prairies de l'exploitation	%
	Séchage des fourrages	Appréciation qualitative de la qualité des fourrages séchés grâce à la chaleur produite en cogénération	Qualitatif
	Autonomie fourragère	Unités fourragères (UF) des aliments auto-produits / UF totales de la ration	%
Consommation d'énergie fossile et production d'énergie 	Consommation de gasoil	Quantité de gasoil consommé par an	L/an
	Bilan énergétique	Energie produite – Energie fossile primaire totale consommée  <i>Avec Energie fossile primaire totale consommée = Energie de fabrication des intrants + Consommation de carburant et d'énergie</i>	MWh/ha
Diversification des sources de revenus 	Taux de spécialisation économique	% du Chiffre d'Affaires par activité	%
	Marge par atelier	(Produit des ventes + primes et subventions) - (charges main d'œuvre, intrants, machines et amortissement du matériel)	€/ha €/UGB ou €/L de lait €/kWhe
Social 	Intensité de travail, qualité de vie et isolement	Appréciation qualitative de l'intensité de travail, la qualité de vie et l'isolement de l'agriculteur méthaniseur	Qualitatif
	Temps de travail	Nombre d'Equivalent Temps Plein ou Temps de travail annuel total	Nombre d'ETP ou h/an
	Création d'emplois	Nombre d'emplois créés	Nombre
	Salaire dégagé	Salaire dégagé par l'agriculteur méthaniseur	€/an

Dans le cadre de cette étude, certains indicateurs n'ont pas été retenus pour évaluer la résilience des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation, par manque de corrélation avec la mise en place d'un méthaniseur ou en raison d'un manque de robustesse de la méthode de calcul.



Ces indicateurs sont détaillés ci-dessous :

- L'Indicateur de Fréquence de Traitement » (IFT), permettant de suivre l'utilisation des produits phytopharmaceutiques à l'échelle des parcelles et de l'exploitation agricole a, ici, été exclu. Les changements de rotation liés à la méthanisation, peuvent permettre une meilleure couverture du sol et une diminution des pressions des pathogènes et ravageurs, et engendrer ainsi une potentielle réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques. Cependant, cet indicateur est aussi fortement lié au contexte pédoclimatique et donc décorrélé des pratiques de rotation, ce qui créerait un biais.
- Les indicateurs de rendements ont également été exclus pour des raisons similaires, car fortement dépendants des contextes pédoclimatiques ou bien des contextes sanitaires pour l'élevage. L'indicateur de la marge leur a été préféré étant donné qu'il permet de prendre en compte le rendement obtenu, mais également les charges et le prix de vente. On note toutefois que ces charges et prix de vente sont également dépendant des marchés et contextes pédoclimatiques.
- Un sol vivant est un facteur de résilience pour l'exploitation agricole. Toutefois, la question de l'impact de la méthanisation sur la qualité et la vie des sols est sujet à débat. D'après l'étude de NOVASOL (Journées Recherche Innovation, 2022), l'apport de digestat peut avoir un effet bénéfique, nul ou négatif sur la qualité microbiologique des sols, selon les contextes pédoclimatiques et les situations de référence (aucun apport d'engrais, apport d'engrais minéral ou apport d'engrais organique). C'est pourquoi, seule la teneur en matière organique des sols, qui va être impactée par la mise en place de CIVE et l'application de digestat, a été retenue pour cette étude.
- Les frais vétérinaires et le nombre de contaminations du lait sur une année ont également été identifiés par le GT, mais ces indicateurs sont multifactoriels et ne peuvent donc pas être associés uniquement aux changements de pratiques induits par la méthanisation. Comme détaillé dans la matrice et comme soulevé dans l'étude MethaLAE (Solagro, 2018), l'augmentation de la fréquence des curages jouerait un rôle important sur la réduction des sources infectieuses proches des animaux : diminution des maladies sur les jeunes animaux, moindre présence de mouches ou encore baisse des contaminations du lait.
- Enfin, l'indicateur d'émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) n'a pas été retenu pour cette étude, étant donné qu'il n'existe pas aujourd'hui, de méthode de calcul à l'échelle du méthaniseur et de l'exploitation agricole qui fasse consensus. Par ailleurs, les émissions de GES du système peuvent plutôt être considérées comme une externalité positive, et non comme un facteur de résilience. Toutefois, il convient de noter que les évolutions réglementaires à venir pourraient sanctionner les structures trop émettrices ou bien encourager financièrement celles qui sont plus vertueuses.

## **2.2 Retours de terrain : enquête auprès des agriculteurs méthaniseurs**

### **2.2.1 Méthode**

#### *2.2.1.1 Objectifs de l'enquête*

Afin de mettre en évidence les changements induits par l'introduction d'une unité de méthanisation sur les exploitations agricoles puis d'évaluer l'impact de la méthanisation sur la résilience de ces exploitations, une enquête a été déployée auprès d'agriculteurs méthaniseurs, dans l'objectif de





collecter des données qualitatives sur les indicateurs d'évaluation de la résilience déterminés précédemment.

## 2.2.1.2 Construction et diffusion du questionnaire d'enquête

Le questionnaire a été construit à partir des différentes thématiques de la matrice d'évaluation de la résilience et des indicateurs associés. La plupart des questions sont qualitatives, avec des réponses de type « oui-non », « augmentation-stagnation-diminution » ou encore « amélioration-stagnation-dégradation ».

L'une des contraintes prises en compte lors de la conception de cette enquête en ligne était de proposer des questions qui nécessitaient un temps de réponse rapide à modéré et qui mobilisaient des informations facilement accessibles pour l'agriculteur méthaniseur. L'ensemble des questions de l'enquête est disponible en Annexe 1. Afin de toucher un échantillon d'exploitations agricoles le plus important et représentatif possible, le questionnaire a été diffusé aux agriculteurs-méthaniseurs via le réseau de l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) et de l'Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France (AAMF).

## 2.2.2 Résultats de l'enquête

### 2.2.2.1 Représentativité et caractérisation des résultats de l'enquête

Pour cette enquête, 55 réponses ont été obtenues, ce qui représente presque 5% des méthaniseurs agricoles de France métropolitaine en nombre d'unités de méthanisation<sup>14</sup>. L'échantillon des répondants est principalement constitué d'exploitants agricoles du Nord de la France. Le Grand Est, les Hauts-de-France, l'Île-de-France et la Normandie se classent aux quatre premières places de notre enquête, avec des taux de représentativité proches des taux de présence des unités de méthanisation sur le territoire pour le Grand Est et la Normandie mais une très forte représentativité des Hauts-de-France et de l'Île-de-France (Tableau 3). Certaines grandes régions de méthanisation telles que les Pays-de-la-Loire et la Bourgogne Franche Comté sont à l'inverse largement sous-représentées dans notre étude.

Tableau 3 : Représentativité géographique des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation enquêtées (% En France d'après étude PRODIGE 2 de l'APCA et ADEME, 2022).

	% en France	% des répondants
Grand Est	17,1	<b>25,5</b>
Bretagne	15,7	9,1
Normandie	14,5	<b>16,4</b>
Pays-de-la-Loire	10,5	1,8
Bourgogne Franche Comté	9,2	0,0
Hauts-de-France	9,2	<b>20,0</b>
Auvergne-Rhône-Alpes	7,9	0,0
Nouvelle Aquitaine	6,6	5,5
Centre-Val-de-Loire	3,9	1,8
Occitanie	3,9	3,5
Île-de-France	1,5	<b>16,4</b>
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,0	0,0

<sup>14</sup> Sur un total de 708 unités de méthanisation d'après SINOE au 31 décembre 2020 (Observer et ADEME, 2021).



Les résultats de cette étude sont donc à prendre en compte au regard de leur représentativité : celle-ci est très bonne pour le Nord de la France mais s'avère modérée pour le reste du territoire. Par ailleurs, le faible effectif des répondants par rapport au nombre actuel de méthaniseurs agricoles en France nécessite d'interpréter les résultats de cette enquête avec précaution.

Les exploitants répondants sont majoritairement à la tête d'exploitations agricoles en polyculture-élevage (64%) ; 73% des enquêtés ont une activité d'élevage (principalement de vaches laitières) et 92% ont une activité de productions végétales (principalement céréales et cultures fourragères). Ces exploitations sont de très grande taille : 325 UGB de moyenne pour les ateliers d'élevage et 365 hectares de SAU moyenne, contre respectivement 133 UGB et 69 hectares de SAU en moyenne en France (Agreste, 2021).

Sur ces exploitations ayant répondu à l'enquête, les unités de méthanisation sont majoritairement des unités individuelles fonctionnant en cogénération et qui représentent 43% de l'échantillon (Figure 6). Les unités enquêtées sont très récentes, avec une ancienneté moyenne comprise entre 1 et 5 ans (Figure 7). Au sein de l'échantillon des répondants, les unités les plus anciennes sont celles en cogénération, avec 50% des unités ayant plus de 5 ans. Les unités en injection sont bien plus récentes, avec une ancienneté moyenne comprise entre 1 et 2 ans et moins de 10% d'unités de plus de 5 ans. Le manque de recul sur le fonctionnement des unités en injection est une limite de l'enquête.

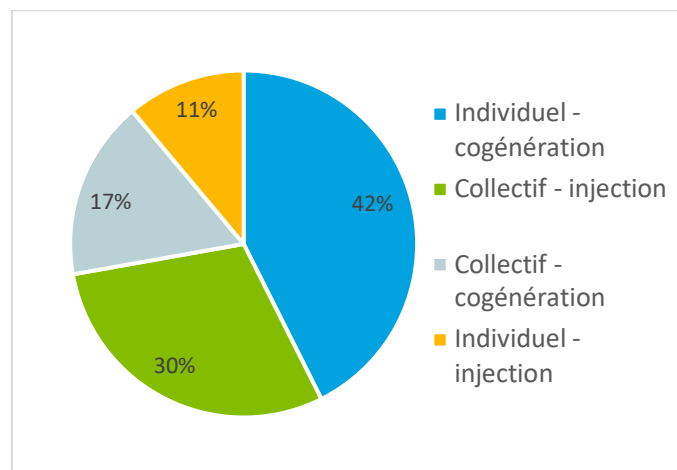


Figure 6 : Répartition des types d'unités de méthanisation chez les répondants (en %).

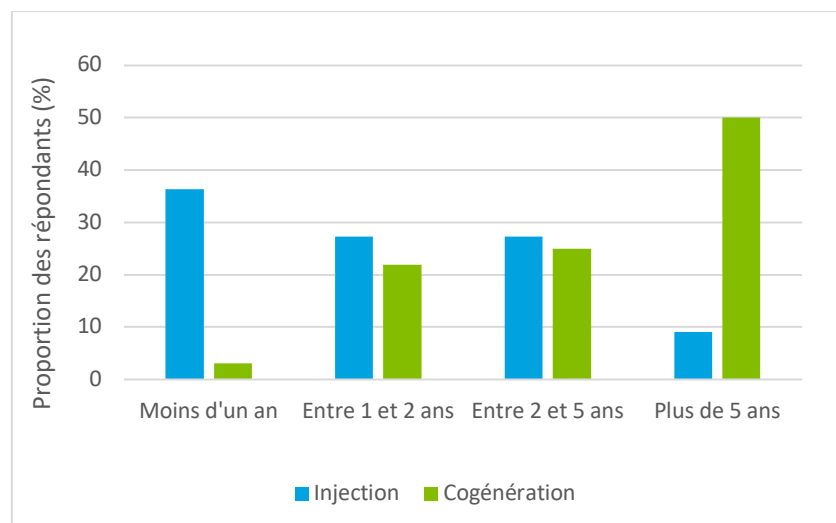


Figure 7 : Ancienneté des méthaniseurs enquêtés (en % des réponses, par typologie « injection » ou « cogénération »).



Les productions médianes des unités ayant répondu à l'enquête sont respectivement comprises entre 300 et 500 kWh pour la cogénération et entre 150 et 300 Nm<sup>3</sup>/h pour l'injection. Ce sont donc des installations puissantes au regard des chiffres moyens français de 225 kWh et 175 Nm<sup>3</sup>/h (ADEME, 2021). L'échantillon enquêté pour cette étude étant très majoritairement constitué d'unités récentes, cet écart à la moyenne française est cohérent, étant donné que les puissances et capacités installées croissent fortement avec le temps.

L'ensemble des résultats de cette enquête est à retrouver en Annexe 2.

### 2.2.2.2 Impacts sociaux et économiques

Sur le volet social, la principale amélioration, constatée par la quasi-totalité des répondants à la suite de la mise en fonctionnement de l'unité de méthanisation, est la montée en compétences de l'agriculteur. Une grande partie des enquêtés estiment aussi donner une meilleure vision de l'agriculture. Toutefois, deux tiers des répondants affirment aussi avoir moins de temps libre depuis l'installation du méthaniseur et disent être davantage surmenés dans leur travail (Figure 8).

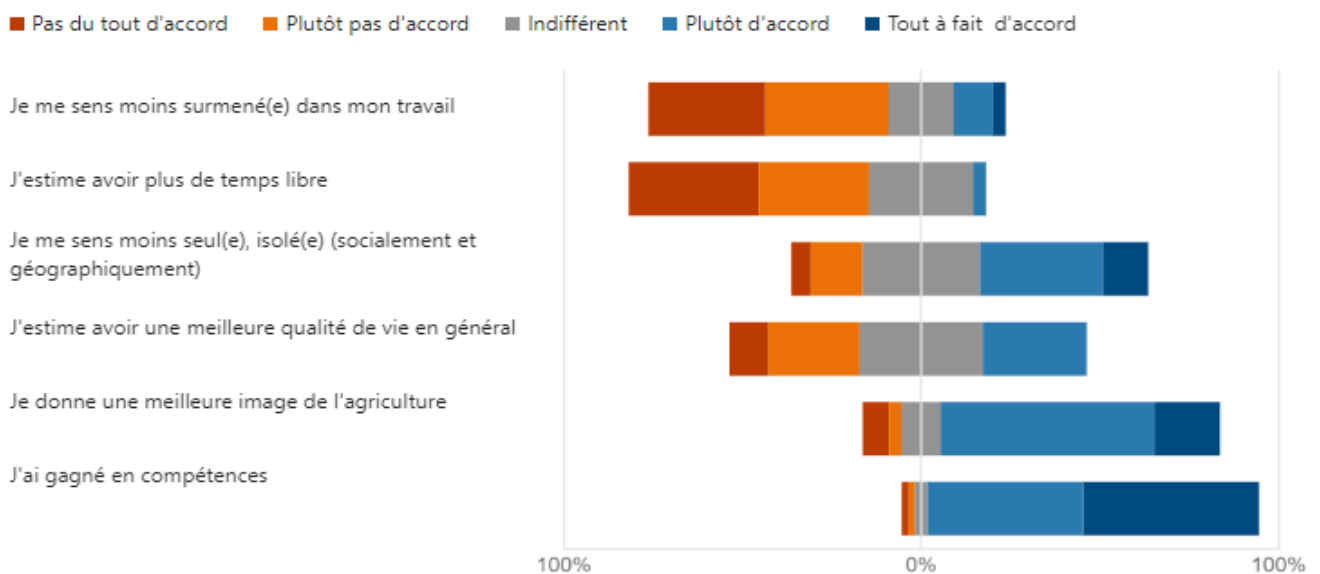


Figure 8 : Evolution du ressenti des répondants sur leur qualité de vie, leur charge de travail et les compétences développées.

La surcharge de travail induite par l'installation du méthaniseur représente en moyenne chez les répondants, 2,2 ETP supplémentaires. La plupart de ces embauches sont dédiées au méthaniseur (Figure 9). Le nombre d'ETP créées n'est pas lié à la taille de l'exploitation (SAU ou UGB). La majorité des répondants estime que l'exploitation a gagné en attractivité grâce à la méthanisation, ce qui est un levier pouvant faciliter l'embauche.

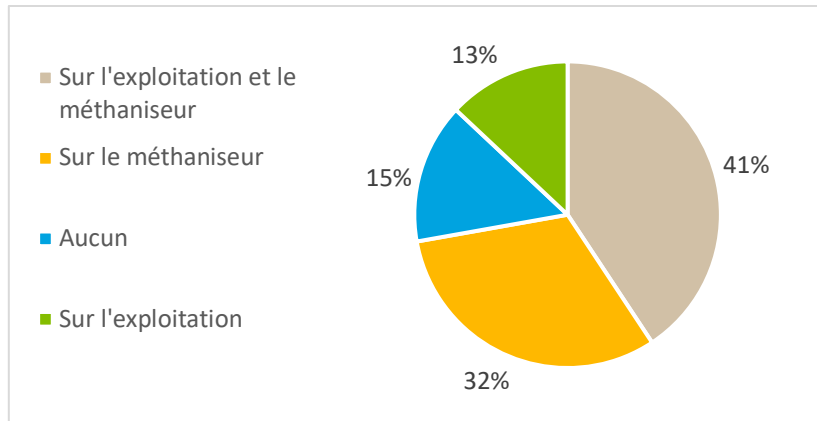


Figure 9 : Type d'emplois créés suite à l'installation du méthaniseur (en % des réponses).

Environ deux-tiers des exploitants répondants ont vu leurs revenus augmenter grâce à l'installation du méthaniseur. La principale cause d'augmentation de ces revenus est la revente de l'énergie. En revanche, 5% des répondants ont vu leurs revenus diminuer, principalement à cause du coût du matériel.

Sur le volet économique, la majorité (56%) des répondants ont vu la part du chiffre d'affaires total liée à l'atelier principal diminuer, suite à l'installation du méthaniseur. Cela montre bien une diversification des activités (Figure 10).

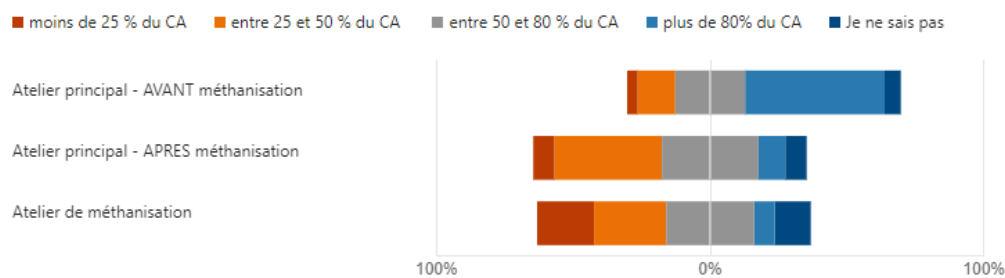


Figure 10 : Evolution de la part du chiffre d'affaires représentée par l'atelier principal.

### 2.2.2.3 Impacts sur les pratiques de fertilisation : autonomie en engrais et surfaces d'épandage

Suite à l'installation du méthaniseur, 80% des répondants ont vu leur autonomie azotée augmenter (Figure 11). Pour une majorité des répondants, l'autonomie azotée est passée de moins de 25% à plus de 50%. Cela est cohérent avec la forte diminution des surfaces épandues avec des engrais minéraux observée, au bénéfice d'une augmentation du recours aux engrais organiques.

Ces résultats sont toutefois à considérer au regard des 35% d'exploitations ayant conjointement mis en place des pratiques susceptibles de modifier à la baisse leurs pratiques de fertilisation, telles que le passage en HVE<sup>15</sup>, en agriculture de conservation ou en agriculture biologique par exemple.

<sup>15</sup> Haute Valeur Environnementale.

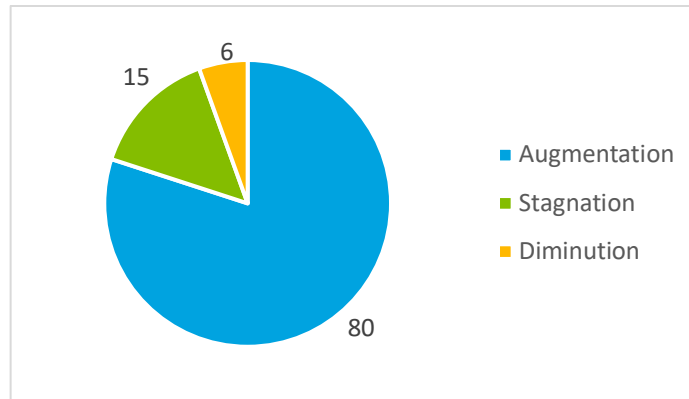


Figure 11 : Evolution de l'autonomie azotée des exploitations (en % des répondants).

Par ailleurs, 64% des répondants observent une augmentation des charges d'épandage liée principalement aux volumes d'épandage plus conséquents, à l'investissement dans du matériel spécifique ou au prix du Gasoil Non Routier (GNR). Ces charges peuvent toutefois être transférées de l'exploitation agricole vers l'unité de méthanisation (Figure 12 ; Figure 13).

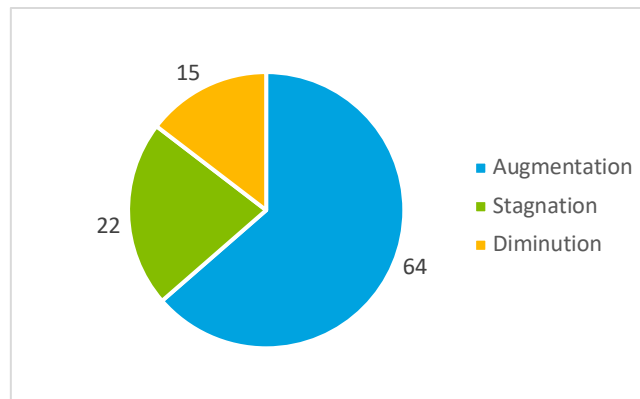


Figure 12 : Evolution des charges d'épandage depuis l'installation du méthaniseur (en % des répondants).

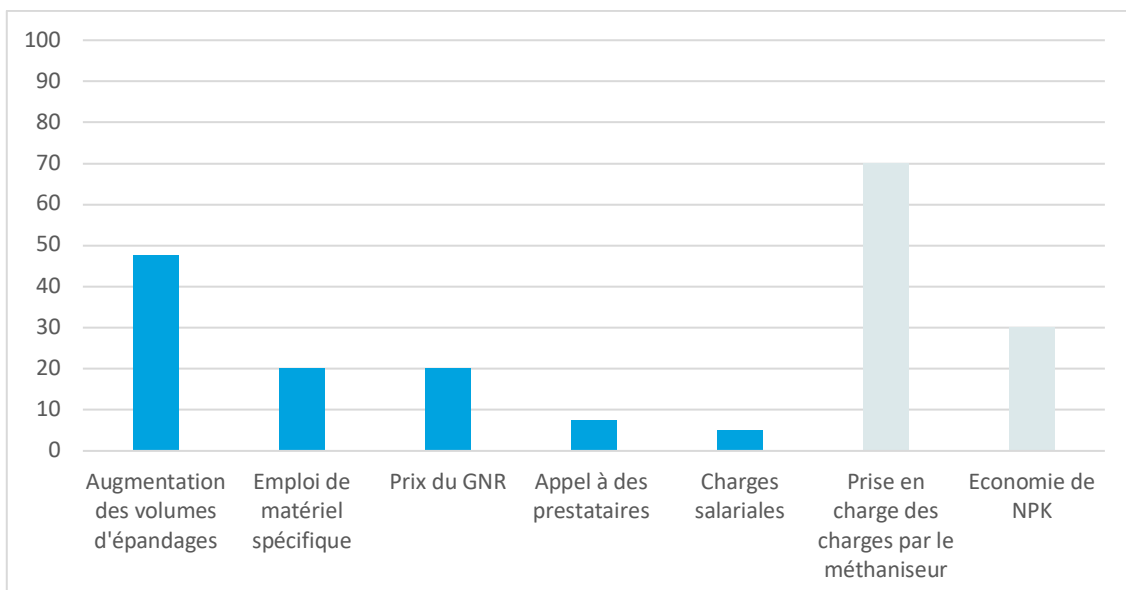


Figure 13 : Motifs d'augmentation (en bleu) ou de diminution (en gris) des charges d'épandage (en % des réponses).



#### 2.2.2.4 Impacts sur les productions végétales de l'exploitation agricole

La mise en place d'une unité de méthanisation sur l'exploitation se traduit par une augmentation du nombre de cultures dans 85 % des cas et par un allongement de la durée de la rotation principale dans un tiers des cas. Ces évolutions se font sans modification de la SAU mais avec une augmentation des taux de couverture estivaux et hivernaux des sols pour la moitié des répondants environ (l'autre moitié des enquêtés voyant ces taux de couverture stagner). Les cultures supplémentaires les plus implémentées dans les rotations sont le maïs, le seigle et les cultures fourragères.

Près d'un tiers des exploitations répondantes observe une augmentation des rendements des cultures de 15% en moyenne. Par ailleurs, la majorité des exploitations observent une augmentation des rendements fourragers de 30% en moyenne, à la suite de la mise en fonctionnement du méthaniseur.

#### 2.2.2.5 Impacts sur les productions animales

La mise en place du méthaniseur a peu d'impact sur la modification de la conduite des troupeaux et sur le bien-être animal (Figure 14). Seules quelques exploitations constatent une amélioration de ce dernier, due principalement à l'amélioration de la qualité des fourrages et à une diminution de la charge virale (via une fréquence de curage plus importante).

Un tiers des exploitations a mis en place une activité de séchage des fourrages par cogénération suite à la mise en fonctionnement du méthaniseur, qui se traduit par une amélioration de la qualité des fourrages pour tous les répondants concernés. Deux tiers des exploitations constatent également une amélioration de l'appétence des prairies grâce à la fertilisation par du digestat.

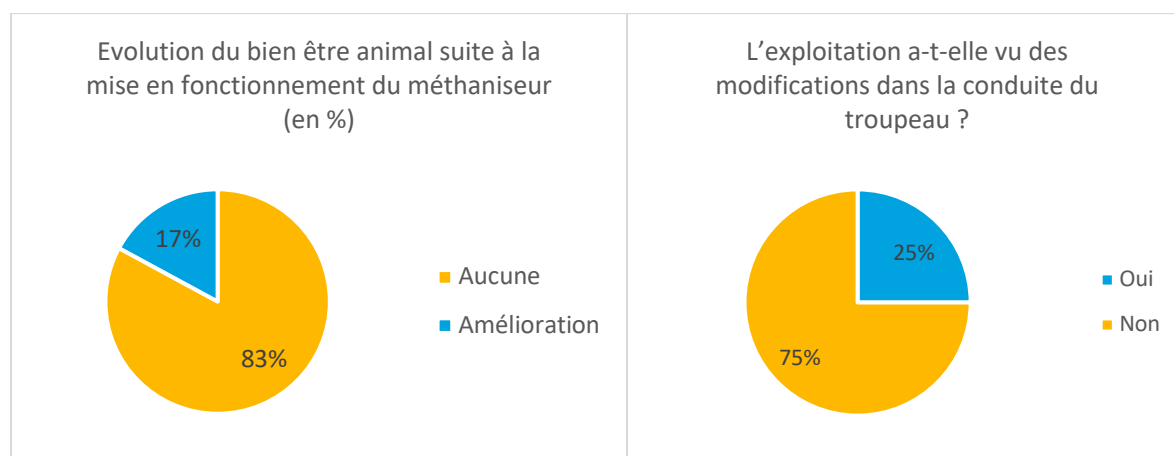


Figure 14 : Evolution sur la conduite du troupeau et le bien-être animal, suite à la mise en place du méthaniseur (en % des répondants).

#### 2.2.2.6 Ressenti sur l'évolution de la résilience de l'exploitation agricole

La quasi-totalité des exploitations sondées estime que la résilience de l'exploitation a augmenté, suite à la mise en place d'un méthaniseur agricole (Figure 15). Le méthaniseur apporte une meilleure stabilité des revenus et une plus grande autonomie énergétique (pour les unités en cogénération) et azotée (donc plus d'indépendance vis-à-vis de deux marchés volatils), mais entraîne une surcharge de travail conséquente et à ne pas négliger.

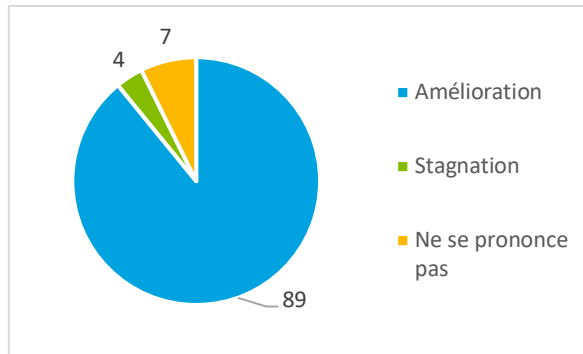


Figure 15 : Evolution de la résilience suite à la mise en place du méthaniseur (en % des répondants).

### 2.2.2.7 Synthèse et limites des résultats de l'enquête

De manière générale, les 55 répondants estiment que la résilience de leur exploitation s'est améliorée suite à la mise en place d'un méthaniseur agricole. Le Tableau 4 synthétise les résultats de l'enquête par rapport aux indicateurs définis dans la partie 2.1.2.3.

La méthanisation entraîne une diversification et une sécurisation des sources de revenus, tout en créant des emplois attractifs (ici en moyenne 2,2 ETP). La mise en fonctionnement de l'unité permet la montée en compétences de l'exploitant mais lui engendre également une surcharge de travail qui ne doit pas être négligée.

Concernant les productions végétales, l'intégration d'un méthaniseur entraîne une augmentation du nombre de cultures assolées sur l'exploitation pour 85% des répondants et un allongement des rotations pour un tiers des répondants, sans que les surfaces agricoles n'aient évolué.

La production du digestat permet une moindre dépendance de l'exploitation aux engrais minéraux mais entraîne une augmentation des charges d'épandage en raison du volume plus important à épandre. Toutefois, même si les charges d'épandage augmentent et que le matériel nécessaire est coûteux, la substitution des engrais minéraux par du digestat ainsi que la revente de l'énergie créée permettent l'augmentation des revenus constatée. L'exploitation est également plus autonome vis-à-vis des marchés des fertilisants et de l'énergie, deux marchés volatils.











Les éleveurs enquêtés n'observent pas d'impacts notoires (favorables ou préjudiciables) sur la santé et le bien-être animal, qui seraient liés à la mise en place de l'unité de méthanisation. Une amélioration de la qualité des fourrages est toutefois observée grâce au séchage par la chaleur produite en cogénération pour tous les répondants concernés.

Ces résultats ont pour limite la représentativité de l'échantillon, qui ne permet pas de généraliser les tendances observées à l'ensemble des unités de méthanisation françaises. Les réponses obtenues concernent en effet, des unités récentes et rattachées à des exploitations agricoles de grande taille. Ainsi, 73% des répondants ont une activité d'élevage, majoritairement en bovins lait avec en moyenne 325 UGB par exploitation (contre 133 UGB en moyenne en France) et 92% des répondants ont une activité de polyculture, majoritairement de céréales et cultures fourragères avec en moyenne 365 hectares (contre 69 hectares en France). Par ailleurs, les résultats de l'enquête peuvent également être biaisés en raison de la subjectivité des réponses inhérente à un questionnaire d'ordre qualitatif.

Pour que cette étude de la résilience des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation soit pleinement exhaustive, il conviendrait de déployer cette enquête auprès d'exploitations de taille plus réduite et d'unités de méthanisation plus anciennes. Une mise à jour des résultats de l'enquête pourra également être réalisée d'ici trois ans, afin de suivre l'évolution de la résilience en ayant davantage de recul sur les unités de méthanisation en injection notamment. A l'avenir, il serait également intéressant de corrélérer les résultats à la typologie de méthaniseurs, en particulier s'il s'agit de systèmes collectifs ou de systèmes individuels, ou encore de système en injection ou en cogénération.













Tableau 4 : Evaluation qualitative des indicateurs de résilience à partir de l'enquête de 55 exploitations agricoles avant et après l'introduction d'une unité de méthanisation.

Thématique	Indicateur	Résultats de l'enquête qualitative AVANT/ APRES l'implantation de l'unité de méthanisation (augmentation, diminution, stagnation)	Evaluation qualitative de la résilience
Pratiques de fertilisation 	Dépendance aux engrais minéraux	Augmentation de l'autonomie azotée pour 80% des répondants. Si la majorité des exploitations avaient une autonomie azotée de moins de 25% avant l'installation du méthaniseur, la moitié d'entre-elles voient cette autonomie passer au-dessus des 50% à la suite à cette installation.	
	Poids économique de la fertilisation	Abordé avec l'outil PerfAgro <sup>P3</sup> ®	-
	Charges d'épandage	64% des répondants observent une augmentation des charges d'épandage (augmentation des volumes à épandre liés aux quantités de biomasse méthanisées, prix du carburant et besoin de matériel spécifique).	
	Apport d'azote minéral / SAU ; Apport d'azote organique / SAU	Augmentation des surfaces épandues avec des engrais organiques et diminution de surfaces épandues avec des engrais minéraux pour trois quarts des répondants.	
Productions végétales 	Evolution de la SAU totale	84% des exploitations n'ont pas vu de modifications de leur SAU, suite à la mise en place du méthaniseur.	
	Changement d'usage de la SAU	Des surfaces dans l'ensemble stables par type de cultures, avec une légère tendance à l'augmentation pour les cultures fourragères et une légère diminution pour les cultures industrielles.	
	Nombre d'espèces cultivées	85% des exploitations ont vu leur nombre de cultures augmenter. Beaucoup d'entre-elles ont notamment introduit du maïs, du seigle et/ou des cultures fourragères dans leurs rotations.	
	Durée de la rotation	34% des exploitations ont vu leur rotation principale s'allonger.	
	Teneur en Matière Organique des sols	Non abordé dans l'enquête.	-
	Couverture du sol	Augmentation des taux de couverture estivaux et hivernaux des sols pour la moitié des répondants – stagnation pour l'autre moitié.	



## Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles

Thématique	Indicateur	Résultats de l'enquête qualitative AVANT/ APRES l'implantation de l'unité de méthanisation (augmentation, diminution, stagnation)	Evaluation qualitative de la résilience
Elevage 	Fréquence de curage	Non abordé dans l'enquête.	-
	Bien-être animal observé et santé animale	Dans l'ensemble, pas d'évolution observée. 17% des exploitations ont toutefois constaté une amélioration du bien-être animal, grâce à une meilleure qualité des fourrages et à une diminution de la charge virale.	
	Proportion de surface de prairies amendées avec du digestat	Non abordé dans l'enquête	-
	Séchage des fourrages	100% des répondants ayant mis en place un séchage de fourrage constatent une amélioration de la qualité de ces fourrages.	
	Autonomie fourragère	Abordé avec l'outil PerfAgro <sup>P3®</sup>	-
Consommation d'énergie fossile et production d'énergie 	Consommation de gasoil	Abordé avec l'outil PerfAgro <sup>P3®</sup>	-
	Bilan énergétique	Abordé avec l'outil PerfAgro <sup>P3®</sup>	-
Diversification des sources de revenus 	Taux de spécialisation économique	56% des répondants ont vu la part du chiffre d'affaires liée à l'atelier principal diminuer suite à l'installation du méthaniseur, ce qui montre bien la diversification des revenus.	
	Marges par atelier	Abordé avec l'outil PerfAgro <sup>P3®</sup>	-
Social 	Intensité de travail, qualité de vie et isolement	Une majorité des répondants constatent une montée en compétences, mais 2/3 des répondants estiment aussi avoir moins de temps libre et être plus surmenés.	
	Création d'emploi	85% des exploitations répondantes ont créé un ou plusieurs emplois (en moyenne 2.2 ETP), suite à l'introduction du méthaniseur.	
	Salaires dégagés	Augmentation du revenu pour environ deux-tiers des exploitants répondants.	



### **2.3 Synthèse de la partie « analyse bibliographique et retours du terrain »**

La première partie de cette étude a permis d'identifier les pratiques et les changements induits par la méthanisation permettant aux exploitations agricoles d'être plus résilientes face aux risques auxquels elles sont soumises, et d'y associer des indicateurs d'évaluation de cette capacité de résilience. Ces éléments ont pu être mis en regard de remontées de terrain via une enquête qualitative interrogeant les agriculteurs-méthanisateurs sur l'évolution de leurs pratiques et de leurs résultats « avant » et « après » la mise en place d'un méthaniseur. Les réponses obtenues à travers cette enquête concernent des unités récentes et intégrées à de grandes exploitations agricoles, et ne sont donc pas pleinement représentatives de la filière « méthanisation agricole » française. Ces résultats permettent toutefois de confirmer ou d'infirmer avec des retours de terrain, les éléments bibliographiques identifiés au préalable.

Six thématiques principales se dégagent de cette première partie : les pratiques de fertilisation, les productions végétales, l'élevage, la production d'énergie, la diversification des sources de revenus et le volet social.

Grâce à la production de digestat, les pratiques de fertilisation vont évoluer et permettre à l'exploitation d'être plus autonome en engrais, moins dépendante vis-à-vis des fertilisants minéraux. Cela va également entraîner une réorganisation des chantiers d'épandage et une potentielle augmentation des charges. Ici, 64% des répondants confirment une augmentation des charges d'épandage liée principalement à l'augmentation de la quantité des volumes à épandre, à de l'investissement dans du matériel spécifique ou encore au prix du GNR. La diminution des charges d'épandage est, par ailleurs, principalement liée au fait qu'elles peuvent être prises en charge par l'entité juridique du méthaniseur et non celle de l'exploitation agricole. L'enquête confirme également un gain en autonomie azotée grâce au digestat.

Les productions végétales vont également être impactées par l'introduction d'un méthaniseur, avec notamment l'implantation de CIVE et l'introduction de nouvelles cultures principales, permettant de précéder ou de suivre cette CIVE. Les bénéfices environnementaux des CIVE peuvent avoir un effet sur la résilience de l'exploitation, notamment grâce à une meilleure couverture des sols (réduction de l'érosion des sols et de la lixiviation de l'azote, concurrence des adventices), à un apport de matière organique dans les sols ou encore à sa fonction de refuge pour la biodiversité.

Il existe cependant, des points de vigilance liés à l'introduction des CIVE, tels que le risque de concurrence de la culture principale suivante, avec un impact potentiel sur le rendement de cette dernière, l'augmentation de la consommation de carburant par hectare et par an, ou le risque de tassement du sol lié à la récolte de deux cultures sur une même campagne. Une hausse du temps de travail a également été mise en évidence par l'étude RECITAL (Arvalis, 2021).

Dans l'enquête, 85% des exploitations ont vu leur nombre de cultures augmenter dans les assolements, avec l'introduction de maïs, de seigle et/ou de cultures fourragères dans les rotations. L'allongement de la durée de la rotation principale est par ailleurs, avéré pour un tiers des répondants. La couverture du sol a été augmentée sur la période hivernale pour 47% des répondants et sur la période estivale, pour 55% des répondants.

En élevage, la méthanisation peut avoir un impact sur la conduite du troupeau, sur la gestion des prairies ou encore sur des aspects sanitaires. La gestion des effluents grâce à la méthanisation est un levier pour anticiper les éventuelles évolutions réglementaires sanitaires (diminuer de la charge virale des effluents) ou encore environnementales (limiter la volatilisation de l'ammoniac dans l'air grâce au stockage et au traitement des effluents). La méthanisation permet également une meilleure



valorisation économique des effluents via la production d'énergie et la valeur fertilisante associée au digestat. Enfin, la méthanisation, en augmentant la fréquence des curages, entraîne une amélioration du bien-être animal, diminue les frais vétérinaires et améliore ainsi le potentiel de production (moins de mammites et de boiteries observées). Ces éléments n'ont toutefois pas été corroborés par les résultats de l'enquête. En effet, les répondants n'observent pas de bénéfices notoires sur la santé et le bien-être animal qui seraient liés à la mise en place de l'unité de méthanisation. Une amélioration de la qualité des fourrages grâce au séchage par la chaleur produite en cogénération a toutefois été relevée par 100% des répondants concernés.

Par ailleurs, la production d'énergie renouvelable représente un atelier supplémentaire et permet donc de diversifier et sécuriser le revenu grâce à la contractualisation du tarif d'achat du biométhane. Cette diversification du revenu est confirmée par les résultats de l'enquête : deux tiers des exploitants répondants ont vu leurs revenus augmenter grâce à l'installation du méthaniseur. La méthanisation s'inscrit dans une logique d'économie circulaire, permettant de créer du lien entre les différents acteurs du territoire et offrant également un nouveau débouché pour les produits et déchets de l'exploitation. Il convient toutefois d'être vigilant sur les modèles d'exploitation mis en place et sur la communication autour des projets de méthanisation. En effet, l'acceptabilité des unités de méthanisation peut être sujet à débat en raison des usages multiples et croissants des biomasses agricoles sur les territoires. Une gestion durable de la biomasse, pouvant servir à la fois les enjeux d'alimentation humaine, alimentation animale et de production d'énergie, s'avère donc indispensable, afin d'assurer la résilience socio-économique des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation.

Enfin, sur le volet humain, la méthanisation va entraîner un changement d'organisation des chantiers agricoles, et une création d'emplois directs et indirects sur le territoire d'implantation de l'unité. Ici, 85% des exploitations agricoles répondantes ont créé un ou plusieurs emplois, suite à l'introduction du méthaniseur, ce qui correspond en moyenne à 2.2 ETP. La montée en compétences engendrée par l'introduction d'un méthaniseur permet également de valoriser le métier d'agriculteur, mais provoque un risque de surcharge de travail, ce qui est confirmé par les réponses de l'enquête.

Ces éléments bibliographiques et ces remontées de terrain ont permis d'identifier des indicateurs permettant de suivre différents facteurs de résilience, et permettent ainsi d'obtenir une vision « avant » et « après » la mise en place d'une unité de méthanisation. La méthanisation est aujourd'hui considérée comme un véritable levier de la transition agroécologique et énergétique des exploitations agricoles : 90% des exploitations répondantes ont ainsi noté un gain de résilience suite à l'introduction d'un méthaniseur. La résilience d'une exploitation est cependant, réellement mise à l'épreuve dans une situation de stress. La modélisation de systèmes agricoles avec et sans méthaniseur via l'outil PerfAgro<sup>P3®</sup> permettra de modéliser cette résistance à un stress et d'observer comment évoluent les différents indicateurs d'évaluation de la résilience.



### 3 Modélisations de cas d'étude grâce à l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>®

#### 3.1 Méthode

##### 3.1.1 Description de l'outil

Développé par le CEREOPA, PerfAgro<sup>P3</sup>® est un outil d'aide à la décision stratégique en agriculture. L'outil est fondé sur la mise en œuvre de la technique d'optimisation par programmation linéaire. Cette technique de calcul permet de fournir à l'utilisateur des solutions de réorganisation d'un système de production agricole face à un changement interne (performances zootechniques, niveaux de rendement, introduction d'un nouvel atelier, etc.) ou externe (prix, disponibilité des intrants, etc.). Les solutions de réorganisation du système peuvent être définies selon plusieurs modalités en fonction de l'objectif de l'utilisateur : amélioration de la marge économique ou augmentation de la performance environnementale

Différentes performances du système de production agricole sont calculées dans l'outil : le résultat économique, les émissions de GES, les consommations d'énergie non renouvelable, le potentiel nourricier et les émissions d'ammoniac NH<sub>3</sub>, faisant de PerfAgro<sup>P3</sup>® un modèle multicritère. Un grand nombre de contraintes, aussi bien internes qu'externes, permettent de définir le champ des possibles, garantissant le réalisme de la solution.

Le modèle actuel permet de représenter tout type d'exploitation agricole comprenant des cultures et/ou des élevages de bovins (lait ou viande) et/ou porcins. Il contient également un module de méthanisation qui constitue un atelier à part entière, en interaction avec le système de cultures, le système d'élevage et l'environnement de l'exploitation (Figure 16). PerfAgro<sup>P3</sup>® permet donc d'étudier l'intérêt pour une exploitation agricole de construire un méthaniseur et d'en mesurer les impacts sur ses performances et son fonctionnement (changements dans les rotations, effets sur l'alimentation des troupeaux, ...).

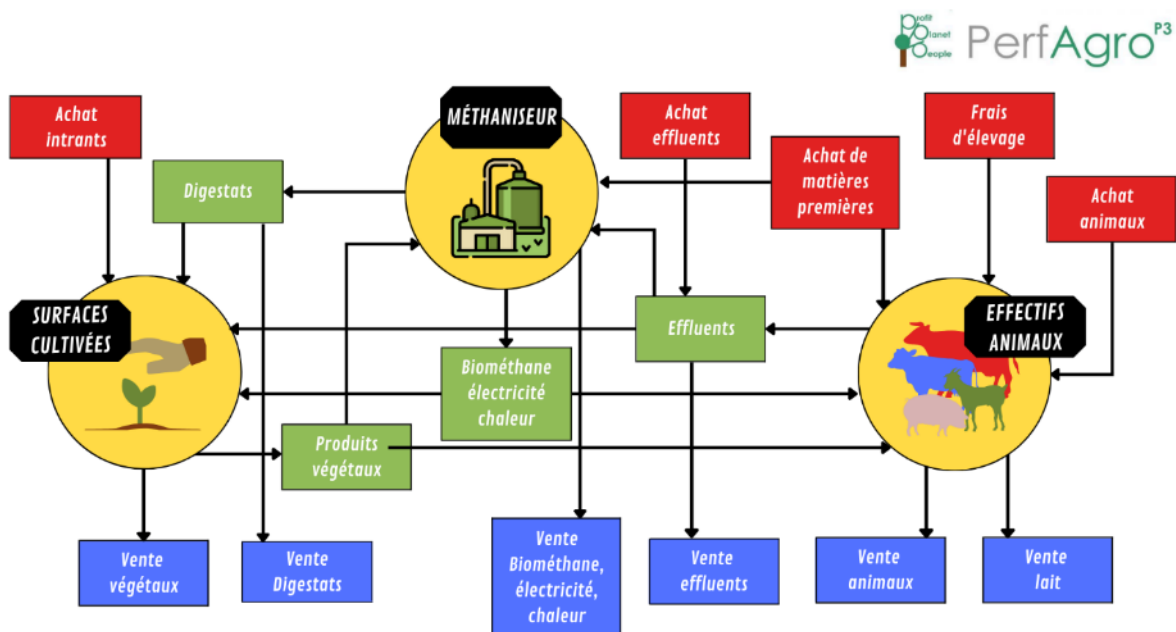


Figure 16 : Représentation schématique du modèle de l'exploitation agricole et du méthaniseur dans PerfAgro<sup>P3</sup>® (Céréopa).

Dans le cas de la modélisation d'une exploitation agricole avec méthanisation, les principaux paramètres en entrée sont :



- La **SAU**, éventuellement découpée en différentes zones de parcelles agronomiquement homogènes et géographiquement proches, chacune caractérisée par sa propre surface et ses contraintes d'épandage de matières organiques et de surface irrigable ;
- Les **prix d'achat et de vente**, les **facteurs d'impact énergie et GES**, le **potentiel méthanogène** et les **performances nourricières éventuelles**, pour les intrants de la méthanisation et les matières premières agricoles ;
- Les **caractéristiques des fertilisants** (teneur NPK des engrais, des effluents d'élevage et des digestats) ;
- Les **paramètres des productions végétales** (rendements, charges liées aux itinéraires techniques, coût de l'énergie et émissions de GES des itinéraires techniques, besoins des cultures en azote, phosphore et potassium, quantités de matières actives par culture, contraintes de rotation) ;
- Les **paramètres des productions animales** (caractéristiques zootechniques des troupeaux telles que la productivité laitière le cas échéant, le poids des animaux, l'intervalle vêlage-vêlage, l'âge au premier vêlage, les besoins nutritionnels, les contraintes de rationnement, ...) ;
- Les **paramètres du méthaniseur** (puissance, débit, temps de fonctionnement, consommation d'électricité/de biogaz, ...) ;
- Les **bornes inférieures et supérieures des variables décisionnelles** (surfaces de chaque culture sur chaque zone, quantités d'intrants et produits achetés ou vendus, production de biogaz, caractéristiques de la ration du méthaniseur tels que la teneur en Matière Sèche, le C/N, ...).

La démarche de modélisation consiste à définir le jeu de contraintes et à fixer les valeurs des coefficients pour correspondre au mieux à la situation de l'exploitation agricole représentée. L'outil permet ensuite de calculer la combinaison d'activités et de pratiques renseignées ainsi que leur niveau (hectares cultivés, effectifs animaux) qui optimisent le critère de performance choisi.

- Pour les *activités végétales* : l'assolement sur chaque zone (surfaces des différentes cultures), les stratégies de fertilisation par culture (quantités totales d'engrais minéraux et/ou organiques), la part des productions vendues ou auto-consommées pour la méthanisation, les surfaces irriguées ;
- Pour les *productions animales* : l'effectif par catégorie d'animal, la ration par animal par saison, les animaux achetés ou vendus ;
- Pour la *méthanisation* : la quantité de biogaz produite et son équivalence en biométhane (pour l'injection) ou en électricité et chaleur (pour la cogénération), la ration du méthaniseur, les quantités de substrats méthanisables achetés.

Une fois la solution optimale calculée, le modèle agrège des indicateurs de performance. Pour le volet économique, l'indicateur de performance retenu est la « marge PerfAgro<sup>P3®</sup> », qui mesure la différence entre les *produits* et les *charges* :

- Pour les *produits*, cet indicateur tient compte des ventes des produits issus des différents ateliers de l'exploitation et des primes éventuelles ;
- Concernant les *charges*, cet indicateur tient compte des achats d'intrants, des charges de mécanisation, des coûts de main d'œuvre, des charges liées au stockage, à la transformation et à la distribution des intrants (pour la méthanisation), des coûts de fonctionnement du méthaniseur et, dans le cas de cette étude, de l'amortissement du méthaniseur (hors subvention à l'investissement).

Pour le volet social, PerfAgro<sup>P3®</sup> calcule l'indicateur de potentiel nourricier : quantités nettes (ventes – achats) de calories et de protéines produites pour l'alimentation humaine divisées par les besoins moyens annuels d'un être humain). Enfin, pour le volet environnemental, l'outil calcule le bilan énergétique (à travers un bilan global Production d'énergie - Consommation de ressources



énergétiques fossiles de l'exploitation), un impact climatique (à travers un calcul d'émissions de GES), les émissions de NH<sub>3</sub> et l'IFT global.

L'outil PerfAgro<sup>P3®</sup> a déjà été utilisé dans plusieurs études s'intéressant aux impacts de la méthanisation, notamment sur la résilience<sup>16</sup>, sur la comparaison des différents systèmes et sur la concurrence alimentation et énergie<sup>17</sup>, ou encore une étude sur les performances d'exploitation avec et sans méthanisation, en contexte céréalier.<sup>18</sup> En particulier, l'étude méthanisation et résilience du CEREOPA et AgroparisTech Innovation<sup>13</sup> a permis de s'intéresser à quatre types de stress : le stress « rendement » avec adaptation à « court terme » et à « long terme », le stress « disponibilité en matières premières » et le stress « prix d'achat des intrants ».

L'outil est également décrit en détail sur le site web du CEREOPA<sup>19</sup>. Enfin, à ce jour et à la connaissance des auteurs de cette étude, il n'existe pas d'outil équivalent à celui-ci.

### 3.1.2 Intérêts de l'outil

L'utilisation de PerfAgro<sup>P3®</sup> présente plusieurs intérêts dans le cas de notre étude. Tout d'abord, cet outil permet de couvrir la complexité des interactions entre les différents ateliers et ainsi d'apporter une vision **systemique** de l'exploitation agricole.

Par ailleurs, il permet de modéliser différents scénarios et ainsi d'avoir une **approche de comparaison relative** entre un scénario **AVEC et SANS méthanisation** pour une exploitation agricole donnée.

Enfin, grâce au paramétrage de jeux de données, il permet de **simuler la réponse à un stress** et ainsi d'analyser les variations d'indicateurs suite à ce stress. **Cette approche permet de tester la résilience, c'est-à-dire la capacité du système à résister et à s'adapter aux aléas et aux chocs.**

L'utilisation de PerfAgro<sup>P3®</sup> est complémentaire des travaux menés jusqu'à présent dans le cadre de cette étude. En effet, l'outil permet de quantifier certains indicateurs d'évaluation de la résilience identifiés dans la première partie de ce rapport (cf. partie 2.1.2.3) et de consolider ainsi, les tendances mises en évidence par l'enquête qualitative réalisée auprès des 55 agriculteurs-méthaniseurs (cf. partie 2.2.2).

### 3.1.3 Méthode employée

La méthode qui a été employée avec PerfAgro<sup>P3®</sup> dans le cadre de cette étude a consisté à étudier deux systèmes avec et sans méthanisation : un système de type « polyculture », avec et sans unité d'injection, et un système de type « polyculture élevage » avec un élevage bovin laitier, avec et sans unité de cogénération.

Ces systèmes permettent de prendre en compte l'état actuel de la filière méthanisation et ses tendances de développement. Historiquement, les éleveurs ont été pionniers dans la méthanisation, avec principalement des unités en cogénération, notamment parce que les zones d'élevage rurales ne

<sup>16</sup> Céréopa, AgroparisTech Innovation, 2021. Méthanisation et résilience des exploitations agricoles- Modélisation d'une exploitation de polyculture-élevage avec PerfAgro<sup>P3®</sup>. [https://atee.fr/system/files/2022-04/15-Guilbaud\\_R%C3%A9silience\\_JRI2022.pdf](https://atee.fr/system/files/2022-04/15-Guilbaud_R%C3%A9silience_JRI2022.pdf)

<sup>17</sup> CNIEL 2022. Webinaire Energies Renouvelables - Quelles opportunités pour les exploitations agricoles ? <https://www.youtube.com/watch?v=Ftv0ZchLW1k>

<sup>18</sup> Carton, Levavasseur, 2022. Performances agronomiques et environnementales de la méthanisation agricole dans un contexte de grandes cultures céréalières (sans élevage) et recommandations de bonnes pratiques. 84p. <https://www.grands-troupeaux-mag.fr/wp-content/uploads/2022/05/etude-AgroParisTech-Inrae.pdf>

<sup>19</sup> <https://www.cereopa.fr/outils-et-actions/perfagro-p3/>



sont pas toujours pourvues de réseaux de gaz dans lesquels il est possible d'injecter. A l'inverse, les tendances de développement pour les systèmes polyculture sans élevage correspondent plutôt aux unités en injection.

La méthode proposée ici, est composée de deux étapes :

- **Etape 1 : simulation de différentes tailles d'ateliers d'exploitations agricoles et de méthaniseurs afin de comprendre l'influence sur la résilience de la taille relative des ateliers d'une ferme (cultures, élevage, méthanisation).**  
Cette première phase a été jugée nécessaire du fait qu'il est impossible de tester la résilience de toute la diversité existante d'exploitations agricoles impliquées dans la méthanisation dans le cadre d'une étude comme celle-ci. Ainsi, comme précisé ci-dessus, deux cas-types seulement ont été choisis (un système polyculture et un système polyculture élevage). Partant de l'étude de la littérature et de la connaissance des systèmes de production agricoles français, il a été formulé l'hypothèse qu'un facteur majeur jouant sur la capacité de résilience d'une ferme est la taille relative de ses ateliers. En effet, celle-ci va déterminer sa capacité à s'adapter à des variations de disponibilité ou de prix de matières premières ou d'énergie, ou des variations climatiques, en offrant plus ou moins de flexibilité pour le fonctionnement global de l'exploitation. Par conséquent, il a été décidé dans cette première phase de tester la variation relative des ateliers (SAU, cheptel, puissance du méthaniseur) des cas-types choisis dans le cadre de l'étude, afin d'observer l'évolution des indicateurs de performance consécutive à ces variations. Cette étape vise à mettre en évidence les **facteurs de résilience**, les **facteurs de vulnérabilité** et les **caractéristiques pouvant réduire la vulnérabilité**.
- **Etape 2 : analyse de la résilience face à un stress économique** de type « printemps 2022, situation de crise géopolitique en Europe ».  
Cette deuxième phase a consisté à appliquer un stress économique sur les scénarios initiaux avec et sans méthanisation, d'analyser les variations des indicateurs de résilience, et ainsi de mettre en avant les scénarios les plus résilients.

### 3.1.4 Description des scénarios

Les scénarios ont été conçus à partir des modèles d'exploitations agricoles déjà existants dans PerfAgro<sup>P3®</sup>, et grâce aux apports du GT Résilience<sup>20</sup> qui ont permis d'affiner les hypothèses à retenir.

Trois scénarios ont été retenus pour les systèmes « polyculture » (Tableau 5) :

- **Scenario 1 : Initial polyculture sans méthanisation** : système en grandes cultures, 400 ha de SAU ;
- **Scenario 2 : Initial polyculture + injection** : système en grandes cultures, 400 ha de SAU, méthaniseur en injection (150 Nm<sup>3</sup>/h) ;
- **Scenario 3 : Alternatif polyculture + injection** : système en grandes cultures, 400 ha de SAU, méthaniseur en injection (300 Nm<sup>3</sup>/h). *Effet testé : taille du méthaniseur ;*

Les types de cultures et leur conduite sont identiques entre ces trois scénarios. La ration du méthaniseur a été contrainte sur la quantité de pulpe de betteraves, d'issues de céréales, de cultures dédiées et de cosubstrats extérieurs de type déchets agroindustriels. Ainsi, on se place dans une situation d'« autonomie relative », où le méthaniseur est principalement approvisionné avec des substrats agricoles, produits sur l'exploitation. L'étude de l'effet « *taille du méthaniseur* » sur le fonctionnement et les performances du système de production agricole permet d'observer l'évolution

<sup>20</sup> En particulier l'AAMF, GRDF et la coopérative agricole Valfrance.



de la vulnérabilité ou de la résistance du système lorsque l'on augmente uniquement la taille de l'atelier méthaniseur en conservant les contraintes précédentes.

Cinq scénarios ont été retenus pour les systèmes « polyculture élevage » (Tableau 6) :

- **Scenario 4 : Initial polyculture élevage sans méthanisation** : système polyculture et bovin lait, 200 ha de SAU, 100 vaches laitières, 800 000 litres de lait/an ;
- **Scenario 5 : Alternatif polyculture élevage sans méthanisation** : système polyculture et bovin lait, 200 ha de SAU, 200 vaches laitières, 1 600 000 litres de lait/an. *Effet testé : taille du cheptel ;*
- **Scenario 6 : Initial polyculture élevage + cogénération** : système polyculture et bovin lait, 200 ha de SAU, 100 vaches laitières, 800 000 litres de lait/an, méthaniseur en cogénération (165 kWh) ;
- **Scenario 7 : Alternatif polyculture élevage + cogénération** : système polyculture et bovin lait, 200 ha de SAU, 200 vaches laitières, 1 600 000 litres de lait/an, méthaniseur en cogénération (165 kWh). *Effet testé : taille du cheptel ;*
- **Scenario 8 : Alternatif 2 polyculture élevage + cogénération** : système polyculture et bovin lait, 200 ha de SAU, 100 vaches laitières, 800 000 litres de lait/an, méthaniseur en cogénération (350 kWh). *Effet testé : taille du méthaniseur.*

Les types de cultures et leur conduite et les contraintes de ration sont identiques entre ces cinq scénarios. Les rations d'approvisionnement du méthaniseur ont été contraintes sur les cultures dédiées, les issues de céréales et les coproduits agro-industriels, et autorisent l'importation de fumier et lisier extérieurs.

L'étude de l'effet « *taille du cheptel* » sur le fonctionnement et les performances du système permet de comprendre l'évolution de la vulnérabilité et de la résistance du système lorsqu'on augmente la taille du troupeau, à surface constante.

L'étude de l'effet « *taille du méthaniseur* » sur le fonctionnement et les performances du système permet quant à lui, de comprendre l'évolution de la vulnérabilité et de la résistance du système lorsqu'on augmente la taille du méthaniseur, à cheptel et surface constants.

Tableau 5 : Description des trois scénarios des systèmes « polyculture ».

Scénarios	Caractéristiques des cultures	Caractéristiques du méthaniseur
<b>1/ INITIAL POLY-CULTURE</b> « sans méthanisation »	400 ha de SAU Maïs grain ou ensilage, colza, blé, orge, betterave Fertilisation 100% minérale (solution azotée) Itinéraires Ile-de-France/Picardie	NC
<b>2/ INITIAL POLY-CULTURE + injection</b>	Contraintes d'assolement identiques à ci-dessus	150 Nm <sup>3</sup> /h en injection Contraintes de ration : max 20% de pulpes de betteraves, 5% d'issues de céréales, 8% de déchets agro- industriels, 5% de cultures principales
<b>3/ ALTERNATIF POLY-CULTURE + injection</b> <i>Effet "taille du méthaniseur"</i>	Contraintes d'assolement identiques à ci-dessus	300 Nm <sup>3</sup> /h en injection Contraintes de ration identiques



Tableau 6 : Description des cinq scénarios des systèmes « cultures avec élevage bovin ».

Scenarios	Caractéristiques des cultures	Caractéristiques des élevages	Caractéristiques du méthaniseur
<b>4/ INITIAL POLY-CULTURE ELEVAGE</b> « sans méthanisation »	200 ha de SAU Maïs grain ou ensilage, interculture ensilable, colza, blé, orge, récolte de paille, betterave, prairies ensilées, fauchées ou pâturées Fertilisation minérale (solution azotée) ou organique (fumier et lisier) Itinéraires Ile-de-France/Picardie	100 vaches laitières 800 000 litres de lait/an Ration du troupeau : ensilage de maïs, ensilage de graminées (prairies ou intercultures), foin de graminées (prairies), pâture, pulpe de betteraves surpressée, tourteau de soja, paille, minéraux.	NC
<b>5/ ALTERNATIF POLY-CULTURE ELEVAGE</b> « sans méthanisation » <i>Effet taille du cheptel</i>	Contraintes d'assolement identiques à ci-dessus	200 vaches laitières 1 600 000 litres de lait/an Contraintes de ration identiques à ci-dessus	NC
<b>6/ INITIAL POLY-CULTURE ELEVAGE + cogénération</b>	Contraintes d'assolement identiques à ci-dessus	100 vaches laitières 800 000 litres de lait/an Contraintes de ration identiques à ci-dessus	165 kWh en cogénération Contraintes de ration : max 5% issues de céréales, pas de coproduit agro-industriel, importation de fumiers et lisiers extérieurs.
<b>7/ ALTERNATIF POLY-CULTURES ELEVAGE + cogénération</b> <i>Effet taille du cheptel</i>	Contraintes d'assolement identiques à ci-dessus	200 vaches laitières 1 600 000 litres de lait/an Contraintes de ration identiques à ci-dessus	Contraintes du méthaniseur identiques à ci-dessus
<b>8/ ALTERNATIF POLY-CULTURE ELEVAGE + cogénération</b> <i>Effet taille du méthaniseur</i>	Contraintes d'assolement identiques à ci-dessus	100 vaches laitières 800 000 litres de lait/an Contraintes de ration identiques à ci-dessus	350 kWh en cogénération Contraintes de ration identiques à ci-dessus





## 3.1.5 Calculs des indicateurs d'évaluation de la résilience

Les indicateurs quantifiés avec l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>® sont issus du travail de recensement des indicateurs d'évaluation de la résilience des exploitations agricoles réalisé dans la première partie de cette étude (Tableau 7).

Comme expliqué précédemment, ces indicateurs ne donnent pas une évaluation directe de la résilience, mais permettent d'approcher cette notion en donnant de l'information sur la performance du système et sur sa capacité de résistance ou d'adaptation à un stress. Ces indicateurs doivent être accompagné d'une analyse pour être interprété au mieux.

Par ailleurs, dans le cadre de la modélisation avec l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>®, a été ajouté l'indicateur d'autonomie massique du méthaniseur. Cet indicateur complémentaire permettra d'approfondir l'analyse des dynamiques entre les différents ateliers.

**Tableau 7 : Indicateurs mesurés avec l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>® dans le cadre de l'étude sur la résilience des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation.**

Thématique	Indicateur	Description de l'indicateur	Unité
Performance économique €	Marge globale annuelle du système	Marge PerfAgro <sup>P3</sup> ® = Produits des ventes + primes et subventions) - (Charges de main d'œuvre, intrants, machines et amortissement du matériel)	€/an
Social 	Temps de travail total annuel	Heures de travail annuelles, pour l'activité agricole et pour la gestion du méthaniseur (y compris alimentation et maintenance)	h/an
Pratiques de fertilisation 	Dépendance aux engrais minéraux	Quantité d'azote minéral apporté sur l'exploitation / Quantité d'azote total (minéral + organique) apporté sur l'exploitation	%
	Poids économique de la fertilisation	(Coûts des engrais minéraux et organiques + consommation de carburant + amortissement matériel) / marge globale	%
Productions végétales 	Part des surfaces avec 2 cultures récoltées annuellement	Comprend les cultures principales, les CIVE, et les cultures dérobées (notamment pour l'élevage)	%
Elevage 	Autonomie fourragère	Unité fourragère (UF) des aliments auto-produits / UF totales de la ration	%
Spécifique PerfAgro <sup>P3</sup> ®	Autonomie massique du méthaniseur	Tonnage en matière brute des intrants autoproduits par rapport au tonnage en matière brute des intrants totaux dans la ration du méthaniseur	%
Consommation d'énergie fossile et production d'énergie 	Consommation de gasoil	Quantité de gasoil consommé par an	L/an
	Bilan énergétique	Energie produite – énergie fossile primaire totale consommée (énergie de fabrication des intrants + consommation de carburant et d'énergie)	MWh/an



## 3.1.6 Jeu de données de la situation de stress économique modélisée en Etape 2

Le stress économique appliqué correspond aux augmentations de prix observées au printemps 2022, à la suite au conflit russo-ukrainien, avec une forte hausse du prix des intrants et des énergies. Lors de cette période, les prix de vente des productions ont également fortement augmenté.

Le stress ici appliqué correspond toutefois à une augmentation du prix des intrants sans augmentation du prix de vente des productions, pour correspondre à une situation où l'agriculteur doit avancer la trésorerie avant la vente de ses productions. Cela permet de conserver un stress économique fort sur les charges de production, qui n'est pas contrebalancé par la vente des produits.

Les données principales correspondant à la situation de stress économique sont : le prix du carburant est augmenté de 55%, l'électricité de 11%, la solution azotée de 306% et les autres intrants de 16% (Tableau 8)<sup>21</sup>.

Tableau 8 : Quelques exemples de prix retenus pour le scénario de prix de base et le scénario de stress type début de printemps 2022.

	Prix d'achat de base	Prix sous scénario de stress
Carburant (€/l)	0,9	1,4
Electricité (€/MWh)	Injection : 8 €/MWh Cogénération : 10 €/MWh	Injection : 9 €/MWh Cogénération : 11 €/MWh
Solution azotée (€/t)	170	690
Pulpes de betteraves (€/t)	80	93
Tourteau de soja (€/t)	348	527
Ensilage de maïs (€/t)	114	133

## 3.2 Résultats

### 3.2.1 Résultats de l'Etape 1

Les résultats de cette étape sont décrits sous forme de tableaux pour chaque indicateur et par type de système, lorsque cela est pertinent. Les colonnes grises donnent quelques éléments chiffrés notoires et les tendances d'évolution des indicateurs des différents scénarios testés.

Les colonnes de droite précisent les facteurs de résilience et de vulnérabilité, ainsi que les caractéristiques pouvant réduire la vulnérabilité.

#### 3.2.1.1 Temps de travail

Concernant le système « polyculture », l'intégration du méthaniseur **double presque le besoin en main d'œuvre** pour l'activité agricole, en raison de l'augmentation du temps de travail pour les

<sup>21</sup> On précise que ces données témoignent bien d'un contexte de hausse des prix inédits, qui s'est accentué tout au long de la crise russo-ukrainienne



chantiers de fertilisation (épandage du digestat) et la récolte des CIVE (ensilage). L'augmentation du besoin de main d'œuvre est d'autant plus importante que le méthaniseur est gros, compte tenu d'une stratégie d'alimentation du méthaniseur fortement basée sur les CIVE. Ce temps de travail supplémentaire est consacré à un type de travail totalement nouveau pour la main d'œuvre concernée, puisque les exploitations en polyculture ne pratiquent généralement pas ou peu l'épandage de fertilisants organiques en grande quantité et l'ensilage.



Pour le système polyculture élevage, **l'augmentation du temps de travail agricole induite par la méthanisation est plus modérée (+10%)**, étant donné que le système sans méthaniseur pratique déjà l'épandage d'effluents et la récolte d'ensilage, et que le nouveau système augmente de façon relativement modérée ces pratiques. **En outre, il faut souligner que dans le cas du système polyculture élevage, l'activité agricole supplémentaire liée à la méthanisation correspond à des compétences déjà présentes sur l'exploitation.** Le besoin en main d'œuvre est par ailleurs relativement peu sensible à l'augmentation de la taille du méthaniseur car le système polyculture élevage initial a déjà recours à une quantité de main d'œuvre assez importante (donc le pourcentage d'augmentation est assez faible), et car, par ailleurs, la ration du méthaniseur repose beaucoup sur des effluents d'élevage (et assez peu sur les surfaces cultivées). Le besoin en main d'œuvre du système polyculture élevage est en revanche très sensible à la taille de l'élevage, et ce, qu'il y ait un méthaniseur ou pas.

A ce temps de travail agricole, s'ajoute le temps en main d'œuvre qualifiée pour la gestion, le fonctionnement et l'entretien de l'unité de méthanisation, qui est fixé dans le modèle comme croissant avec la taille de l'unité, bien que des économies d'échelle soient possibles.

Le facteur de vulnérabilité identifié ici est le **besoin en main d'œuvre spécialisée et qualifiée**. Il concerne tout particulièrement le système en polyculture, qui en nécessite à la fois pour la production agricole (épandages et ensilages) et pour la méthanisation.

Dans les deux types de système, ce besoin en main d'œuvre peut être réduit par le recours à une Entreprise de Travaux Agricoles (ETA) spécialisée (épandages et ensilages) ou la robotisation d'une partie du travail d'élevage (main d'œuvre liée à l'élevage). La vulnérabilité de l'exploitation à ces problématiques de main d'œuvre peut également être réduite par la plus grande attractivité de l'exploitation agricole intégrant un méthaniseur et pouvant faciliter l'embauche, ou par l'existence de formations spécialisées sur la gestion d'une unité de méthanisation dans l'environnement de l'exploitation (pour ce qui concerne les besoins pour l'atelier de méthanisation).

Tableau 9 : Impacts sur le temps de travail - analyse relative des scénarios polyculture et polyculture-élevage.

Temps de travail total annuel (h/an)	Effet avec méthanisation*	Effet taille du méthaniseur**	Effet taille du cheptel**	Facteurs de vulnérabilité identifiés	Caractéristiques pouvant réduire la vulnérabilité	Facteurs de résilience identifiés
<b>Polyculture</b> 	<i>Temps de main d'œuvre agricole doublé (+95%) et temps supplémentaire lié à la méthanisation (+1540 h)</i>	<i>Augmentation du temps de travail, mais des économies d'échelle sont possibles</i>	NC	Besoin de <b>main d'œuvre agricole spécialisée</b> , lors des pics de travail (épandage, ensilage) et en <b>main d'œuvre spécialisée dans la gestion d'un méthaniseur</b> .	<b>ETA spécialisées. Réseaux d'irrigation existants</b> permettant de faciliter l'épandage. <b>Formation du personnel. Attractivité</b> de l'exploitation agricole pour faciliter l'embauche.	
<b>Elevage</b> 	<i>+10% temps de main d'œuvre agricole et temps supplémentaire lié à la méthanisation (+1600 h)</i>	<i>Augmentation marginale grâce à des économies d'échelle</i>	<i>Augmentation plus importante mais des économies d'échelle sont possibles</i>	Besoin de <b>main d'œuvre spécialisée dans la gestion d'un méthaniseur et pour l'élevage</b> .	<b>ETA spécialisées. Robotisation</b> d'une partie du travail d'élevage.	La présence du méthaniseur <b>valorise bien les compétences agricoles déjà présentes</b> dans le système.

\* effet par rapport au système initial sans méthanisation

\*\* effet par rapport au système initial avec méthanisation

### 3.2.1.2 Pratiques de fertilisation

L'insertion d'un méthaniseur permet de réduire fortement la dépendance aux engrais minéraux par rapport aux scénarios sans méthanisation : 80% pour le scénario « polyculture » initial et 70% pour le scénario « polyculture élevage » initial. La diminution est accentuée par la taille du méthaniseur et, dans une moindre mesure, de l'élevage. La production de digestat permet donc de **diminuer la dépendance à l'azote minéral**, et diminuer ainsi les **coûts d'achat** des engrais minéraux pour les deux types de système, ce qui est facteur de résilience.

Cette baisse des coûts des engrais minéraux est compensée par les charges liées à l'épandage du digestat, qui augmentent compte tenu du volume d'engrais organique plus important à épandre. Ainsi, pour le système « polyculture », l'intégration du méthaniseur augmente de plus de 50% les charges globales liées à la fertilisation (baisse des charges liées à l'épandage d'azote minéral mais les charges d'épandage de digestat sont importantes). La marge globale (atelier cultures + méthanisation) augmentant grâce au méthaniseur, le poids économique global de la fertilisation est donc proche du scénario sans méthanisation. L'augmentation de la taille du méthaniseur diminue ce poids économique de la fertilisation, dû à l'augmentation très importante de la marge globale.

Pour le système « polyculture élevage », les charges totales de fertilisation ne changent quasiment pas (en légère baisse) avec l'ajout du méthaniseur : la hausse des coûts d'épandage (volume de digestat



## Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles

épanché plus important que le volume d'effluents épanchés sans méthaniseur) est compensée par la baisse des achats d'engrais. Le poids économique de la fertilisation diminue donc de plus de moitié, grâce à l'augmentation de la marge globale du système. Cette diminution est accentuée par l'augmentation de la taille du méthaniseur et, dans une moindre mesure, par l'augmentation de la taille de l'élevage.

Le facteur de vulnérabilité identifié ici est le poids des **charges liées à l'épandage** et notamment celles liées au **carburant**. Il concerne uniquement le système polyculture. Il est réduit lorsque la taille du méthaniseur augmente et la marge compense largement l'augmentation du coût de l'épandage.

Avec la méthanisation, le système polyculture élevage montre quant à lui une dépendance toujours faible par rapport au coût de la fertilisation, qui est encore amoindrie grâce à l'augmentation de la taille du méthaniseur ou celle de l'élevage. **Cette faible dépendance au coût global de la fertilisation est un facteur de résilience pour ce type de système.**

On précise ici que pour l'indicateur « Poids économique de la fertilisation » on divise les charges par la marge globale. L'analyse serait différente si on divisait les charges par la marge de l'atelier culture uniquement ou polyculture-élevage uniquement.

Tableau 10 : Impacts sur la dépendance aux engrais minéraux - analyse relative des scénarios polyculture et polyculture-élevage.





Dépendance aux engrais minéraux	Effet avec méthanisation*	Effet taille du méthaniseur**	Effet taille du cheptel**	Facteurs de vulnérabilité identifiés	Caractéristiques pouvant réduire la vulnérabilité	Facteurs de résilience identifiés
 Polyculture	Diminution de 80%	Diminution de 70%	NC			Diminution de la <b>dépendance en volume à l'azote minéral.</b>
 Elevage	Diminution de 70%	Diminution de 60%	Diminution de 40%			

Tableau 11 : Impacts sur le poids économique de la fertilisation - analyse relative des scénarios polyculture et polyculture-élevage.

Poids économique de la fertilisation	Effet avec méthanisation*	Effet taille du méthaniseur**	Effet taille du cheptel**	Facteurs de vulnérabilité identifiés	Caractéristiques pouvant réduire la vulnérabilité	Facteurs de résilience identifiés
 Polyculture	Proche de la situation sans méthanisation	Diminution	NC	<b>Charges d'épandage</b> du digestat.	<b>ETA Réseaux d'irrigation existants</b> permettant de faciliter l'épandage.	Diminution de la <b>dépendance économique</b> à la fertilisation, à coût d'azote et de carburant stable.
 Elevage	Diminution	Forte diminution	Diminution			

\* effet par rapport au système initial sans méthanisation

\*\* effet par rapport au système initial avec méthanisation





## 3.2.1.3 Consommation de carburant

Avec la méthanisation, la consommation de carburant augmente de manière plus prononcée pour le système « polyculture » (+30%) avec l'augmentation des volumes à épandre et la conduite et la récolte des CIVE, que pour le système polyculture élevage (+11%).

En élevage, la consommation de carburant augmente avec la taille de l'élevage mais augmente peu avec la taille du méthaniseur. En effet, le plus gros méthaniseur produit plus de digestat, mais le digestat supplémentaire est exporté hors de la ferme. Par ailleurs, le méthaniseur est alimenté avec une grande majorité d'effluents de l'élevage de la ferme et d'élevages des fermes aux alentours. L'augmentation des coûts de récolte (pour la production de CIVE ou de cultures dédiées) est donc très modérée. En revanche, lorsque l'élevage augmente en taille, les consommations de carburants liées à la production de fourrages et la manutention et la distribution des aliments augmente de façon relativement conséquente.

**L'augmentation de la consommation en énergie fossile liée à la méthanisation est un facteur de vulnérabilité pour le système polyculture comme pour le système polyculture élevage**, en particulier à cause de la volatilité des prix des carburants. Elle est plus importante pour le système polyculture et est accentuée par la taille du méthaniseur. Pour le système polyculture élevage, elle est plus faible et est surtout accentuée par la taille de l'élevage.

Tableau 12 : Impacts sur la consommation de carburant - analyse relative des scénarios cultures et élevage.

Consommation de carburant	Effet avec méthanisation*	Effet taille du méthaniseur**	Effet taille du cheptel**	Facteurs de vulnérabilité identifiés	Caractéristiques pouvant réduire la vulnérabilité	Facteurs de résilience identifiés
 <b>Cultures</b>	+ 30% (conduite des CIVE + volumes à épandre)	Augmentation plus importante	NC	Augmentation de la <b>dépendance aux carburants</b> pour l'activité agricole (conduite des CIVE, épandage).		
 <b>Elevage</b>	+ 11%	Proche du scénario initial avec méthanisation	Augmentation plus importante	<b>Dépendance aux carburants</b> qui augmente avec la taille de l'élevage mais n'augmente pas beaucoup avec la taille du méthaniseur.		





### 3.2.1.4 *Part des surfaces avec deux cultures récoltées annuellement, autonomie fourragère et autonomie massique du méthaniseur*

Les « surfaces avec deux cultures récoltées annuellement » correspondent aux surfaces sur lesquelles on cultive une CIVE et une culture principale (soit une CIVE suivie d'une culture principale, ou bien une culture principale suivie d'une CIVE), ou bien une culture dérobée (culture intermédiaire récoltée et ensilée avant maturité pour l'alimentation animale) suivie d'une culture principale.

Pour rappel, l'autonomie massique du méthaniseur correspond à la quantité (en tonnes de matière brute) d'intrants autoproduits par rapport à la quantité d'intrants totale. Enfin, l'autonomie fourragère correspond à la quantité d'Unités Fourragères (UF) auto-produites par rapport à la quantité d'UF totales de la ration du troupeau laitier.

Ces trois indicateurs sont particulièrement liés. En effet, **leurs variations relatives dépendent des stratégies d'autonomie fixées pour l'alimentation du méthaniseur et pour l'alimentation animale.**

**Pour les systèmes « polyculture »**, on a défini au départ une stratégie de recherche d'une relative autonomie pour l'alimentation du méthaniseur. Dans ce contexte, la part des surfaces avec une double culture annuelle augmente avec la mise en place du méthaniseur, à cause de la production de CIVE pour l'alimentation du méthaniseur. Cette part augmente avec l'augmentation de la taille du méthaniseur.

Cependant, dans les exploitations en polyculture avec méthanisation, la stratégie d'alimentation du méthaniseur n'est pas toujours celle d'une recherche d'autonomie. La surface en CIVE dans une ferme donnée peut être plus ou moins importante selon l'autonomie du méthaniseur recherchée, la taille du méthaniseur et la possibilité d'acheter des substrats méthanisables à l'extérieur, qu'il s'agisse de substrats agricoles ou non agricoles (biodéchets, déchets des industries agro-alimentaires).

L'augmentation de la surface en double culture liée à la méthanisation dans le système étudié (système polyculture visant l'autonomie d'approvisionnement du méthaniseur) **accroît la vulnérabilité du système par rapport à certains risques agronomiques** liés notamment au tassement des sols (en raison de la double récolte), aux risques climatiques (conditions climatiques lors des périodes de récolte des CIVE, reconstitution de la réserve utile en eau des sols au printemps) et aux risques sur l'organisation des travaux agricoles (calendrier de récoltes plus tendu). Pour diminuer ces risques, des solutions existent : utiliser du matériel adapté et diversifier les espèces conduites en double culture annuelle.

Par ailleurs, comme vu précédemment, l'augmentation des surfaces en CIVE peut également présenter des **atouts en termes de résilience** pour le système agricole, de par **les intérêts agro-environnementaux des CIVE** : couverture du sol, apport de matières organiques ou encore refuge pour la biodiversité. Ces atouts peuvent contribuer à améliorer la fertilité globale des sols.

Afin de réduire la dépendance du méthaniseur à la production de CIVE par le système de production agricole, il peut être pertinent d'augmenter l'utilisation de ressources extérieures, mais cela induit **un autre type de vulnérabilité : la dépendance vis-à-vis des cosubstrats extérieurs** (coproduits ou déchets agroindustriels, biodéchets) et de la compétition avec d'autres usages de ces cosubstrats. Afin de réduire cette vulnérabilité, une concertation des acteurs produisant et/ou utilisant ces cosubstrats à l'échelle des territoires est nécessaire, pour optimiser leur utilisation sur les territoires et garantir la meilleure résilience possible des acteurs du territoire utilisant ces cosubstrats. Une contractualisation à moyen ou long terme de l'usage des cosubstrats extérieurs peut également être envisagée.

**Pour les systèmes « polyculture élevage »**, on a également défini dès le départ une stratégie d'alimentation du méthaniseur fondée sur une relative autonomie par rapport aux cosubstrats non agricoles. Il a été considéré que ces systèmes étaient situés en zone d'élevage avec une relative



abondance d'effluents d'élevage disponibles pour la méthanisation, un peu de coproduits agricoles et pas de coproduits ou déchets industriels.

Dans ce contexte, les ressources en effluents d'élevage (provenant du système polyculture élevage et des élevages des alentours) pour le méthaniseur sont si importantes que l'introduction d'un méthaniseur les mobilise très majoritairement et mobilise très peu de surfaces de la ferme pour la production de CIVE. Par conséquent, la majeure partie de la surface cultivée reste consacrée aux cultures de vente et à l'alimentation du troupeau. Il y a cependant une augmentation des achats d'aliments (baisse de l'autonomie UF et MAT), mais qui est très modérée. L'augmentation de la taille du méthaniseur mobilise encore plus les effluents d'élevage du territoire mais modifie très modérément l'autonomie UF et MAT du troupeau de la ferme. En revanche, l'augmentation importante de la taille de l'élevage a un impact beaucoup plus fort sur l'autonomie UF et MAT. En effet, la seule solution possible pour répondre à l'augmentation des besoins des troupeaux, à surface constante et ressources méthanisables extérieures fixes, est d'acheter des aliments à l'extérieur.

Ainsi, **dans un contexte de zone d'élevage** (forte disponibilité des effluents), **l'introduction du méthaniseur augmente de façon très marginale la vulnérabilité par rapport au prix des aliments achetés pour le troupeau**. La taille du méthaniseur a également une faible influence sur ce type de vulnérabilité. En revanche, l'introduction du méthaniseur rend le système **dépendant de la présence d'autres élevages et de la disponibilité de leurs effluents** pour la méthanisation, cette dépendance étant bien sûr renforcée par l'augmentation de la taille du méthaniseur. Enfin, c'est la taille de l'élevage qui augmente la vulnérabilité du système au prix des matières premières pour l'élevage (à surfaces constantes).

De la même façon que pour les systèmes polyculture, il existe aussi des fermes en polyculture élevage avec méthanisation qui ont accès à des coproduits ou déchets agroindustriels en quantités plus ou moins importantes. Dans ce cas, ils sont **vulnérables par rapport à la disponibilité et au prix de ces ressources extérieures méthanisables**. D'autres fermes polyculture élevage mobilisent moins de ressources extérieures pour la méthanisation et basent davantage la ration du méthaniseur sur la production de CIVE ou de cultures dédiées. Dans ce dernier cas, la production de CIVE et de cultures dédiées se faisant aux dépens de la production de cultures fourragères, le système doit compenser en achetant davantage de matières premières pour l'alimentation animale. Dans ce cas, la présence du méthaniseur accroît donc **la vulnérabilité du système par rapport au prix des aliments achetés pour le troupeau**, qui est d'autant plus importante que la taille du troupeau est élevée.

Ainsi, de façon générale pour le système polyculture élevage, la vulnérabilité du système et sa capacité de résilience **dépendent de la stratégie d'autonomie ou de dépendance choisie pour l'alimentation du méthaniseur et, surtout, de l'adéquation de cette stratégie par rapport aux ressources du territoire**, c'est-à-dire effluents d'élevage, coproduits ou déchets agroindustriels et disponibilité en surfaces cultivables.

La définition de la stratégie d'alimentation du méthaniseur nécessite donc une **connaissance des gisements et, idéalement, l'existence d'un cadre favorisant la concertation entre les usagers des substrats méthanisables du territoire**, pour éventuellement organiser collectivement la répartition optimale de l'utilisation des substrats et la régulation de l'installation des nouveaux usagers.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> France gaz Renouvelable, I-cAre, Solagro. Etude de la concurrence entre méthanisation et ressources fourragères. <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-39826-FGR-etude-concurrence-methanisation-ressources-fourrageres.pdf>



## 3.2.1.5 Marge globale PerfAgro<sup>P3</sup>®

Pour les systèmes « polyculture » et les systèmes « polyculture élevage », l'intégration d'un méthaniseur augmente la marge PerfAgro<sup>P3</sup>® du système global grâce aux revenus liés à la vente d'énergie. Le méthaniseur augmente ainsi la capacité du système global à payer ses frais financiers et à réinvestir.

Dans le contexte et les hypothèses choisies ici, la présence du méthaniseur permet donc de **diminuer la vulnérabilité économique globale du système**.

## 3.2.2 Résultats de l'Etape 2

Les résultats suivants correspondent aux variations des indicateurs de performance et de capacité de résistance et d'adaptation obtenus après application du stress économique (Tableau 13).

Lorsqu'un pourcentage est positif, cela signifie qu'à la suite du stress, la valeur de l'indicateur a augmenté par rapport à la situation de référence. Si le pourcentage est négatif, cela signifie que la valeur de l'indicateur a diminué par rapport à la situation de référence. La situation de référence correspond au scénario équivalent « sans stress ». Par exemple, on compare le scénario « polyculture avec méthanisation – sans stress » (situation de référence), au scénario « polyculture avec méthanisation- avec stress ».

Pour rappel, le stress économique appliqué correspond à une augmentation du prix des intrants et de l'électricité : + 55% pour le prix du carburant, + 11% pour le prix de l'électricité, + 306% pour le prix de l'azote et +16% pour le prix des autres intrants. Un accent particulier est donc mis sur le prix de l'azote minéral, afin de refléter la situation vécue au printemps 2022, à la suite du conflit russo-ukrainien. On se place également dans une situation où les prix de vente des productions ne varient pas.

Il convient de préciser que les résultats présentés ici, correspondent à une situation où l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>® autorise les systèmes à s'adapter, c'est-à-dire à modifier leur assolement. Les écarts sont donc moins importants que si les systèmes ne s'adaptait pas et étaient donc à assolement constant.



# Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles

Tableau 13 : Evolution des indicateurs de résilience, après application du stress économique via l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>®.

**Indicateurs en vert** : la différence de variation entre les systèmes avec et sans méthanisation est significative et indique une meilleure résistance au stress.

**Indicateurs en gris** : l'indicateur varie peu suite au stress économique. Les variations entre les systèmes avec et sans méthanisation sont très peu différentes.

**Indicateurs en orange** : les variations de résultats obtenues nécessitent d'être interprétées, notamment en fonction du contexte territorial de l'exploitation agricole.

Indicateurs	Polyculture		Polyculture élevage	
	Sans méthanisation	Avec méthanisation	Sans méthanisation	Avec méthanisation
Marge PerfAgro <sup>P3</sup> ® (€/an)	-56%	-36%	-96%	-33%
Main d'œuvre totale (h/an)	-6%	-3%	+1%	+0%
Poids économique de la fertilisation (%)	+614%	+114%	+4010%	141%
Dépendance aux engrais minéraux (%)	+0%	-40%	-37%	-9%
Consommation de carburant (L/ha)	+4%	+0%	+7%	+2%
Bilan énergétique (MWh/an)	-10%	+0%	-12%	+0%
Part des surfaces avec 2 cultures récoltées annuellement (%)	+0%	-16%	+0%	+15%
Autonomie fourragère (%)	NC	NC	+7%	+3%
Autonomie massique du méthaniseur (%)	NC	-12%	NC	+2%

### Evolution de la marge :

Dans le cas du système « polyculture » comme du système « polyculture élevage », la présence d'une unité de méthanisation (injection dans le premier cas et cogénération dans le second) permet d'amortir, de façon très significative, la baisse de marge consécutive à un stress économique de type début du printemps 2022. En effet, les résultats du tableau 13 montrent que la baisse de la marge PerfAgro<sup>P3</sup>® est de 36% et de 33% respectivement pour le système polyculture et le système polyculture élevage avec méthanisation, contre 56% et 96% respectivement pour les mêmes systèmes sans méthanisation. Cet amortissement significatif de la baisse de marge est possible à la fois à assolement fixe (résultats non présentés dans le tableau), ce qui montre une **capacité de résistance** supérieure du système avec méthanisation, et à assolement optimisé, ce qui montre également une



**capacité d'adaptation** supérieure du système avec méthanisation. Ainsi, selon le contexte et les hypothèses retenues, **la résilience économique globale est améliorée par la présence d'un méthaniseur dans les systèmes polyculture et polyculture élevage.**

### ***Main d'œuvre :***

La variation du besoin en main d'œuvre est très faiblement différente entre les systèmes polyculture et polyculture élevage, avec et sans méthanisation, lorsqu'ils sont confrontés au stress économique. En ce qui concerne le système polyculture, la stratégie d'adaptation au stress est même légèrement moins gourmande en main d'œuvre que la stratégie initiale. Cela signifie que le système polyculture peut répondre au stress sans peser davantage sur la main d'œuvre. Rappelons tout de même que la présence d'un méthaniseur dans le système polyculture modifie considérablement le besoin en main d'œuvre (quantité et type de compétences), ce qui constitue un point de vulnérabilité du système. Cette vulnérabilité n'est donc pas accentuée par le stress.

### ***Pratiques de fertilisation :***

Les charges totales de fertilisation augmentent dans tous les systèmes avec le stress économique. La présence d'un méthaniseur permet cependant de mieux faire face à cette augmentation de charges, grâce d'une part à la marge importante dégagée par le système global, du fait de la présence du méthaniseur, et d'autre part à la possibilité de recourir à du digestat en remplacement de l'azote minéral. Ainsi le poids économique des engrais augmente beaucoup moins dans les systèmes avec méthaniseur que dans les systèmes sans méthaniseur. **La méthanisation apporte donc de la résilience aux systèmes polyculture et polyculture élevage par rapport à l'évolution du prix des engrais.**

Les stratégies d'adaptation au stress se concrétisent techniquement par une réduction de l'utilisation de l'azote minéral. Dans le système polyculture sans méthanisation, la seule façon de réduire l'utilisation d'azote minéral est de mettre en place des cultures moins gourmandes en azote car on considère que le système n'a pas accès à des engrais organiques et n'a donc pas d'alternative à l'azote minéral. L'indicateur de dépendance à l'azote minéral ne varie donc pas. Dans tous les autres systèmes, du fait de la présence de l'élevage et/ou du méthaniseur, les stratégies d'adaptation combinent la mise en place de cultures moins gourmandes en azote et la maximisation du recours aux engrais organiques (effluents d'élevage ou digestat), d'où une dépendance réduite à l'azote minéral pour tous les systèmes sauf le système polyculture sans méthanisation. **La variation de l'indicateur de dépendance à l'azote minéral montre donc une capacité d'adaptation, et donc de résilience, supérieure, qui concerne donc les systèmes avec méthanisation et/ou avec élevage.**

### ***Consommations de carburant :***

La phase précédente (cf. Etape 1) a montré que la méthanisation avait tendance à accroître la dépendance aux carburants pour les systèmes « polyculture », du fait des consommations accrues liées aux travaux d'ensilage et d'épandage de digestat (cf. partie 3.2.1.3). C'est un point de vulnérabilité important des systèmes polyculture. La dépendance aux carburants ne change en revanche quasiment pas pour les systèmes « polyculture élevage » (qui font déjà de l'ensilage et de l'épandage d'effluents sans méthanisation). Les stratégies d'adaptation au stress économique accroissent légèrement plus la dépendance aux carburants pour les systèmes sans méthanisation par rapport aux systèmes avec méthanisation, sans que cela ne soit significatif.

### ***Bilan énergétique :***

Pour rappel, le bilan énergétique correspond à l' « énergie produite – énergie fossile primaire totale consommée (énergie de fabrication des intrants + consommation de carburant et d'énergie) ». Ce bilan est donc négatif dans les systèmes sans méthanisation, où la stratégie d'adaptation au stress économique consiste à diminuer les consommations d'énergie fossile. Ainsi, le bilan énergétique est amélioré mais reste négatif. Lorsque ces systèmes sont complétés par un méthaniseur, le bilan énergétique évolue très marginalement, car la production d'énergie par le méthaniseur reste



quasiment stable et « écrase » les variations de consommations d'énergie fossile. Ces consommations d'énergie fossile baissent cependant aussi pour les systèmes avec méthanisation, en situation de stress, par rapport à la situation sans stress. Par ailleurs, à l'échelle macroscopique, une moindre sollicitation des ressources énergétiques par l'ensemble des systèmes est plutôt indicatrice d'une **amélioration de la résilience du territoire global**.

### ***Part des surfaces cultivées avec deux cultures récoltées annuellement et autonomie du méthaniseur et de l'élevage :***

L'adaptation au stress économique pour les systèmes avec méthanisation peut se faire soit en diminuant la part de double culture (CIVE) dans l'assolement (système « polyculture + injection »), soit en l'augmentant (système « polyculture élevage + cogénération »), en fonction des substrats méthanisables disponibles à l'achat et de leur prix relatif. L'augmentation des surfaces en CIVE peut être vue positivement sur le plan de l'autonomie du méthaniseur et de certains aspects de la fertilité des sols, et négativement sur le plan de la pression sur la structure et la réserve utile en eau des sols et sur le calendrier de récolte.

La stratégie d'adaptation du système « polyculture + injection », qui diminue la surface en CIVE, implique une diminution de l'autonomie du méthaniseur. Celle du système « polyculture élevage + cogénération », qui augmente la surface en double culture, permet d'augmenter légèrement l'autonomie du méthaniseur et de l'élevage. Ces résultats sont très contexte-dépendants. En fonction de la pression relative sur la surface cultivée (SAU, fertilité et possibilité de recharge en eau de la réserve utile des sols) et sur les ressources en substrats méthanisables extérieurs, ils peuvent soit signifier plus de résilience, soit plus de vulnérabilité (voir les résultats de la phase 1 sur ces aspects).

### **3.3 Synthèse et limites des résultats PerfAgro<sup>P3</sup>®**

L'approche adoptée avec l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>® a permis d'objectiver et de quantifier la résilience des exploitations agricoles avec et sans méthanisation. Pour ce faire, la résilience a été approchée à travers l'évaluation d'indicateurs de performance des systèmes de production et d'indicateurs exprimant la capacité de résistance ou d'adaptation de ces systèmes. Elle a été évaluée en 2 phases :

- une première visant à repérer les variations de capacité de résistance et d'adaptation (facteurs de vulnérabilité ou de résilience) en fonction de la taille relative des ateliers des systèmes étudiés
- une seconde visant à évaluer les performances et la capacité de résistance et d'adaptation de cas-types face à un stress économique extrême

Cette approche complète utilement les travaux d'analyse documentaire et d'enquête, en apportant des éléments chiffrés et des analyses précises des dynamiques internes dans les systèmes de production.

Les principaux facteurs de vulnérabilité des systèmes avec méthanisation identifiés lors de cette étude sont :

- L'augmentation importante du **besoin en main d'œuvre agricole spécialisée** lors des pics de travail agricole (épandage, ensilage), en particulier pour les systèmes polyculture, et le besoin de main d'œuvre spécialisée pour la gestion d'un méthaniseur ;
- L'**augmentation importante des charges** liées à l'épandage du digestat (consommation de carburant, machines, main d'œuvre), notamment pour les systèmes « polyculture » ;
- La **hausse de consommation de carburant** liée aux chantiers agricoles pour la production de CIVE et l'épandage du digestat, notamment pour les systèmes polyculture.



Par ailleurs, les principaux facteurs de résilience mis en évidence au travers des modélisations avec PerfAgro<sup>P3®</sup> sont :

- Dans les systèmes polyculture élevage, une présence du méthaniseur qui **valorise bien les compétences agricoles déjà présentes** sur l'exploitation, notamment pour l'épandage ;
- La **diminution de la dépendance en volume à l'azote minéral** grâce à la production de digestat, en particulier pour les systèmes polyculture ;
- Le choix d'une **stratégie d'alimentation du méthaniseur** en cohérence avec le contexte de l'exploitation agricole et le contexte territorial ;
- Une **diminution de la vulnérabilité économique globale** grâce à la méthanisation.

**Face à un stress économique extrême**, les résultats de l'étude confirment les facteurs de résilience des systèmes avec méthanisation, en montrant une meilleure absorption du choc économique et une capacité à maintenir le bilan énergétique stable. Par ailleurs, ils montrent que cette résilience est associée au fait que la méthanisation offre un plus grand nombre de stratégies d'adaptation au stress. Cette flexibilité vient du fait que :

- la méthanisation est une voie de valorisation supplémentaire des ressources, notamment des surfaces agricoles disponibles ou des coproduits extérieurs, qui peut compenser d'autres voies de valorisation (cultures, élevage) lorsque ces dernières sont moins rémunératrices ;
- dans le contexte de tarif de rachat du biogaz et de l'électricité, les produits générés par la vente de l'énergie permettent de bien amortir l'augmentation du tarif des intrants des cultures ;
- la méthanisation offre un engrais, le digestat, qui permet de s'affranchir un peu de la variation du prix des engrais.

L'approche adoptée dans le cadre de cette étude avec l'outil PerfAgro<sup>P3®</sup> comporte toutefois plusieurs limites. Par contrainte de temps, un nombre limité de cas ont été modélisés dans le cadre de l'étude (8 cas sans stress, 4 cas avec stress) et des choix forts ont été faits pour la définition de ces cas (notamment concernant les stratégies d'alimentation du méthaniseur et la disponibilité des cosubstrats extérieurs, effluents d'élevage ou coproduits/déchets agroindustriels). La question de la résilience des exploitations agricoles avec ou sans méthaniseur n'a donc pas été abordée de façon exhaustive. Pour pallier cette limite, nous avons modélisé des cas permettant de déceler des facteurs de vulnérabilité ou de résilience dans les exploitations agricoles, indépendants des caractéristiques spécifiques de ces exploitations, et ayant trait à la taille relative des ateliers au sein de l'exploitation.

Par ailleurs, la modélisation implique une représentation simplifiée de la réalité d'une exploitation agricole. Ainsi, les rendements par culture, les coûts de production des cultures, les paramètres zootechniques du troupeau, le temps de travail par opération culturale ou par animal entre autres, sont des paramètres d'entrée fixes dans les modèles étudiés. Ils ne rendent donc pas parfaitement compte de la variabilité interne et interannuelle des caractéristiques de fonctionnement d'une exploitation. Plusieurs méthodes existent pour prendre en compte la variabilité interne ou interannuelle existent. On peut par exemple les prendre en compte via des outils statistiques. Dans le cadre de cette étude, pour s'assurer que les paramètres descriptifs des systèmes étudiés représentent une réalité moyenne possible d'une exploitation agricole, ils ont été fixés par un groupe d'experts du GT Résilience.

Enfin, l'approche employée dans cette partie de l'étude est fondée sur l'utilisation de PerfAgro<sup>P3®</sup>, qui est un outil de modélisation basé sur l'optimisation. Dans le cadre de cette étude, on a choisi de calculer la combinaison des activités des systèmes étudiés pour qu'elle maximise la marge économique de l'exploitation agricole, partant de l'hypothèse que la stratégie dominante de l'agriculteur est la maximisation de sa marge globale. En réalité, un agriculteur a parfois plusieurs objectifs lorsqu'il raisonne ses activités dans son système de production : objectifs économiques, environnementaux, etc. Par ailleurs, il est limité dans sa stratégie de maximisation de marge par diverses contraintes :





contraintes de rotation, de main d'œuvre, de place en bâtiment d'élevage, certaines limites techniques, des réticences aux changements, des habitudes, etc. Pour prendre en compte l'ensemble de ces contraintes, qui sont pour certaines facilement chiffrables et pour d'autres moins, certaines sont exprimées directement comme des contraintes dans le modèle PerfAgro<sup>P3</sup>® (rotation, quantité maximum de main d'œuvre, nombre de places pour les animaux), et certaines sont approchées par des contraintes chiffrées rajoutées petit à petit au modèle (par exemple, surface maximum de telle ou telle culture), par processus d'itération des simulations. Les résultats des simulations ont été présentés au GT resserré lors de réunions intermédiaires, pour valider que les solutions modélisées sont les plus conformes possibles à la réalité du terrain, telle que perçue par le groupe d'experts mobilisés.



## 4 Conclusions et perspectives

La mise en place d'un méthaniseur dans un système agricole entraîne des changements de pratiques et d'organisation qui vont avoir un impact sur **la résilience de l'exploitation agricole, c'est-à-dire sa capacité à résister et à s'adapter à un stress**. La résilience d'une exploitation agricole est essentielle pour assurer sa pérennité. Les risques qui pèsent sur l'exploitation agricole peuvent être de plusieurs types : risques sur les facteurs de production et sur la production, risques sur les prix, risques humains, financiers ou encore institutionnels. La résilience est un concept multifactoriel, qu'il est complexe d'appréhender. C'est pourquoi l'objectif principal de cette étude était d'objectiver en quoi la méthanisation pouvait permettre à une exploitation agricole d'être plus résiliente.

Dans un premier temps, une analyse bibliographique a permis de réaliser une matrice d'évaluation de la résilience, qui a servi de base à la définition d'indicateurs. Ces indicateurs ont ensuite pu être évalués de manière qualitative grâce à une enquête en ligne auprès de **55 agriculteurs méthaniseurs**, puis de manière quantitative avec les modélisations de cas d'étude à l'aide de **l'outil PerfAgro<sup>P3</sup>**. Ces modélisations ont permis d'avoir une **approche relative de scénarios avec et sans méthanisation**, mais aussi d'avoir une **approche dynamique en modélisant un stress et en analysant la réponse à ce stress**. Deux types de systèmes ont pu être analysés : un **système polyculture** avec un méthaniseur en injection, et un système **polyculture-élevage** avec un méthaniseur en cogénération.

**L'analyse bibliographique et les retours de terrain témoignent d'une meilleure résilience des systèmes avec méthanisation**, avec toutefois un point de vigilance sur la représentativité des résultats de l'enquête. A l'avenir, cette enquête pourrait être répétée afin de suivre l'évolution de la résilience en ayant davantage de recul sur les unités de méthanisation en injection notamment.

Les modélisations de cas d'étude à l'aide de PerfAgro<sup>P3</sup> ont permis de mettre en avant **des facteurs de résilience et de vulnérabilité**. Par ailleurs, en situation de stress économique, **la méthanisation offre un plus grand nombre de stratégies de résistance et d'adaptation possibles**, notamment grâce à **la revente d'énergie, la valorisation supplémentaire des ressources agricoles et la production de digestat qui vient se substituer aux engrais minéraux**. Il serait également intéressant de modéliser d'autres stress, comme un stress climatique (baisse des rendements, difficultés à implanter des CIVE), qui fait particulièrement sens dans le contexte actuel de réchauffement climatique. Par ailleurs, certains **points d'attention** ont également pu être mis en évidence à travers cette étude : augmentation de la charge de travail et des charges d'épandage, antagonisme possible entre la stratégie de recherche d'autonomie pour le méthaniseur ou d'autonomie pour les autres ateliers (notamment élevage) et qui va dépendre du contexte de l'exploitation agricole et du contexte territorial.

Enfin, cette étude a permis **de mieux appréhender la résilience des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation**, via une démarche méthodologique innovante. Cette première approche pourrait être approfondie en quantifiant la résilience des exploitations agricoles via la construction d'un **outil de mesure de la résilience**, ce qui pourrait faciliter la potentielle valorisation du gain de résilience. Par ailleurs, cette étude avait pour périmètre l'exploitation agricole. La méthanisation s'inscrivant dans une logique d'économie circulaire et d'ancrage local, il serait également pertinent d'étendre l'analyse des impacts de la méthanisation à **la résilience des territoires**, dans la continuité des travaux initiés dans le cadre de cette étude. Doté d'un module méthanisation et reposant sur une plateforme de modélisation et d'évaluation intégrée des territoires agricoles et des systèmes de bioéconomie, l'outil MAELIA<sup>23</sup> serait par exemple à même d'évaluer dans quelles mesures les projets de méthanisation permettent d'améliorer la durabilité et résilience des exploitations agricoles engagées dans ceux-ci, à l'échelle d'un territoire donné.

<sup>23</sup> <http://maelia-platform.inra.fr/>



## TABLE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : Matrice permettant d'analyser les conséquences sur la résilience, de l'introduction de la méthanisation dans un système agricole (Agrosolutions, GT Résilience, Solagro 2018, AILE 2019). ...	21
Tableau 2 : Définition des indicateurs d'évaluation de la résilience, à partir de la matrice recensant les pratiques et changements induits par la méthanisation au sein d'une exploitation agricole. ....	26
Tableau 3 : Représentativité géographique des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation enquêtées (% En France d'après étude PRODIGE 2 de l'APCA et ADEME, 2022). ....	29
Tableau 4 : Evaluation qualitative des indicateurs de résilience à partir de l'enquête de 55 exploitations agricoles avant et après l'introduction d'une unité de méthanisation. ....	36
Tableau 5 : Description des trois scénarios des systèmes « polyculture ».....	44
Tableau 6 : Description des cinq scénarios des systèmes « cultures avec élevage bovin ». ....	45
Tableau 7 : Indicateurs mesurés avec l'outil PerfAgro <sup>P3®</sup> dans le cadre de l'étude sur la résilience des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation. ....	46
Tableau 8 : Quelques exemples de prix retenus pour le scénario de prix de base et le scénario de stress type début de printemps 2022.....	47
Tableau 9 : Impacts sur le temps de travail - analyse relative des scénarios polyculture et polyculture-élevage. ....	49
Tableau 10 : Impacts sur la dépendance aux engrais minéraux - analyse relative des scénarios polyculture et polyculture-élevage. ....	50
Tableau 11 : Impacts sur le poids économique de la fertilisation - analyse relative des scénarios polyculture et polyculture-élevage. ....	50
Tableau 12 : Impacts sur la consommation de carburant - analyse relative des scénarios cultures et élevage. ....	51
Tableau 13 : Evolution des indicateurs de résilience, après application du stress économique via l'outil PerfAgro <sup>P3®</sup> . ....	55

## TABLE DES FIGURES :

Figure 1 : Schéma du principe de la résilience, d'après CEREMA, 2020. ....	14
Figure 2 : Démarche méthodologique mise en place pour évaluer la résilience des exploitations agricoles intégrant une unité de méthanisation. ....	16
Figure 3 : Construction de la matrice permettant d'analyser les impacts de l'introduction de la méthanisation dans un système agricole, sur la résilience des exploitations.....	17
Figure 4 : Les risques pouvant peser sur une exploitation agricole (APCA, 2022 ; Agrosolutions, 2022). ....	18
Figure 5 : Les risques pouvant peser sur une unité de méthanisation (Agrosolutions, 2022). ....	19
Figure 6 : Répartition des types d'unités de méthanisation chez les répondants (en %). ....	30
Figure 7 : Ancienneté des méthaniseurs enquêtés (en % des réponses, par typologie « injection » ou « cogénération »). ....	30
Figure 8 : Evolution du ressenti des répondants sur leur qualité de vie, leur charge de travail et les compétences développées.....	31
Figure 9 : Type d'emplois créés suite à l'installation du méthaniseur (en % des réponses). ....	32
Figure 10 : Evolution de la part du chiffre d'affaires représentée par l'atelier principal. ....	32
Figure 11 : Evolution de l'autonomie azotée des exploitations (en % des répondants). ....	33
Figure 12 : Evolution des charges d'épandage depuis l'installation du méthaniseur. ....	33
Figure 13 : Motifs d'augmentation (en bleu) ou de diminution (en gris) des charges d'épandage. ....	33
Figure 14 : Evolution sur la conduite du troupeau et le bien-être animal, suite à la mise en place du méthaniseur (en % des répondants). ....	34
Figure 15 : Evolution de la résilience suite à la mise en place du méthaniseur. ....	35
Figure 16 : Représentation schématique du modèle de l'exploitation agricole et du méthaniseur dans PerfAgro <sup>P3®</sup> (Céréopa). ....	40



## Bibliographie

- AILE, Département de Loire-Atlantique, TES-Agri, 2019. Les externalités de la méthanisation. Synthèse des intérêts et des points de vigilance. [https://aile.asso.fr/wp-content/uploads/2021/01/2019\\_Syntheses-externalites-methanisation.pdf](https://aile.asso.fr/wp-content/uploads/2021/01/2019_Syntheses-externalites-methanisation.pdf)
- Agreste, 2021. Recensement agricole 2020. N°5, Décembre 2021. [https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Pri2105/Primeur%202021-5\\_Recensement-Agricole-2020.pdf](https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Pri2105/Primeur%202021-5_Recensement-Agricole-2020.pdf)
- Anton, J. ed., 2009 : Antón, J. ed., 2009. Managing risk in agriculture: a holistic approach (No. 11). Organization for Economic.
- APCA, 2022. Le risque dans les exploitations agricoles, <https://chambres-agriculture.fr/exploitation-agricole/gerer-son-entreprise-agricole/gestion-des-risques/#:~:text=L'exploitation%20agricole%20est%20particuli%C3%A8rement,lib%C3%A9ralisation%20et%20mondialisation%20de%20!>
- APCA, ADEME, 2022. PROdige : programme d'acquisition et de diffusion de références sur la méthanisation agricole. Analyse technico-économique de 84 unités de méthanisation agricole. <https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/5632-analyse-technico-economique-de-84-unites-de-methanisation-agricole.html>
- Arvalis, 2021. Plaquette RECITAL. Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique. Tout ce que vous voulez savoir. [https://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/c2/0b/46/c8/plaquette\\_recitalweb6691942158883491221.pdf](https://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/c2/0b/46/c8/plaquette_recitalweb6691942158883491221.pdf)
- Carton, S., Levavasseur, F. and Hugonnet, M., 2022. Performances agronomiques et environnementales de la méthanisation agricole sans élevage. Analyse (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire), (177).
- Céréopa, AgroParisTech Innovation, 2021. Méthanisation et résilience des exploitations agricoles-Modélisation d'une exploitation de polyculture-élevage avec PerfAgro<sup>P3®</sup>. [https://atee.fr/system/files/2022-04/15-Guilbaud\\_R%C3%A9silience\\_JRI2022.pdf](https://atee.fr/system/files/2022-04/15-Guilbaud_R%C3%A9silience_JRI2022.pdf)
- CNIEL 2022. Webinaire Energies Renouvelables - Quelles opportunités pour les exploitations agricoles ? <https://www.youtube.com/watch?v=FtvOZchLW1k>
- Cordier et al., 2008 : Cordier, J., Erhel, A., Pindard, A. and Courleux, F., 2008. La gestion des risques en agriculture de la théorie à la mise en oeuvre: éléments de réflexion pour l'action publique. Notes et études économiques, (30), pp.33-71.
- CEREMA, 2020. La boussole de la résilience. Repères pour la résilience territoriale. <https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/10/boussoleresilience-cerema-web-finalpdf.pdf>
- Couturier, C., 2013. Méthanisation agricole : quelle rentabilité selon les projets?. Sciences Eaux Territoires, (3), pp.72-77.



## Impact de la méthanisation sur la résilience des exploitations agricoles

- CSF NSE, AILE, 2021. Impact des digestats de méthanisation sur la qualité de l'eau. [https://gazrenouvelables.fr/wp-content/uploads/2021/04/Livrable\\_EAU\\_VF\\_13042021.pdf](https://gazrenouvelables.fr/wp-content/uploads/2021/04/Livrable_EAU_VF_13042021.pdf)
- France gaz Renouvelable, I-Care, Solagro. Etude de la concurrence entre méthanisation et ressources fourragères. <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-39826-FGR-etude-concurrence-methanisation-ressources-fourrageres.pdf>
- Goberna, M., Podmirseg, S.M., Waldhuber, S., Knapp, B.A., García, C. and Insam, H., 2011. Pathogenic bacteria and mineral N in soils following the land spreading of biogas digestates and fresh manure. *Applied Soil Ecology*, 49, pp.18-25.
- Grouiez, P., 2021. Une analyse de filière des dynamiques de revenus de la méthanisation agricole. *Notes et Etudes Socio-Economiques*, (49), pp.41-61.
- Mougin, C., Cheviron, N., Moinard, V. and Houot, S., 2019, May. Quels impacts des digestats sur la vie du sol?. In Séminaire scientifique «méthanisation et digestats: enjeux et impacts du digestat sur les sols».
- Nag, R., Auer, A., Nolan, S., Russell, L., Markey, B.K., Whyte, P., O'Flaherty, V., Bolton, D., Fenton, O., Richards, K.G. and Cummins, E., 2021. Evaluation of pathogen concentration in anaerobic digestate using a predictive modelling approach (ADRISK). *Science of the Total Environment*, 800, p.149574.
- NOVASOL, 2022. Journées Recherche Innovation (JRI) 2022. Impact des digestats sur la qualité microbiologique des sols. [https://atee.fr/system/files/2022-04/10-\\_Karimi\\_Digestats-biodiversit%C3%A9-sols.pdf](https://atee.fr/system/files/2022-04/10-_Karimi_Digestats-biodiversit%C3%A9-sols.pdf)
- Observ'er, ADEME, 2021. Chiffres clé du parc d'unités de méthanisation en France au 1er janvier 2021. <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4778-chiffres-cles-du-parc-d-unites-de-methanisation-en-france-au-1er-janvier-2021.html>
- Oliveira, M.C., Butts, L. and Werle, R., 2019. Assessment of cover crop management strategies in Nebraska, US. *Agriculture*, 9(6), p.124.
- Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J. and O'neil, K., 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. *Agronomy journal*, 97(1), pp.322-332.
- Solagro, 2018. METHALAE, la méthanisation, levier de la transition agroécologique. <https://solagro.org/travaux-et-productions/references/methalae-comment-la-methanisation-peut-etre-un-levier-pour-lagroecologie>
- Sylvain Marsac, Manuel Heredia, Marie Bazet, Nicolas Delaye, Robert Trochard, Hélène Lagrange, Caroline Quod, Eve-Anna Sanner : Optimisation de la mobilisation de CIVE pour la méthanisation dans les systèmes d'exploitation. 2019 ; 73 pages.
- Transitions, L'emploi dans la filière biogaz en France, 2019, étude en partenariat avec InNumeri et Philippe Quirion. <https://projet-methanisation.grdf.fr/actualites/lemploi-dans-la-filiere-biogaz-en-france>



- Walsh, J.J., Jones, D.L., Edwards-Jones, G. and Williams, A.P., 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(6), pp.840-845.

Walsh, J.J., Jones, D.L., Chadwick, D.R. and Williams, A.P., 2018. Repeated application of anaerobic digestate, undigested cattle slurry and inorganic fertilizer N: Impacts on pasture yield and quality. *Grass and Forage Science*, 73(3), pp.758-763.



## 5 Annexes

### 5.1 Annexe 1 : Questionnaire d'enquête

#### A/ Présentation de l'exploitation et du méthaniseur

1/ Quelle est votre région ?

2/ Quelle est l'orientation technico-économique de l'exploitation ?

- Polyculture sans élevage, spécialisée en grandes cultures
- Polyculture élevage
- Elevage
- Autre

3/ Quelle type d'élevage pratiquez-vous ?

- Bovin lait
- Bovin allaitant
- Volaille
- Porcin
- Caprin
- Ovin
- Autre

4/ Quel nombre d'UGB avez-vous sur l'exploitation ?

5/ Quels types de cultures avez-vous sur l'exploitation ?

- Céréales
- Oléo-protéagineux
- Cultures industrielles (betterave, pommes de terre...)
- Légumes
- Prairie / Luzerne / Cultures fourragères
- Autre

6/ Quelle est votre surface de SAU ?

7/ Depuis quand le méthaniseur est-il mis en service ?

- Moins d'un an
- Entre 1 et 2 ans
- Entre 2 et 5 ans
- Plus de 5 ans

8/ De quel type est votre méthaniseur ?

- Individuel - cogénération
- Individuel – injection
- Collectif – cogénération
- Collectif – injection
- Autre

9/ Capacité de production – Injection

- <75 Nm<sup>3</sup>/h
- Entre 75 et 150 Nm<sup>3</sup>/h
- Entre 150 et 300 Nm<sup>3</sup>/h
- >300 Nm<sup>3</sup>/h





## 10/ Capacité de production – Cogénération

- <150 kWh
- Entre 150 et 300 kWh
- Entre 300 et 500 kWh
- >500 kWh

## 11/ Précisez le mix d'intrant moyen :

	0%	>0 à 25%	25 à 50%	50 à 75%	75 à 100%
Effluents d'élevage (fumiers, lisiers)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CIVE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cultures dédiées	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Résidus de cultures (pailles, menues pailles, écarts de tri...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Boues, déchets des industries et biodéchets	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Déchets verts	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 12/ Etes-vous :

- Exploitant agricole – responsable du méthaniseur
- Exploitant agricole – non responsable du méthaniseur
- Salarié agricole
- Autre

## 13/ Un commentaire sur le volet « présentation de l'exploitation et du méthaniseur » ?



## B/ Volet socio-économique

14/ Depuis la mise en fonctionnement du méthaniseur :

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Indifférent	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
Je me sens moins surmené(e) dans mon travail	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'estime avoir plus de temps libre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je me sens moins seul(e), isolé(e) (socialement et géographiquement)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'estime avoir une meilleure qualité de vie en général	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Je donne une meilleure image de l'agriculture	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
J'ai gagné en compétences	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15/ Quels sont les changements d'organisation du travail sur l'exploitation agricole que vous observez depuis la mise en service du méthaniseur ?

16/ Des emplois ont-ils été créés depuis la mise en service du méthaniseur ?

- Oui, sur l'exploitation agricole
- Oui, sur le méthaniseur
- Oui, sur l'exploitation agricole et sur le méthaniseur
- Non
- Autre

17/ Si oui, combien d'ETP ont été créés ?

18/ Selon vous, est-ce que l'atelier de méthanisation permet à l'exploitation d'être plus attractive et facilite l'embauche de salariés ?

- Oui
- Non

19/ Comment ont évolué les charges d'épandage depuis la mise en fonctionnement du méthaniseur ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution



20/ Pourquoi ont-elles augmentées ?

21/ Pourquoi ont-elles diminuées ?

22/ Pourquoi sont-elles restées stables ?

23/ Taux de spécialisation économique : en moyenne, quel pourcentage de chiffre d'affaires représente votre atelier principal AVANT et APRES la mise en service du méthaniseur ? De plus, quel pourcentage de chiffre d'affaires représente l'atelier méthanisation ?

	moins de 25 % du CA	entre 25 et 50 % du CA	entre 50 et 80 % du CA	plus de 80% du CA	Je ne sais pas
Atelier principal - AVANT méthanisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atelier principal - APRES méthanisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atelier de méthanisation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24/ Selon vous, comment a évolué votre revenu depuis la mise en service du méthaniseur ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution

25 / Pourquoi a-t-il augmenté ?

26/ Pourquoi a-t-il diminué ?

27/ Pourquoi est-il resté stable ?

28/ Avez-vous des commentaires sur les questions du volet « socio-économique » ?

## C/ Pratiques de fertilisation : autonomie en engrais et surfaces d'épandage

29/ Quelle était votre autonomie en engrais azotés avant et après la mise en place du méthaniseur ? (unités provenant de la ferme / unités d'azote totales consommées)

	<10%	entre 10 et 25%	entre 25 et 50%	entre 50 et 75%	>75%
Avant la mise en place	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Après la mise en place	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



30/ Y a-t-il d'autres changements en cours dans votre exploitation, susceptibles de jouer sur vos pratiques de fertilisation ?

- Non
- Oui, certification HVE 3
- Oui, passage en Agriculture Biologique
- Oui, passage en agriculture de conservation
- Oui, passage en agriculture de précision
- Autre

31/ Comment ont évolué les surfaces épandues avec amendements organiques et minéraux depuis la mise en service du méthaniseur ?

	Augmentation	Pas d'évolution	Diminution
Amendements organiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Amendements minéraux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32/ Observez-vous une évolution du rendement des cultures grâce à la fertilisation avec du digestat ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution

33/ Pouvez-vous préciser cette perte ou ce gain en rendement ? (en % ou en q/ha)

34/ Observez-vous une évolution du rendement fourrager des prairies (tMS/ha) grâce à la fertilisation avec du digestat ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution
- Non concerné

35/ Pouvez-vous préciser cette perte ou ce gain en rendement ? (en % ou en q/ha)

36/ Un commentaire sur le volet « pratiques de fertilisation » ?

## D/ Productions végétales

37/ Diversification des cultures à l'échelle de l'exploitation : comment a évolué le nombre de cultures (en prenant en compte les cultures intermédiaires) depuis la mise en service du méthaniseur ?

- +3 cultures
- +2 cultures
- +1 culture
- Pas d'évolution
- 1 culture
- 2 cultures
- 3 cultures
- Autre



38/ Comment a évolué la durée (nombre d'années) de la rotation principale depuis la mise en service du méthaniseur ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution

39/ Pouvez-vous préciser cette évolution ?

40/ Comment a évolué la SAU depuis la mise en service du méthaniseur ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution

41/ A combien d'hectares correspond cette évolution de surface ?

42/ Comment ont évolué les surfaces suivantes depuis la mise en service du méthaniseur ?

	Augmentation	Pas d'évolution	Diminution
Céréales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cultures industrielles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cultures fourragères	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prairies pâturées	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

43/ Avez-vous intégré les CIVE dans votre rotation depuis la mise en place du méthaniseur ?

- Oui
- Non

44/ Précisez le type de CIVE et les surfaces associées.

45/ Comment a évolué le taux de couverture hivernal des sols (ha de sols couverts en hiver/ SAU totale) depuis la mise en service du méthaniseur ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution

46/ Comment a évolué le taux de couverture estival des sols (ha de sols couverts en été/ SAU totale) depuis la mise en service du méthaniseur ?

- Augmentation
- Diminution
- Pas d'évolution

47/ Observez-vous une réduction des IFT (Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaire) depuis la mise en place du méthaniseur ?

- Oui
- Non

48/ Un commentaire sur le volet « production végétales » ?



## E/ Elevage

49/ La mise en place du méthaniseur a-t-elle induit des changements dans la conduite du troupeau ?

- Oui
- Non

50/ Si oui, quels changements ?

51/ Observez-vous une évolution de l'état de santé et de bien-être de votre troupeau, depuis la mise en service du méthaniseur ?

- Amélioration
- Diminution
- Pas d'évolution

52/ Classez, selon vous, les facteurs qui expliquent l'amélioration de la santé du cheptel.

Meilleure qualité des fourrages grâce au séchage à la cogénération

Diminution des maladies (mammites, boiteries...) grâce à l'augmentation de la fréquence du curage

Diminution de la charge virale du digestat par rapport aux effluents

Autre

53/ Selon-vous, quelles sont les raisons qui expliquent cette dégradation ?

54/ Effectuez-vous du séchage des fourrages par cogénération ?

- Oui
- Non

55/ Si oui, comment jugeriez-vous la qualité des fourrages ?

- Meilleure qualité des fourrages
- Moins bonne qualité des fourrages
- Pas d'évolution

56/ Observez-vous une meilleure appétence des prairies grâce à la fertilisation avec du digestat ?

- Oui
- Non

57/ Un commentaire sur le volet « élevage » ?

## F/ Résilience de l'exploitation agricole

58/ Dans l'ensemble, estimez-vous que la mise en place d'un atelier méthanisation a permis à votre exploitation d'être plus résiliente ?

- Oui, plus résiliente
- Non, moins résiliente
- Non, pas d'évolution
- Je ne sais pas

59/ Un dernier commentaire ?



## 5.2 Annexe 2 : Résultats détaillés de l'enquête

### CARACTERISATION DE L'ECHANTILLON

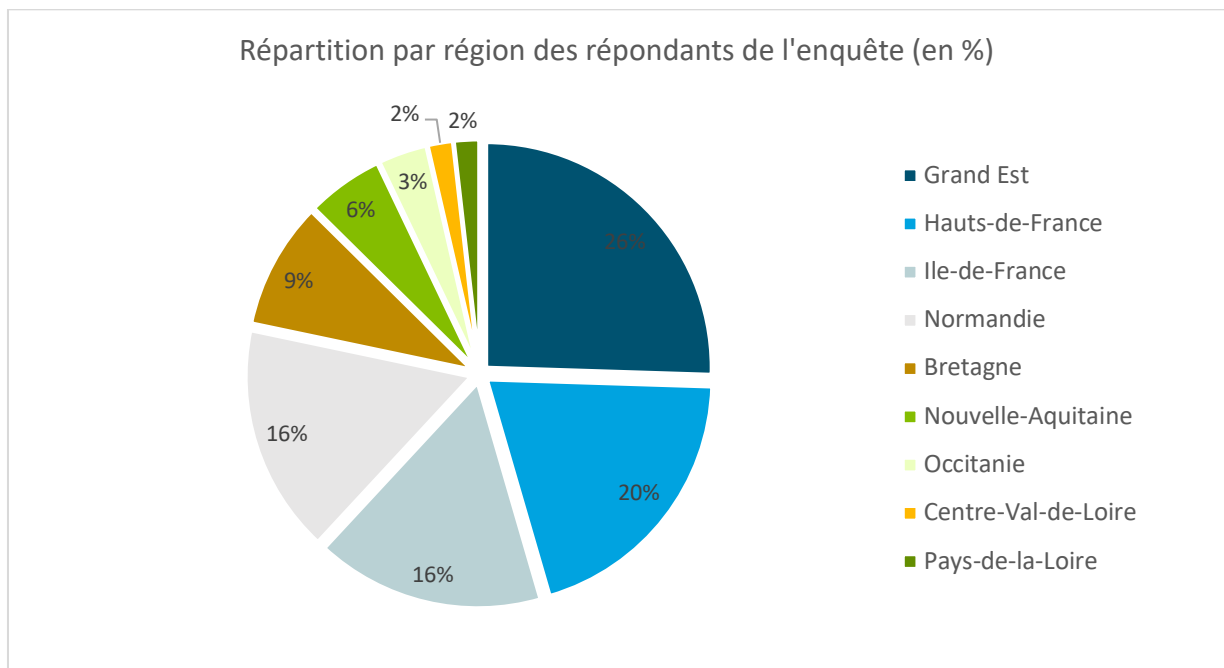
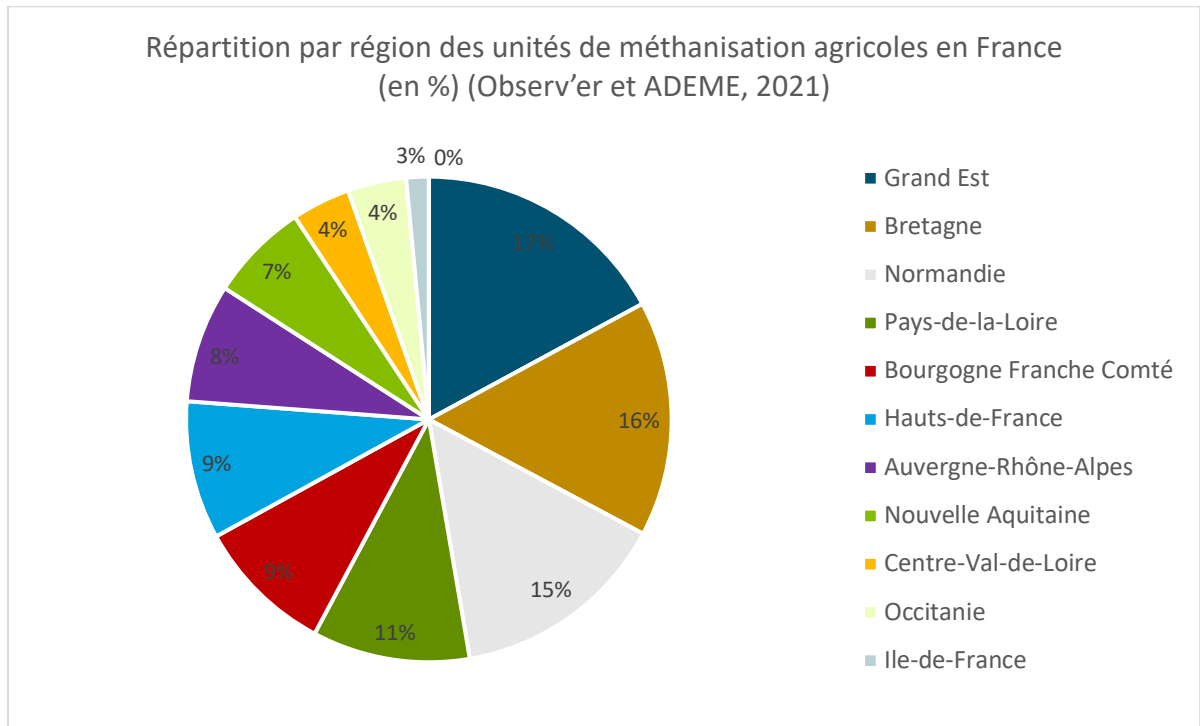


Figure 2.1 : Comparaison de la répartition des répondants par rapport à la répartition des unités de méthanisation agricole en France métropolitaine.



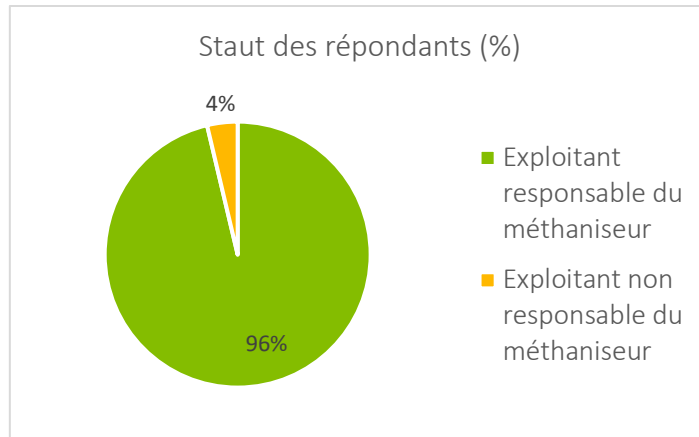


Figure 2.2 : Statut des répondants sur l'exploitation agricole (en %).

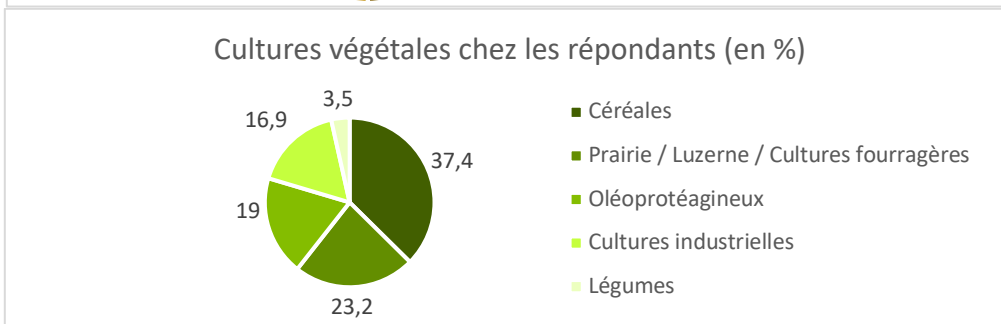
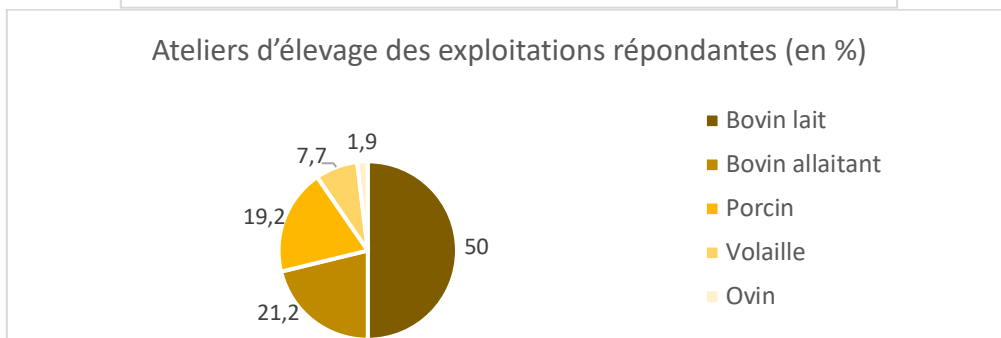
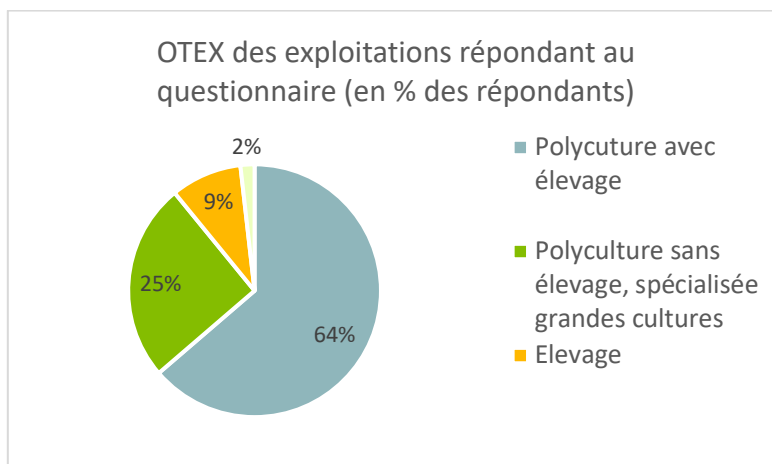


Figure 2.3 : OTEX des exploitations répondant au questionnaire et représentativité des différentes productions (en % des répondants)

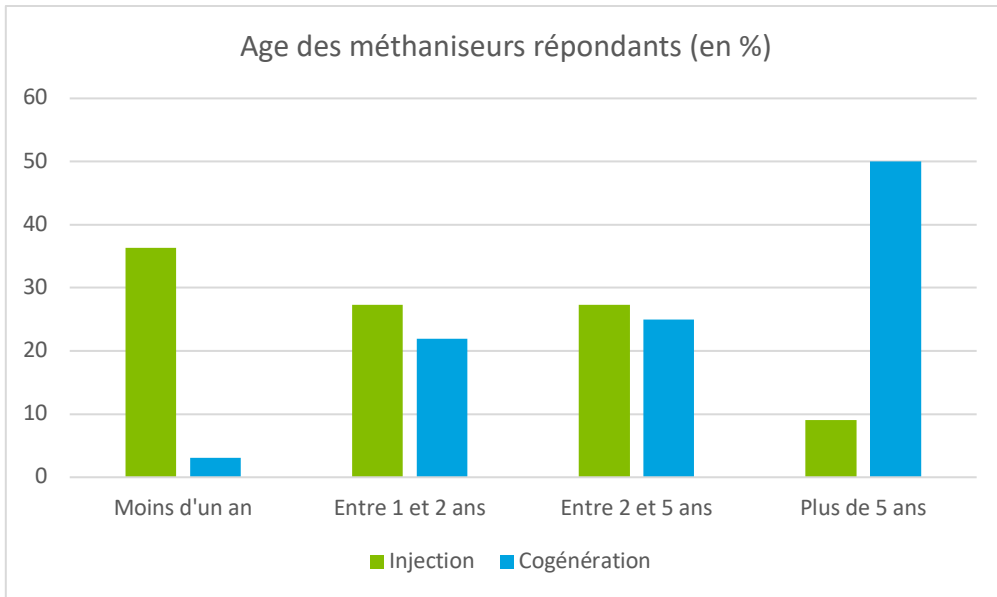


Figure 2.3 : Age des méthaniseurs répondants (en %)

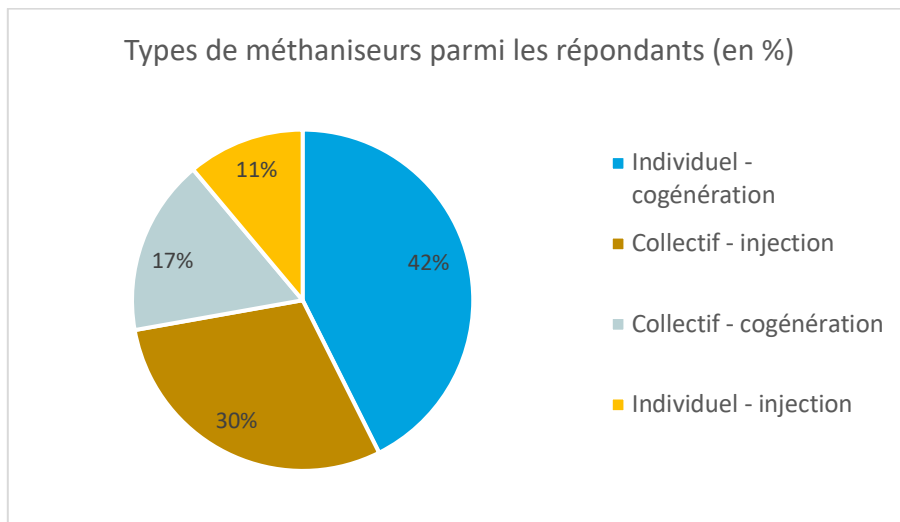


Figure 2.4 : Types de méthaniseurs (en %)

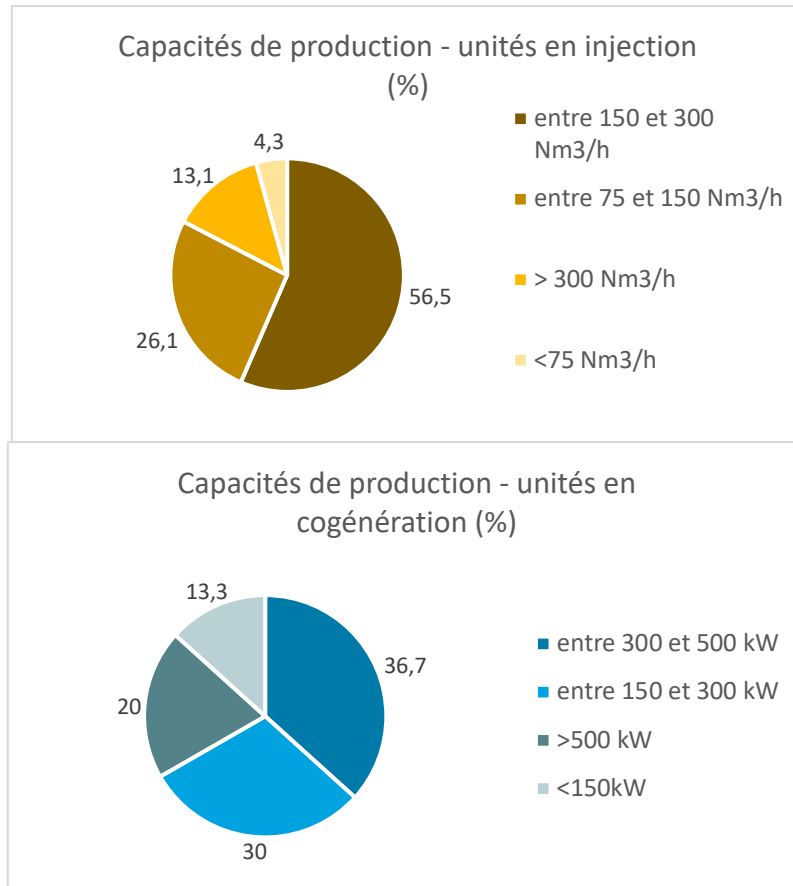


Figure 2.5 : Capacités de production des unités de méthanisation en injection et en cogénération (en %).

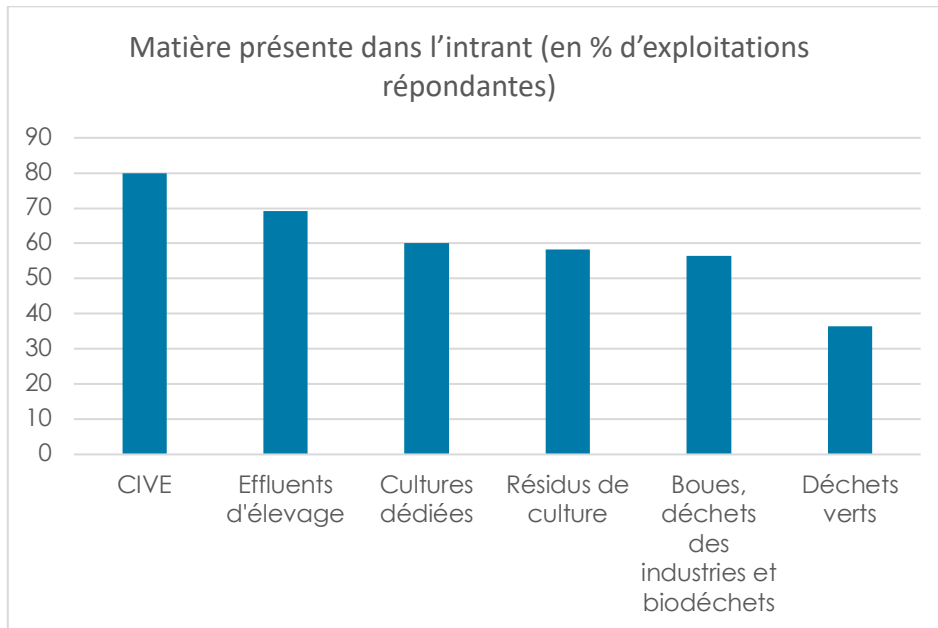


Figure 2.6 : Intrants présents dans les unités enquêtées (exemple : 80% des répondants traitent des CIVES dans leur méthaniseur).



## VOLET SOCIAL

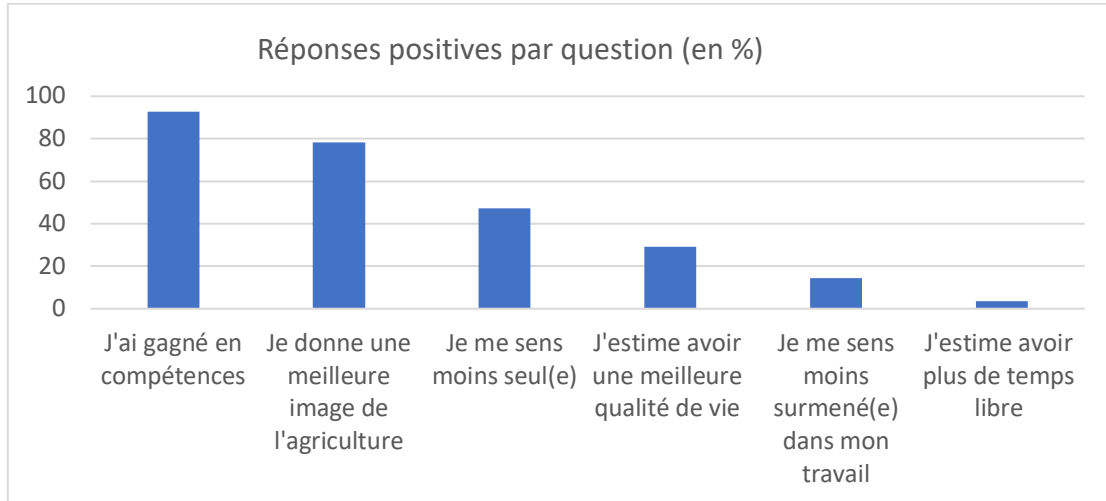
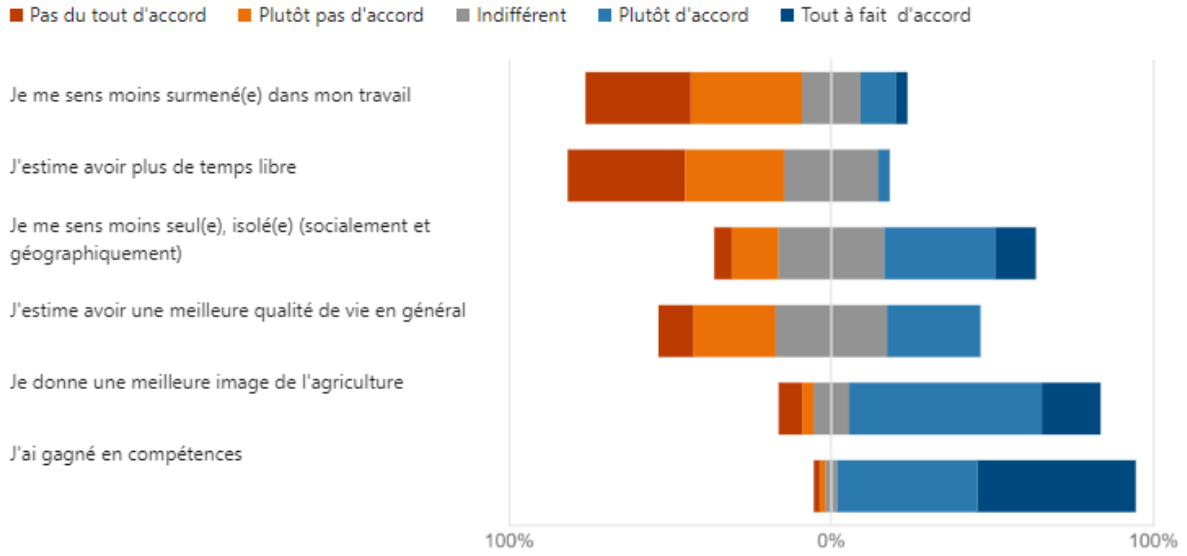


Figure 2.7 : Evolution du ressenti des exploitants répondants suite à la mise en fonctionnement de l'unité de méthanisation.

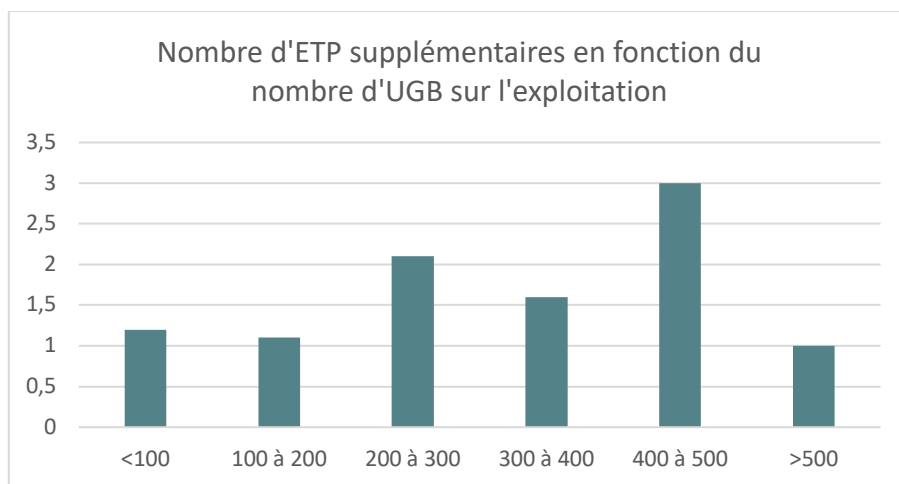
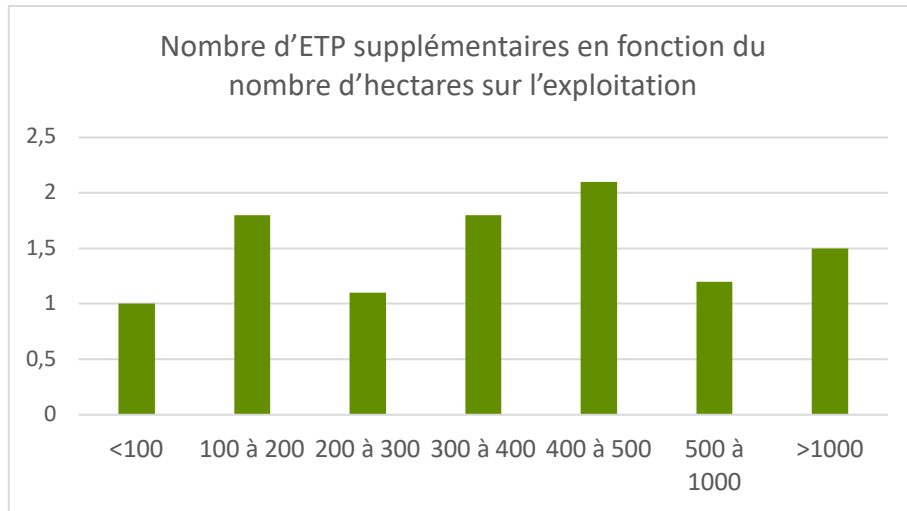


Figure 2.8 : Création d'ETP suite à la mise en place du méthaniseur en fonction de la taille de l'exploitation.

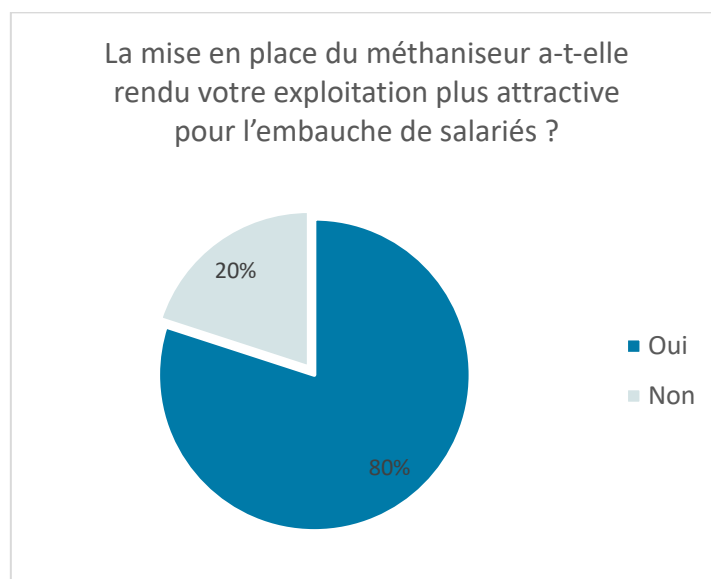


Figure 2.9 : Gain d'attractivité de l'exploitation pour l'embauche, suite à la mise en place du méthaniseur.

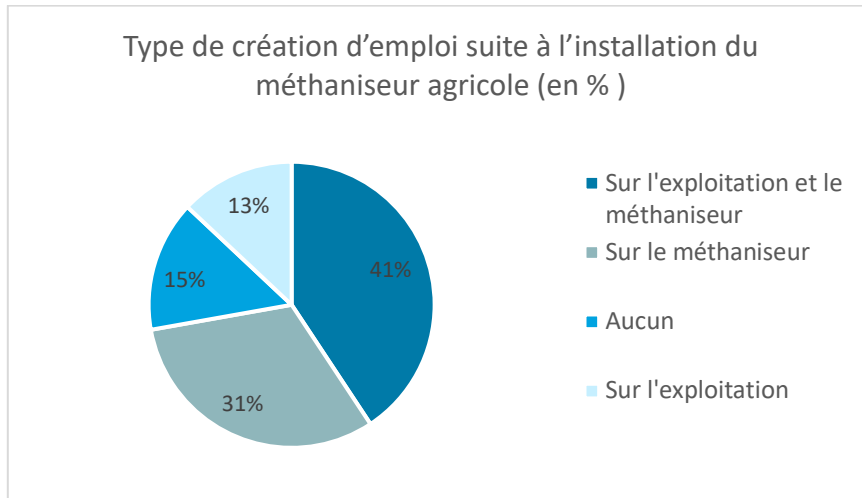


Figure 2.10 : Type de création d'emploi à la suite de l'installation du méthaniseur agricole (%)

**VOLET ECONOMIQUE**

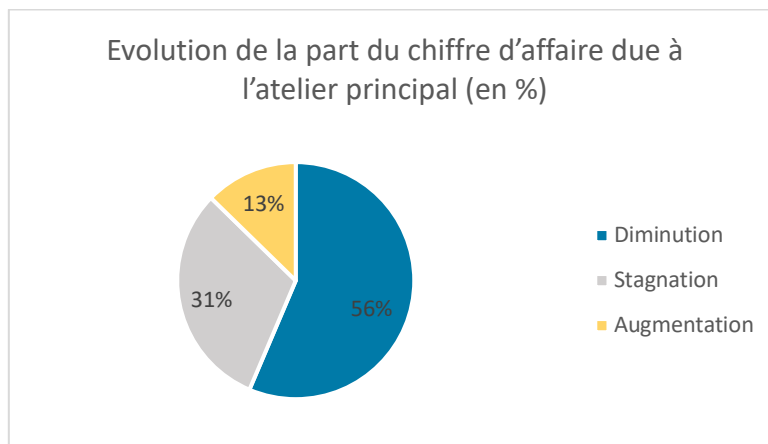


Figure 2.11 : Evolution de la part du chiffre d'affaires due à l'atelier principal (en %)

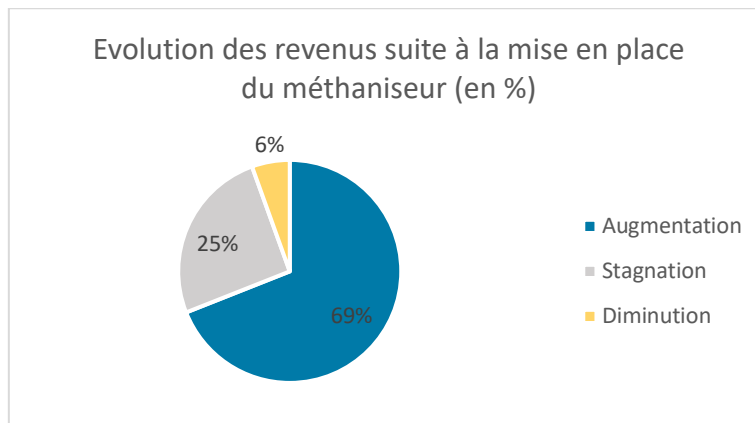


Figure 2.12 : Evolution des revenus des répondants suite à la mise en place du méthaniseur sur l'exploitation (en % des réponses).

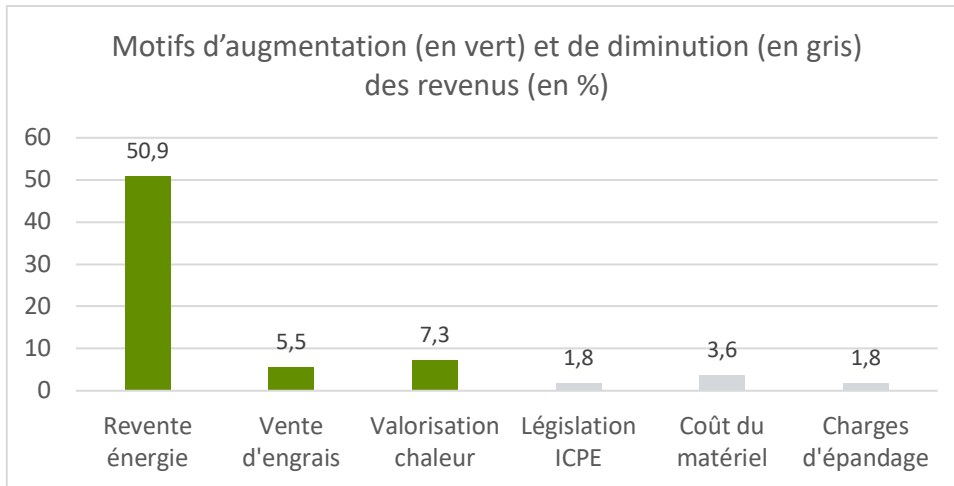


Figure 2.13 : Motifs d'augmentation (en vert) ou de diminution (en gris) des revenus, suite à l'introduction d'un méthaniseur sur l'exploitation (en % des réponses).

## PRATIQUES DE FERTILISATION

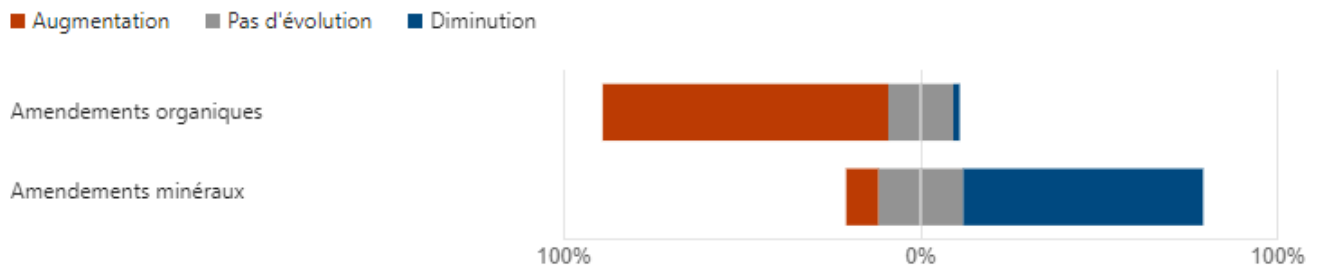


Figure 2.13 : Evolution des surfaces épandues avec des engrais organiques ou minéraux.

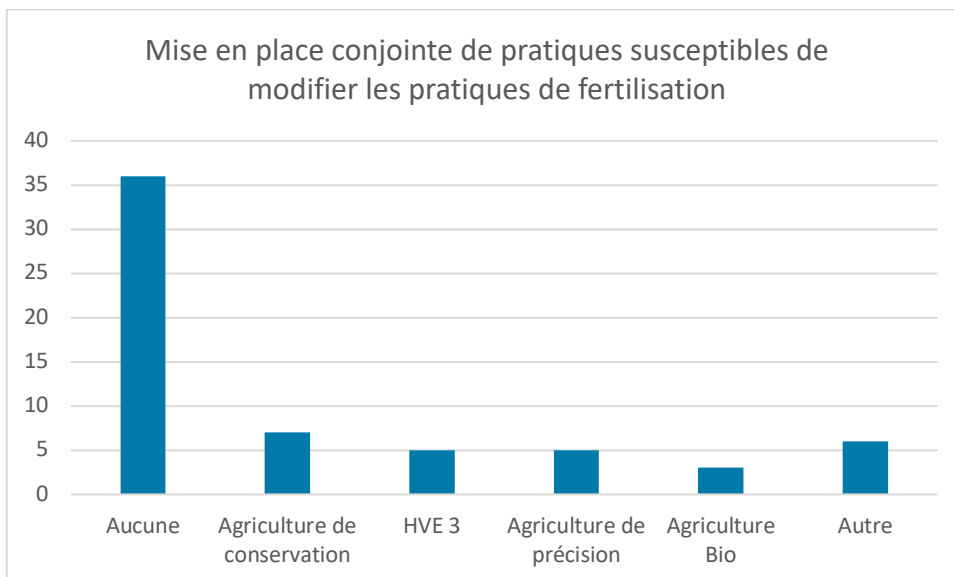


Figure 2.14 : Mise en place de pratiques conjointes à la méthanisation et susceptibles de faire varier les surfaces épandues de l'exploitation agricole (en % des réponses).



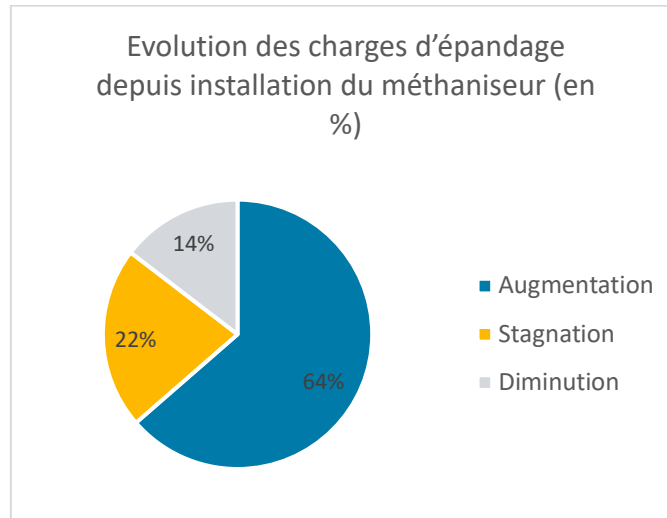


Figure 2.15 : Evolution des charges d'épandage depuis installation du méthaniseur (en %)

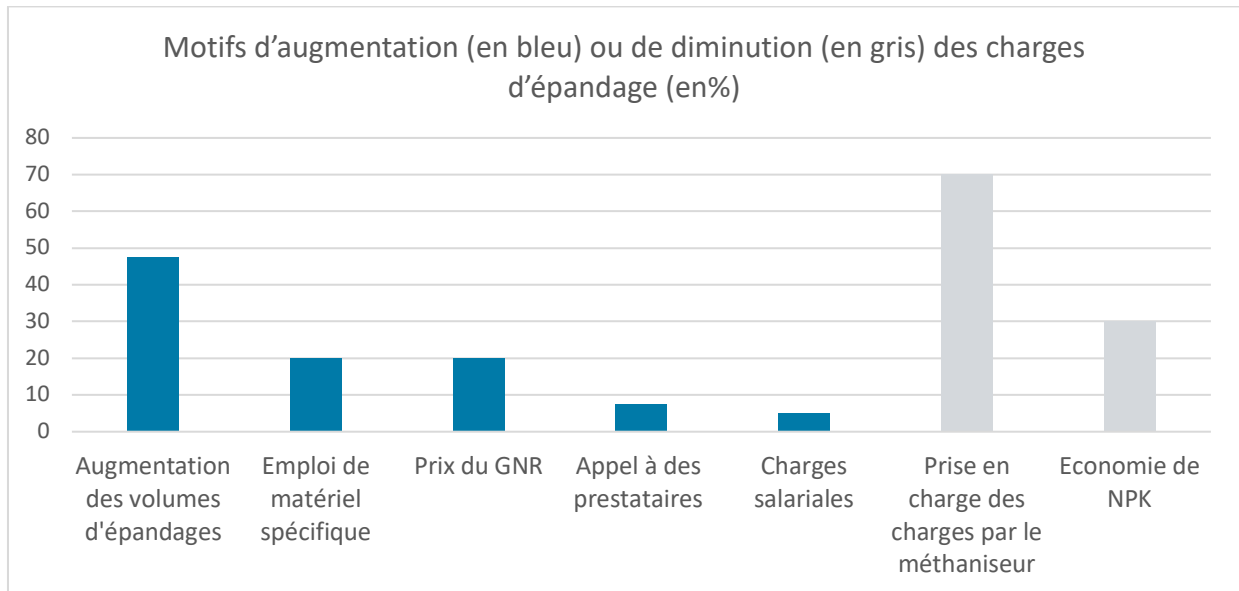


Figure 2.16 : Motifs d'augmentation (en bleu) ou de diminution (en gris) des charges d'épandage (en%)

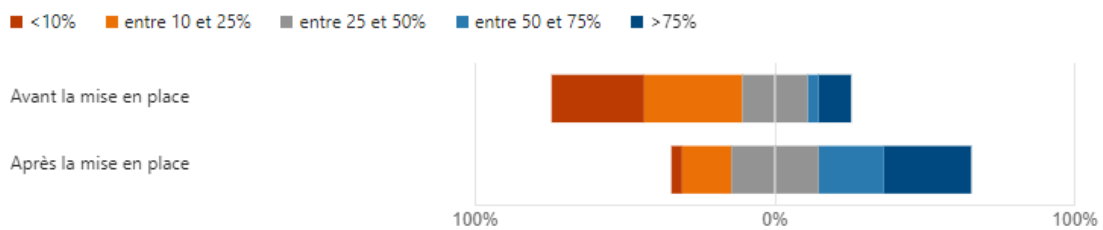


Figure 2.16 Autonomie en engrais azotés des exploitations avant et après l'installation du méthaniseur

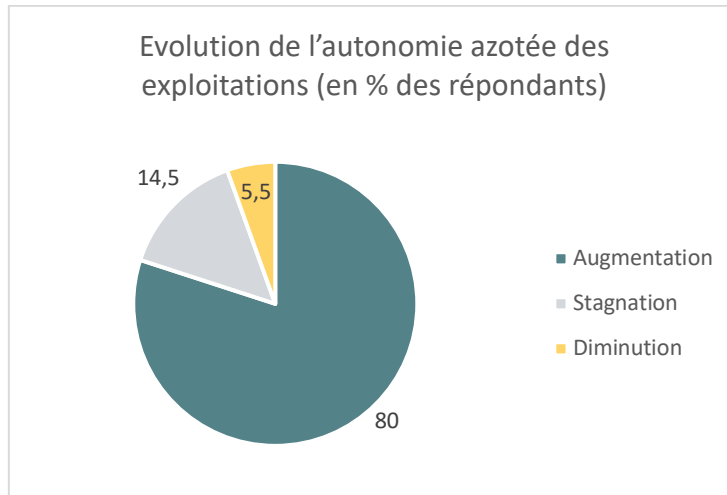


Figure 2.17 : Evolution de l'autonomie azotée des exploitations répondantes, avant et après l'installation du méthaniseur (en % des réponses).

### PRODUCTIONS VEGETALES

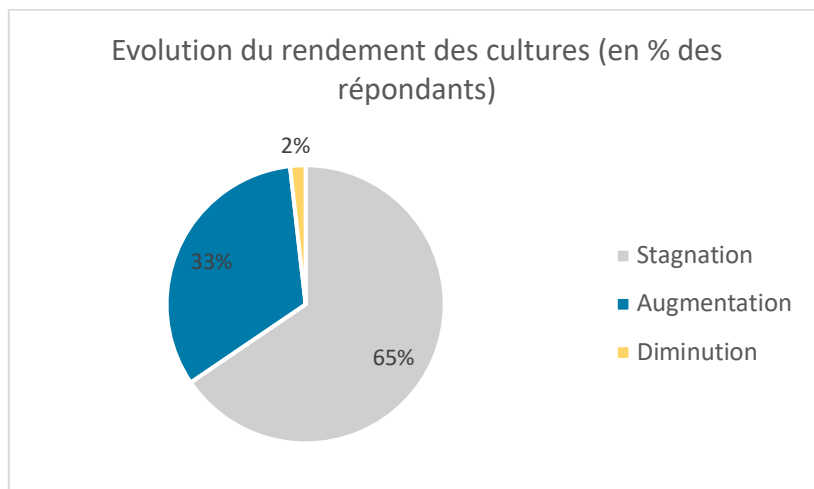


Figure 2.18 : Evolution du rendement des cultures (en % des répondants)

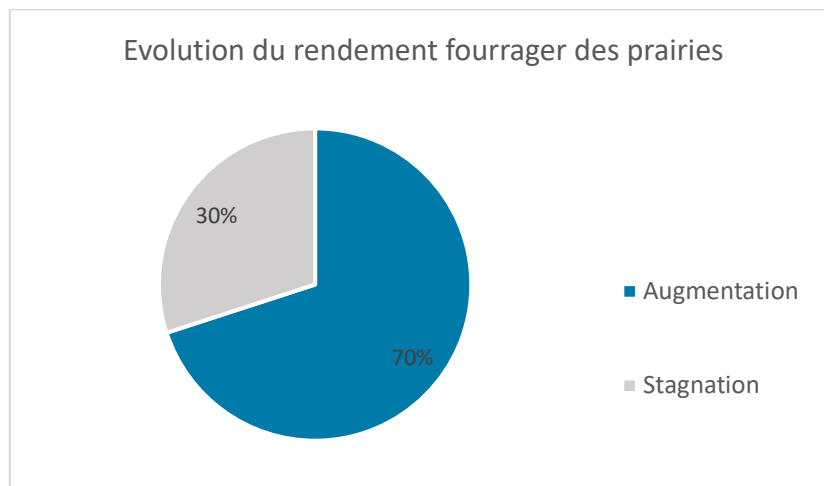


Figure 2.19 : Evolution du rendement des fourrages (en % des répondants)

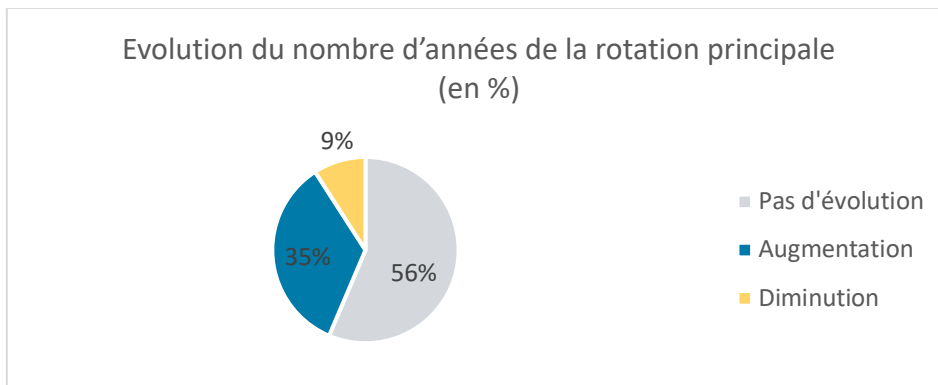
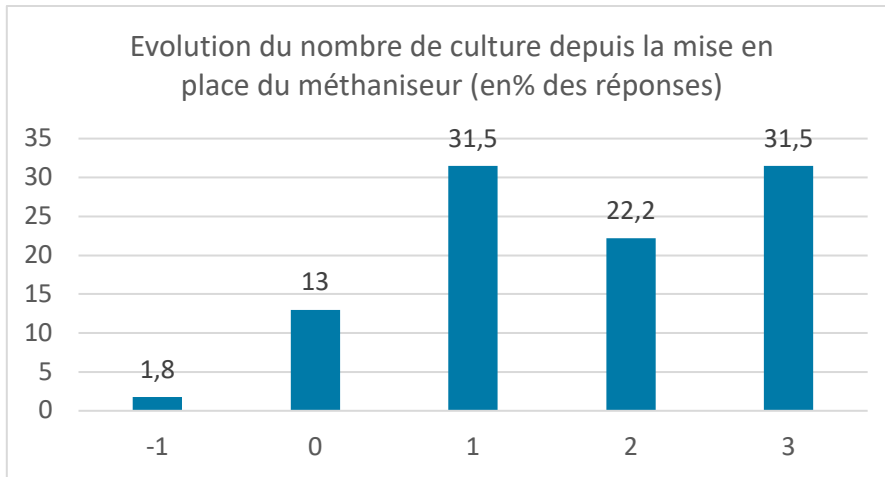


Figure 2.20 : Evolution du nombre de cultures mises en place sur l'exploitation et de la durée de la rotation principale (en % des réponses).

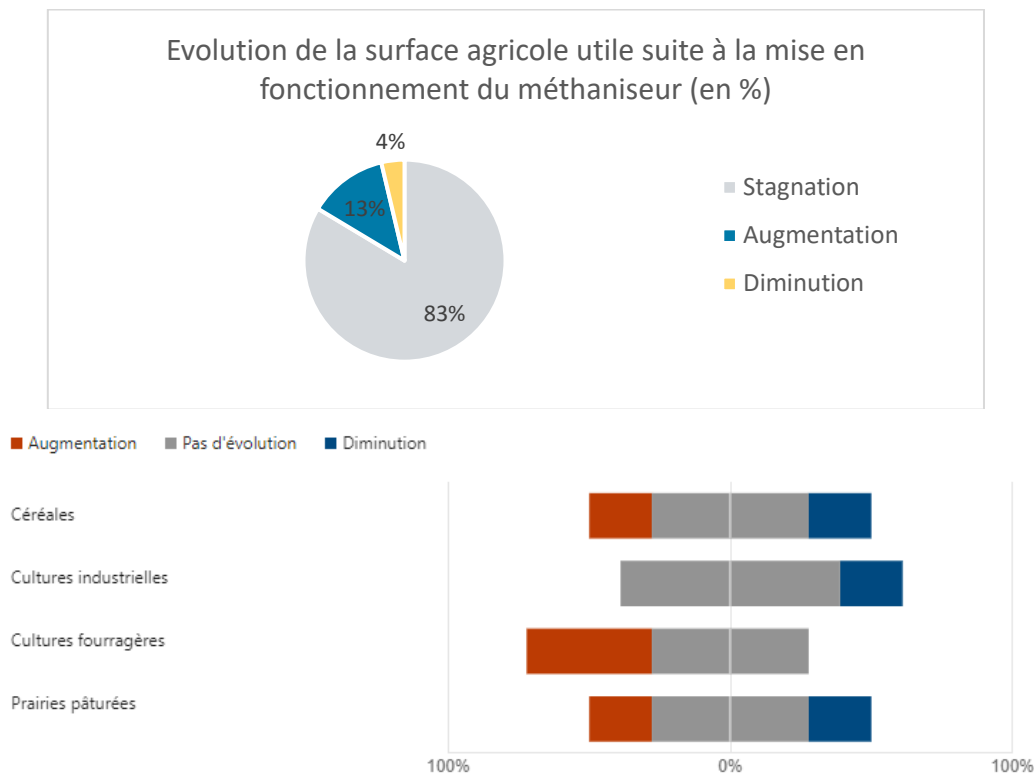


Figure 2.21 : Evolution de la Surface Agricole Utile de l'exploitation ainsi que des surfaces par grands types de cultures, suite à la mise en place du méthaniseur (en % des réponses).

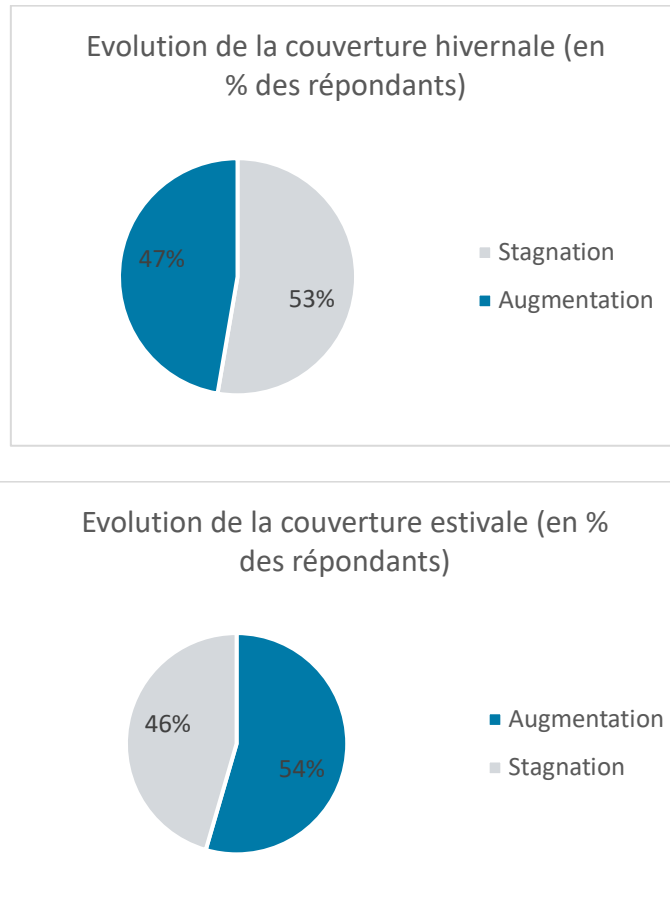


Figure 2.22 : Evolution de la couverture hivernale et estivale des sols de l'exploitation, suite à la mise en place du méthaniseur (en % des répondants).

## ELEVAGE

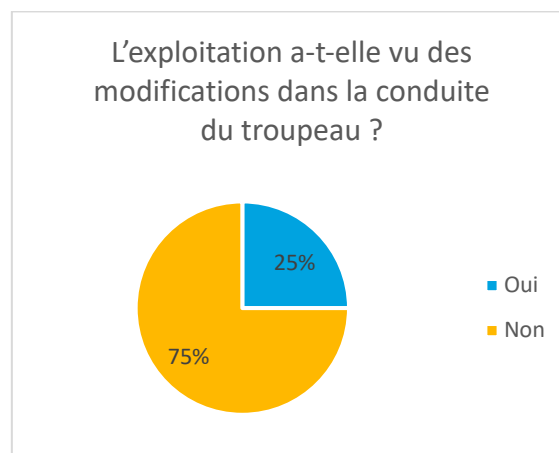


Figure 2.23 : Modification dans la conduite du troupeau (en % des répondants)

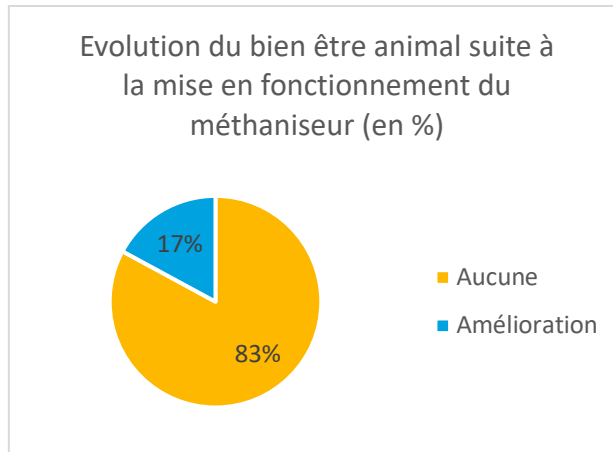


Figure 2.23 : Evolution du bien-être animal suite à la mise en fonctionnement du méthaniseur (en % des répondants)

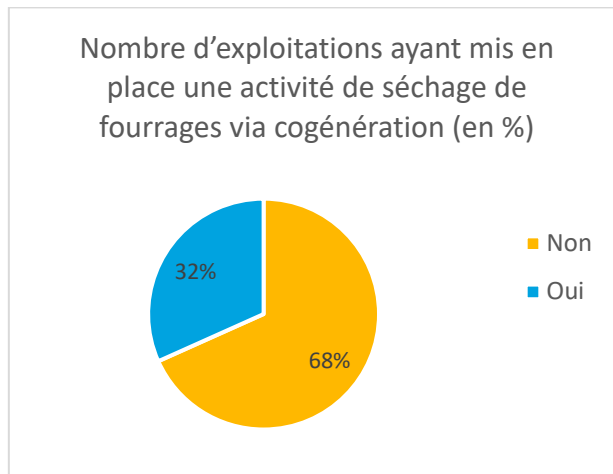


Figure 2.24 : Nombre d'exploitations ayant mis en place une activité de séchage de fourrages via cogénération (en % des répondants)

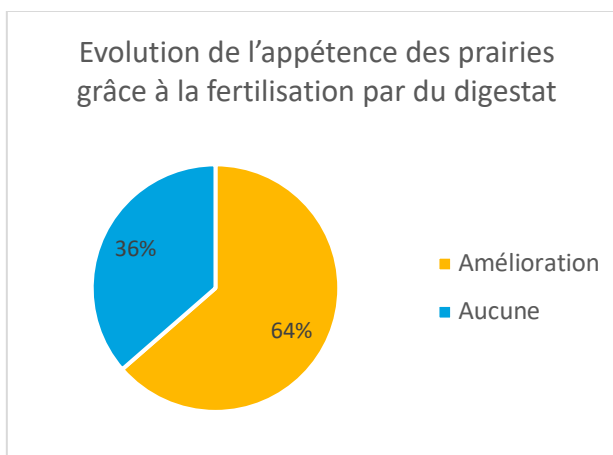


Figure 2.25 : Evolution de l'appétence des prairies grâce à la fertilisation par du digestat (en % des répondants)



**RESSENTI RESILIENCE**

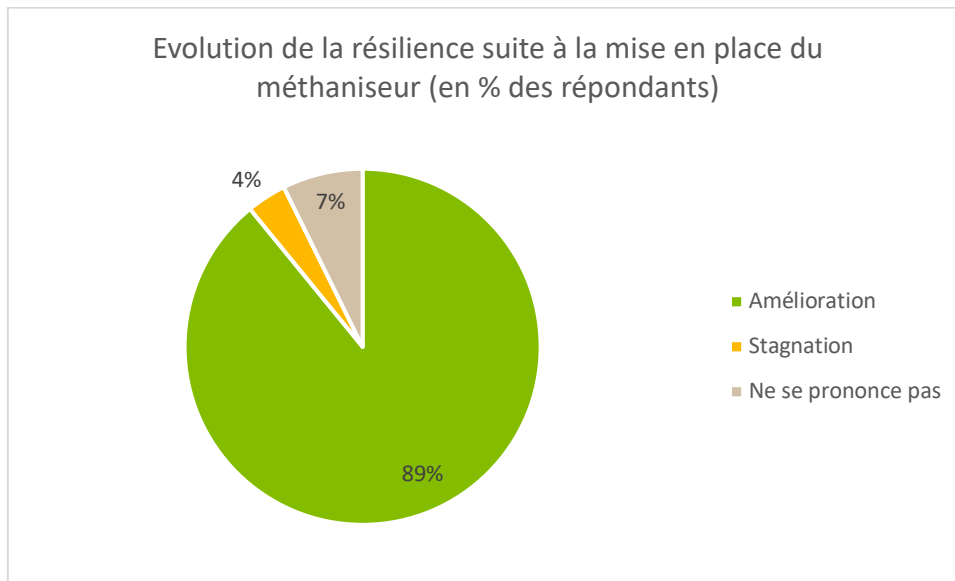


Figure 2.24 : Ressenti général sur la capacité de résilience de l'exploitation agricole (en % des répondants)



### 5.3 Annexe 3 : Liste des membres du Comité de Pilotage du Sous-GT Externalités

Gregory BACZYNSKI	EMC2
Laetitia BOUVIER	FDSEA 35
Anne-Marie BUSUTTIL	OVALIE INNOVATION
Adeline CANAC	AAMF
Sophie CARTON	AgroParisTech Innovation - CEREOPA
Gildas COTTEN	AGPM
Armelle DAMIANO	AILE
Damien DERELLE	Seine Yonne
Laurent DRUOT	Dijon Céréales
Laurent FAURE	AAMF
Solène FERREIRA	GRDF
Cécile FREDERICQ	France Gaz Renouvelables
Martin GERBER	APCA
Emmanuel GIOVANNONI	La Coopération Agricole
Vincent JEAN-BAPTISTE	GRDF
Rachel KOLBE SEMHOUN	InVivo
Carole LEJEUNE	FNSEA
Darrell LEROUX	FNSEA
Arnaud LESPAGNOL	FDSEA 18
Alice L'HOSTIS	ATEE – CTBM
Philippe MICHONNEAU	SCARA
Lucie PETIT	Dijon Céréales
Jean-Marc ONNO	AAMF
Jacques-Pierre QUAACK	France Gaz Renouvelables / AAMF
Alain RANDON	Valfrance





Jean-Marc RENAUDEAU	Chambre d'Agriculture des Deux Sèvres
Franck SANDER	CGB
Roch-Marie STERN	FNSEA
Jean-Louis STRIEBIG	CGB
Anthony VANDENBERGHEN	SCARA
Thierry VERONESE	OVALIE INNOVATION

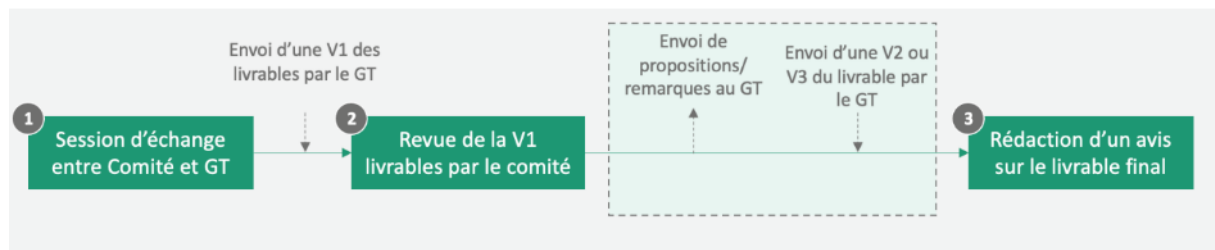
## 5.4 Annexe 4 : Avis du comité scientifique sur le rapport

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

Le Comité scientifique (CS) a été missionné par le CSF Biogaz dans le cadre de sa démarche pour évaluer les externalités de la méthanisation.

La fonction du CS dans ce dispositif est « d'orienter les groupes de travail et d'émettre un avis sur les résultats produits par ces derniers ».

Les interactions entre le CS et les GT sont organisés de telle façon à pouvoir faire des observations sur une ou plusieurs versions intermédiaires du travail. Dans le cas présent, le livrable final a déjà fait l'objet de recommandations, de sorte que le présent avis porte donc sur un document qui intègre différents amendements.



### ▪ Objet et méthode de l'étude

L'objet de ce groupe de travail est d'analyser les externalités procédant de la résilience des exploitations agricoles, selon qu'elles opèrent ou non une unité de méthanisation.

Dans le rapport, la résilience d'une exploitation agricole est définie comme « la capacité à résister et à s'adapter à un stress », de telle manière à « assurer sa pérennité ».

La démarche est structurée en trois étapes :

- Une analyse bibliographique, combinée à des retours d'expérience des membres du GT, de façon à définir des indicateurs d'évaluation de la résilience.
- Une phase d'enquête auprès des agriculteurs-méthaniseurs destinée à objectiver ces indicateurs de manière qualitative.
- Des modélisations permettant d'évaluer certains indicateurs et d'éclairer l'appréhension de la résilience ?

L'analyse met en lumière la meilleure résistance des exploitations agricoles intégrant une activité de méthanisation au stress économique, via une diversité de stratégies de résistance et d'adaptation possibles (revente d'énergie, valorisation additionnelle des ressources agricoles, production de digestat, ...).

Tout en pointant différents « coûts » associés, tels qu'une augmentation de la charge de travail et des charges d'épandage (et en soulignant une probable variabilité de l'ensemble des effets selon la nature de l'activité).



## ▪ Observations du Comité scientifique

### *Avis général :*

- L'ensemble de la démarche est particulièrement intéressant et, d'un point de vue méthodologique, très significativement innovant.
- Ce travail s'inscrit bien en complément de ceux entrepris par les autres GT (eau, GES, déchets). Soulignons toutefois que si ces derniers portaient sur des « externalités » (« *Les externalités représentent les effets produits par une activité, affectant des acteurs extérieurs à cette activité et ne faisant l'objet d'aucune contrepartie marchande* » selon la définition reprise dans le rapport), dans le cas présent, il s'agit plutôt d'apprécier une « valeur assurantielle » susceptible de bénéficier directement à l'exploitation considérée (et non d'une externalité, *strico sensu*).
- Autrement dit, il s'agit d'analyser une éventuelle « valeur cachée » liée à l'activité de méthanisation, mais in fine capturée dans le périmètre de l'exploitation.
- Cela posé, il est évident que ce travail fait œuvre utile, en permettant de comprendre dans quelle mesure (et à quelles conditions) une activité agricole pourrait mieux résister à des chocs, gagnant ainsi en résilience. Dans un contexte de crise économique et énergétique, il y a là de toute évidence une contribution très utile au débat au sein de la filière et au-delà
- Il est d'autant plus utile que, plus que dans les autres GT, il s'agissait là d'amorcer une réflexion qui a été relativement peu étayée par ailleurs auparavant (comme le traduit la bibliographie assez restreinte).
- Enfin, même si la première version du travail qui a été soumise était très déjà très avancée, le CS a particulièrement apprécié le souci pris dans la finalisation du document, ainsi que pour poser les limites à ce stade d'un travail qui se veut exploratoire.

### *Préconisations pour des prolongements futurs*

- Les préconisations du CS ont déjà été partiellement formulées dans les échanges préalables, et apparaissent dans les conclusions du rapport comme des pistes de travaux futurs qui s'annoncent indispensables. Cela d'autant que, dans le cadre du plan REPowerEU, les ambitions de développement du biométhane en Europe sont fortement rehaussées (observation qui vaut également pour les autres GT consacrés aux externalités).
- La première porte sur la capacité à prendre en compte d'autres plus largement d'autres catégories de stress, comme ceux susceptibles de résulter du changement climatique.
- La deuxième relève sur la variabilité des résultats selon la nature des exploitations (ce qui ouvre sur l'éventualité de déployer un outil dédié qui permette de procéder à des calculs de résilience à la maille de toute exploitation « candidate » à développer une activité de méthanisation).
- La troisième procède de la prise en compte des effets « locaux », dans une optique cette fois de résilience territoriale (plus proche alors de la détermination d'une externalité).

-----



## ▪ Composition du Comité scientifique

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