Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

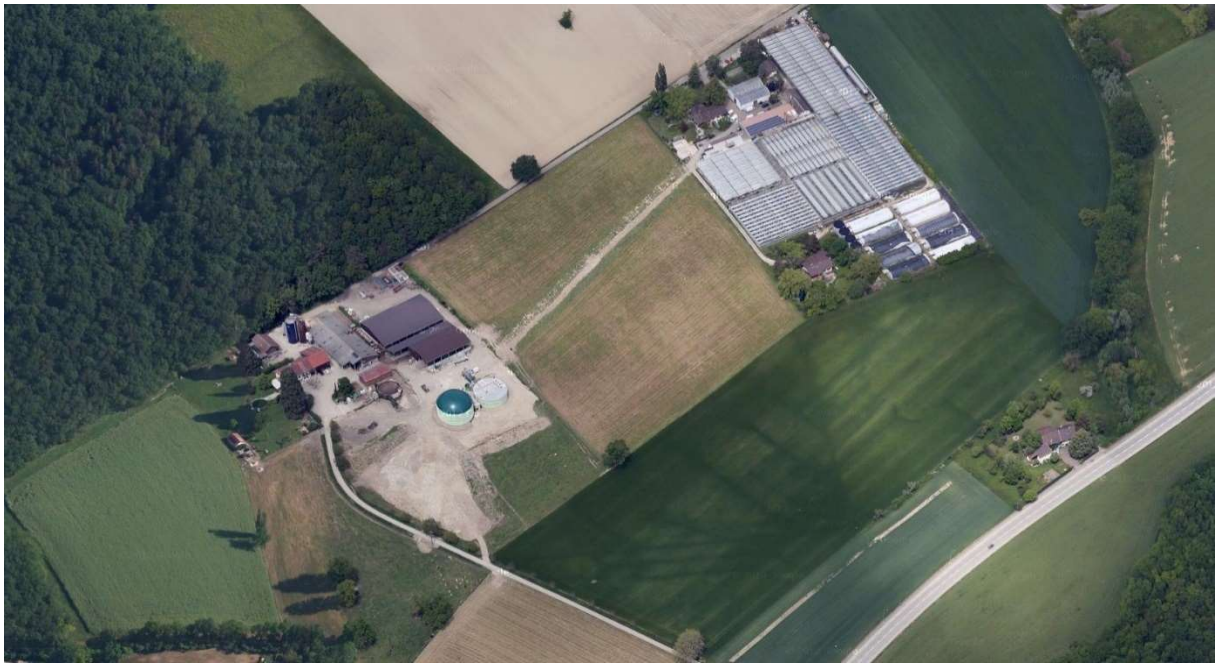
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

**Office fédéral de l'énergie OFEN**
Section Recherche énergétique et Cleantech

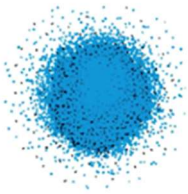
Rapport final du 28 septembre 2021

# Évaluation et monétarisation des externalités positives de la méthanisation en Suisse

## Rapport final



**Source:** Biogaz Mandement, 2012



**Date:** 28 septembre 2021

**Lieu:** Berne

**Prestataire de subventions:**
Office fédéral de l'énergie OFEN
Section Recherche énergétique et Cleantech
CH-3003 Berne
www.ofen.admin.ch

**Cofinancement:** sans objet

**Bénéficiaires de la subvention :**
EREP SA
Chemin du côteau, 28
1123 Aclens
www.erep.ch

**Auteur(s):**
Yves Membrez, EREP, yves.membrez@erep.ch
Nuria Montpart, EREP, nuria.montpart@erep.ch
Safae El Fadili, Enea Consulting, safae.elfadili@enea-consulting.com
Hélène Stephan, Enea Consulting, helene.stephan@enea-consulting.com
Timothé Husser, Enea Consulting, timothe.husser@enea-consulting.com

**Suivi du projet à l'OFEN:**
Sandra Hermle, sandra.hermle@bfe.admin.ch

**Numéro du contrat de l'OFEN:** SI/502102-01

**Les auteurs sont seuls responsables du contenu et des conclusions du présent rapport.**

# Zusammenfassung

In der Schweiz gibt es im Jahr 2021 rund 670 Biogasanlagen mit einer jährlichen Gesamtproduktion von rund 1500 GWh Biogas. Die meisten der in Betrieb befindlichen Anlagen nutzen das erzeugte Biogas für die Kraft-Wärme-Kopplung, obwohl in den letzten Jahren auch die Einspeisung von Biomethan (das nach der Reinigung des Biogases erzeugt wird) entwickelt worden ist. Der wichtigste Fördermechanismus für die Methanisierung, das Einspeisevergütungssystem oder EVS (früher KEV), das KWK-Anlagen angeboten wird, läuft im Jahr 2022 aus. Um die Nachhaltigkeit des Biogassektors zu gewährleisten, insbesondere in einem sich wandelnden Regelungs- und Anreizkontext, ist es wichtig, die mit der Biogaserzeugung verbundenen positiven externen Effekte zu bewerten. Auf der Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche wurde eine umfassende Liste der externen Effekte der Biogaserzeugung in der Schweiz erstellt, die zur Erstellung von 18 Themenblättern führte. Anschließend wurden Quantifizierungs- und Monetarisierungsmethoden für die neun als vorrangig eingestuften externen Effekte vorgeschlagen. Um eine erste quantifizierte Bewertung zu erhalten, wurden diese Methoden auf zwei typische Fälle im nationalen Kontext angewandt: eine landwirtschaftliche Biogasanlage, die Biogas durch Kraft-Wärme-Kopplung wiederverwertet, und eine Biogasanlage, die Bioabfälle behandelt und das erzeugte Biomethan in das Gasnetz einspeist. Die Studie veranschaulicht die Vielfalt und den Umfang der Dienstleistungen, die durch die Methanisierung erbracht werden können, und unterstreicht gleichzeitig die Bedeutung eines Ansatzes, der einen wirksamen Rahmen für Projekte und Praktiken bietet. Obwohl die Zahlen erheblich sind, würden sie den Verlust des EVS nicht ausgleichen. Die Anzahl und die Bedeutung der ermittelten externen Effekte bestätigen die Relevanz der Methanisierung für die Schweizer Energie- und Klimawende und rechtfertigen die weitere Unterstützung des Sektors. Es wird auch ein Aktionsplan für die Bundesämter vorgeschlagen, um weitere Überlegungen zur Integration externer Effekte in den Markt und zu Unterstützungsmechanismen für die Methanisierung zu ermöglichen. Diese Empfehlungen unterstreichen die Notwendigkeit, die Rolle und die Ziele der Methanisierung in der schweizerischen Energie- und Klimapolitik zu klären, und unterstreichen die Notwendigkeit einer konzertierten Aktion der verschiedenen betroffenen Ämter (BLW, BFE, BAFU, ARE) und der Akteure des Sektors.

# Résumé

La Suisse recense environ 670 unités de méthanisation en 2021, représentant une production annuelle totale d'environ 1500 GWh de biogaz. La majorité des unités en exploitation valorisent le biogaz produit en cogénération, même si l'injection de biométhane (obtenu après épuration du biogaz) se développe également depuis quelques années. Le principal mécanisme de soutien à la méthanisation en vigueur, le Système de Rétribution à l'Injection d'électricité ou SRI (ancienne Rétribution à Prix Coûtant, RPC) offerte aux installations en cogénération est amenée à prendre fin en 2022. Afin de garantir la pérennité de la filière méthanisation, notamment dans un contexte réglementaire et incitatif changeant, l'évaluation des externalités positives associées à la production de biogaz est importante. En s'appuyant sur une large revue de littérature, une liste voulue exhaustive des externalités de la méthanisation en Suisse a été dressée et a donné lieu à la réalisation de 18 fiches thématiques. Des méthodologies de quantification et de monétarisation ont ensuite été proposées pour les neuf externalités évaluées comme prioritaires. Afin d'obtenir une première évaluation chiffrée, ces méthodologies ont été mises en œuvre sur deux cas types du contexte national : une unité de méthanisation agricole valorisant le biogaz par cogénération, et une unité de méthanisation traitant des biodéchets et valorisant sa production par injection de biométhane au réseau de gaz. L'étude illustre la variété et l'ampleur des services pouvant être rendus par la méthanisation, tout en soulignant l'importance d'une approche encadrant efficacement les projets et les pratiques. Si ces valeurs sont conséquentes, elles ne permettraient toutefois pas en l'état de compenser la perte du SRI. Le nombre et l'importance des externalités identifiées confortent la pertinence de la méthanisation vis-à-vis de la transition énergétique et climatique Suisse, et justifie en ce sens le maintien d'un soutien à la branche. Un plan d'action à destination des Offices Fédéraux est également proposé, afin de permettre la poursuite des réflexions quant à l'intégration des externalités dans les mécanismes de marché et de soutien à la méthanisation. Ces recommandations soulignent notamment le besoin de clarifier le rôle et les objectifs de la méthanisation dans la politique énergétique et climatique Suisse, et mettent en évidence le besoin de l'action concertée des différents Offices concernés (OFAG, OFEN, OFEV, ARE) et des acteurs de la branche.

# Summary

Switzerland has around 670 anaerobic digestion units in 2021, representing a total annual production of around 1,500 GWh of biogas. Most of the units in operation use the biogas for cogeneration, although the injection of biomethane (obtained after biogas purification) has also been developing for several years. The main support mechanism for anaerobic digestion in force, the “Système de Rétribution à l’Injection d’électricité” or SRI (Electricity Feed-in Tariff) – formerly the Rétribution à Prix Coûtant or RPC [Cost Price Feed-in Tariff] – provided to cogeneration installations, is due to end in 2022. In order to guarantee the sustainability of the anaerobic digestion sector, particularly in changing regulatory and incentive contexts, it is important to evaluate the positive externalities associated with biogas production. Based on an extensive review of the literature, an exhaustive list of the externalities of biogas production in Switzerland has been drawn up and 18 thematic sheets have been produced. Quantification and monetisation methodologies have then been proposed for the nine externalities assessed as priorities. In order to obtain a first quantified evaluation, these methodologies were implemented on two typical cases in the national context: an agricultural anaerobic digestion unit that uses biogas for cogeneration, and a unit that treats bio-waste and injects the produced biomethane into the gas grid. The study illustrates the variety and extent of the services that can be provided by anaerobic digestion, while highlighting the importance of an approach providing an effective framework for projects and practices. Although the figures are significant, they would not, as they stand, compensate for the loss of the SRI. The number and importance of the externalities identified confirm the relevance of anaerobic digestion to the Swiss energy and climate transition and justify continued support for the sector. An action plan for the Federal Offices is also proposed, to allow further discussion on the integration of externalities in the market mechanisms and support schemes for biogas producers. These recommendations emphasise the need to clarify the role and objectives of biogas in Switzerland's energy and climate policy, and highlight the need for concerted action by the various offices concerned (FOAG, SFOE, FOEN, ARE) and the players in the sector.

# Take-home messages

- Quelle que soit la voie de valorisation retenue pour le biogaz, la méthanisation présente de nombreuses externalités, ayant trait à des domaines variés : agronomie, environnement, énergie, socioéconomie. La présente étude a mis en évidence et qualifié dix-huit externalités.
- L’exercice de monétarisation, ici décliné sur deux cas concrets (agricole et biodéchets), permet d’illustrer la valeur associée aux services rendus par les unités de méthanisation et leur pertinence vis-à-vis de la transition énergétique et climatique Suisse. Si cette valeur est réelle, elle ne permet toutefois pas de compenser la perte du système de rétribution à l’injection (SRI, anciennement rétribution à prix coûtant ou RPC).
- Le nombre et l’importance des externalités de la méthanisation justifient le maintien d’un soutien à la méthanisation, dont le rôle et les objectifs de développement doivent par ailleurs être clarifiés.
- L’évolution des mécanismes de marché et de soutien à la méthanisation vers un système permettant de prendre en compte la valeur des externalités passera par une action concertée des différents Offices concernés (OFAG, OFEN, OFEV, ARE) et des acteurs de la branche ; la présente étude propose un plan d’actions pour guider cette prise en compte.

# Table des matières

**Zusammenfassung** ..... **3**
**Résumé** ..... **3**
**Summary** ..... **4**
**Take-home messages** ..... **4**
**Table des matières** ..... **5**
**Liste des abréviations** ..... **7**
**1 Introduction** ..... **9**
1.1 Contexte et arrière-plan ..... 9
1.2 Justification du projet ..... 9
1.3 Objectifs du projet ..... 10
**2 Procédure et méthode** ..... **10**
**3 Résultats et commentaire** ..... **12**
3.1 Panorama de la filière méthanisation en Suisse ..... 12
*3.1.1 Gestion et valorisation de déchets organiques* ..... *12*
*3.1.2 Contexte énergétique et climatique* ..... *12*
*3.1.3 La filière méthanisation en chiffres* ..... *16*
*3.1.4 Cadre réglementaire* ..... *20*
*3.1.5 Cadre incitatif* ..... *22*
3.2 Phase 1 : Présentation des externalités de la filière méthanisation ..... 23
*3.2.1 Définition d'une externalité* ..... *23*
*3.2.2 Différentes catégories d'externalités* ..... *24*
*3.2.3 Externalités « Agronomie »* ..... *28*
*3.2.4 Externalités « Environnement »* ..... *34*
*3.2.5 Externalités « Social et économie »* ..... *42*
*3.2.6 Externalités « Energie »* ..... *47*
*3.2.7 Qualification de la pertinence des externalités par filière et par voie de valorisation* ..... *53*
*3.2.8 Priorisation des externalités au regard des enjeux de la filière en Suisse* ..... *55*
3.3 Phase 2 : Quantification et monétarisation des externalités positives ..... 58
*3.3.1 Approche générale et limites* ..... *58*
*3.3.2 Recommandations méthodologiques* ..... *60*
*3.3.3 AGR.1 Diminution du recours aux engrais minéraux – Détail méthodologique* ..... *62*
*3.3.4 ENV.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre – Détail méthodologique* ..... *66*
*3.3.5 ENV.2 Impact sur la pollution azotée des eaux – Détail méthodologique* ..... *68*
*3.3.6 SE.1 Création d'emploi et activités économiques – Détail méthodologique* ..... *73*
*3.3.7 SE.2 Contribution à la résilience des exploitations – Détail méthodologique* ..... *74*
*3.3.8 SE.3 Evolution des charges de traitement des déchets – Détail méthodologique* ..... *76*

*3.3.9 ENER.2 Valorisation des infrastructures gazières existantes – Détail méthodologique ..... 78*
*3.3.10 ENER.3 Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable – Détail méthodologique ..... 80*
*3.3.11 ENER.4 Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires – Détail méthodologique ..... 83*
*3.3.12 ENER.5 Effacement d'énergies fossiles ..... 84*
3.4 Phase 3 : Illustration de la méthodologie d'évaluation sur des cas concrets en Suisse ..... 85
*3.4.1 Unité de méthanisation agricole valorisant le biogaz en cogénération Bio-énerg'Etique SA (Bure, JU) ..... 85*
*3.4.2 Unité de méthanisation de biodéchets valorisant le biogaz en injection Ecorecyclage SA (Lavigny, VD) ..... 99*
**4 Plan d'actions ..... 109**
4.1 Introduction ..... 109
4.2 Plan d'action : approche d'ensemble ..... 110
*4.2.1 Consolider la compréhension des externalités ..... 112*
*4.2.2 Structurer une réflexion concertée et coordonnée au niveau fédéral et cantonal concernés par le sujet ..... 114*
*4.2.3 Clarifier le rôle du biométhane et de la production d'électricité/chaleur issue de biogaz dans la stratégie énergétique et climatique Suisse ..... 116*
4.3 Panorama des solutions possibles ..... 118
*4.3.1 Principes directeurs : facteurs à prendre en compte dans l'évolution des modèles de méthanisation ..... 118*
*4.3.2 Détail des mécanismes possibles ..... 121*
4.4 Recommandations ..... 131
**5 Aperçu et mise en œuvre prochaine ..... 134**
**6 Coopération nationale et internationale ..... 134**
**7 Communication ..... 134**
**8 Bibliographie ..... 135**
**9 Annexes ..... 138**
9.1 Annexe 1 : Données brutes – Unité agricole en cogénération ..... 138
9.2 Annexe 2 : Données brutes – Unité biodéchets en injection ..... 142

# Liste des abréviations

| | |
|---|---|
| ADEME : | Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie |
| ARE : | Office fédéral du développement territorial |
| E.coli : | Bactérie Escherichia coli |
| ETM : | Élément trace métallique |
| GERES : | Groupe Énergies Renouvelables, Environnement et Solidarité |
| GES : | Gaz à effet de serre |
| GO : | Garantie d'origine |
| GNV : | Gaz naturel de véhicule |
| LAT : | Loi sur l'aménagement du territoire |
| LEaux : | Loi sur la protection des eaux |
| Limpmin : | Loi sur l'imposition des huiles minérales |
| LPE : | Loi sur la Protection de l'environnement |
| NIR : | National Inventory Report |
| NPK : | Éléments nutritifs – Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K) |
| OAT : | Ordonnance sur l'aménagement du territoire |
| OEIE : | Ordonnance relative à l'étude d'impact sur l'environnement |
| OEne : | Ordonnance sur l'énergie |
| OEng : | Ordonnance sur les engrais |
| OFEN : | Office fédéral de l'énergie |
| Oimpmin : | Ordonnance sur l'imposition des huiles minérales |
| OLED : | Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets |
| Olen : | Ordonnance sur le livre des engrais |
| OMoD : | Ordonnance sur le mouvement de déchets |
| OPair : | Ordonnance sur la protection de l'air |
| OPD : | Ordonnance sur les paiements directs |
| ORRChim : | Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques |
| OSPA : | Ordonnance concernant les sous-produits animaux |
| RPC : | Rétribution à prix coûtant |
| SPA : | Sous-produits animaux |
| STEP : | Station d'épuration |
| SRI : | Système de rétribution de l'injection |

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte et arrière-plan

La filière biogaz en Suisse produit, tous domaines de traitement confondus, presque 1,5 TWh d'énergie brute (Statistiques suisses des énergies renouvelables, OFEN 2019) et son potentiel additionnel est évalué à environ 3.6 TWh (étude WSL 2017 « Biomassenpotenziale für die energetische Nutzung in der Schweiz »). Presque 85% de ce potentiel est attribué aux déchets et sous-produits agricoles (engrais de ferme, résidus de cultures).

La fin prévue des mécanismes de soutien à la production d'électricité renouvelable (mécanisme de rétribution à prix coûtant du courant injecté) pose de façon cruciale la question de la pérennité de la filière méthanisation et des unités en fonctionnement aujourd'hui ; elle rend nécessaire de reformuler le modèle d'affaires, et de « penser autrement » l'intérêt des projets de méthanisation.

## 1.2 Justification du projet

La filière biogaz est souvent considérée uniquement sous son prisme « énergie renouvelable », avec les avantages associés (traitement et valorisation de la biomasse ; réduction des émissions de gaz à effet de serre, GES ; et indépendance énergétique), sans que les autres externalités (ou services rendus) soient mises en avant et valorisées : économiques, environnementaux et agronomiques. Ces services dépendent du type de projet, du contexte local, des conditions pédoclimatiques et du type d'intrants traités. Ils sont qualifiables, et pour certains peuvent être quantifiables, voire monétarisables.

Dans le contexte de la fin des mécanismes de soutien à la production d'électricité renouvelable, l'identification et la monétarisation des externalités positives pourraient contribuer, en maintenant leur rentabilité ou en évitant une baisse de rentabilité trop importante, à rendre les installations plus compétitives, et à permettre le développement de nouvelles unités, aidant ainsi à la pérennité de la filière méthanisation – que ce soit dans le domaine des installations agricoles, industrielles ou des stations d'épuration urbaines.

Les acteurs politiques pourront ainsi se baser sur les renseignements de cette évaluation pour discuter et éventuellement définir d'autres mécanismes d'encouragement à la filière.

Plus largement, la prise en compte des externalités dans le *market design* des unités de méthanisation est une réflexion qui se développe de plus en plus en Europe. Dans de nombreuses géographies, le développement de la méthanisation a en effet historiquement été soutenu par la mise en place de mécanismes de soutien importants par les Etats. Au gré du développement de la branche, et face au besoin d'allouer efficacement les fonds disponibles pour assurer la nécessaire transition énergétique, les acteurs publics comme privés cherchent à valoriser les différents services offerts par la méthanisation, au-delà de la seule production d'énergie. Le développement à grande échelle de la filière dans certains pays renforce également ce besoin de mieux comprendre les externalités.

Des initiatives en lien avec les externalités de la méthanisation sont ainsi également observées dans différents pays Européens. Ces dernières peuvent prendre des formes variées : programmes de recherche visant à quantifier les externalités (ex : projet européen PERSEPHONE[1]) ou encore guides de bonnes pratiques visant à renforcer les pratiques des porteurs de projets (ex : initiative BiogasDoneRight ® en Italie).

[1] Projet *Perséphone - Intégration de la filière Biogaz dans la nouvelle Bioéconomie*

En France, la problématique de l'évaluation des externalités a été identifiée comme un enjeu majeur du développement de la méthanisation par les acteurs de la branche, réunis au sein du Comité Stratégique de la Filière en 2018[2]. Suite à cela, des groupes de travail thématiques ont notamment été structurés afin d'approfondir certaines externalités considérées comme importantes. Le sénat et le parlement ont par ailleurs également conduit des travaux visant à évaluer les impacts et externalités de la méthanisation[3], illustrant l'importance prise par le sujet. A court terme, l'octroi de soutiens financiers publics prenant en compte spécifiquement les externalités n'est pas envisagée, mais des acteurs (investisseurs notamment) sont attentifs au sujet et cherchent à mettre en avant les services rendus par la méthanisation. Les externalités positives ont toutefois contribué au maintien des mécanismes de soutien à la méthanisation, prenant la forme d'un tarif de rachat pour les petites unités en injection (< 300 $Nm^3/h$), et la mise en place d'un mécanisme extra-budgétaire (orientation de la demande) financé par les fournisseurs d'énergie pour les grandes unités. En parallèle des réflexions sur l'évolution des mécanismes de soutien, les études sur les externalités permettent également de travailler à l'amélioration des performances des projets en matière d'externalités (renforcer les positives, minimiser les négatives).

## 1.3 Objectifs du projet

Les principaux objectifs de l'étude sont :

- L'identification des externalités positives de la méthanisation en Suisse
- L'évaluation de l'importance de ces externalités dans le contexte suisse
- L'analyse de cas concrets suisses pour la méthanisation agricole et industrielle
- La proposition de mécanismes d'utilisation des externalités positives de la méthanisation sur la base des développements politiques actuels

La principale problématique pour atteindre les résultats est le fait que toutes les externalités, bien qu'évaluables, ne seront pas en mesure d'être monétarisées. Cependant, la qualification (identification) et la quantification de ces externalités permettent dans tous les cas de renforcer la compréhension de la contribution de cette filière à une économie circulaire et durable. Les hypothèses prises devront ainsi être clairement définies pour ne pas fausser les conclusions de l'étude.

# 2 Procédure et méthode

Le projet est segmenté en cinq phases :

**Phase 1 : Cartographie des externalités positives**

Cette phase comprend :

- La caractérisation des externalités de la filière identifiées dans le cadre des précédents travaux d'Enea (travaux réalisés avec les acteurs de la filière gaz française, et comparés avec des travaux réalisés à l'échelle internationale)
- La priorisation des externalités au regard des enjeux de la filière en Suisse.
- L'illustration des externalités par des cas concrets rencontrés ou potentiels en Suisse

Cette phase se base sur le panel des installations présentes en Suisse.

[2] Contrat Stratégique de la Filière « *Industries des Nouveaux Systèmes Energétiques* » 2019-2021
[3] Résultats non publiés à la date de rédaction du présent document

Cette phase souligne également les quelques externalités « négatives » qui peuvent être perçues par les parties prenantes et le grand public (ex. : odeurs, circuits de collecte des déchets méthanisables …)

**Phase 2 : Évaluation et monétarisation des externalités positives**

Cette phase comprend, pour les externalités quantifiables :

- La définition d'une méthodologie de calcul simple de la valeur quantitative des externalités, et l'identification des données sources nécessaires.
- Une explication des limites des méthodologies retenues
- Une recherche bibliographique pour récolter ces données sources, et lorsque nécessaire (absence ou divergence de données bibliographiques, faible robustesse des données collectées ou des méthodologies de calcul, par exemple) une mobilisation des acteurs de la filière afin d'objectiver les valeurs à retenir
- Une analyse de sensibilité des valeurs obtenues à la variation des hypothèses sous-jacentes (par exemple développement d'une typologie particulière, généralisation d'une bonne pratique dans la gestion des digestats, etc.)
- Pour les externalités pouvant être monétarisées (i.e. un marché existe avec un ou plusieurs clients pouvant participer aux revenus de l'installation de biogaz), la définition d'une méthodologie de calcul simple de la valeur monétaire

**Phase 3 : Illustration de la méthodologie d'évaluation sur des cas concrets en Suisse**

Cette phase comprend :

- La présentation de l'analyse pour une installation de méthanisation agricole valorisant le biogaz par cogénération d'électricité et de chaleur, de taille env. 500 kW de puissance électrique installée
- La présentation de l'analyse pour une installation de méthanisation industrielle valorisant le biogaz par enrichissement en biométhane et injection dans le réseau de gaz, de taille env. 300 $Nm^3/h$

**Phase 4 : Proposition de plan d'actions suite à l'analyse des externalités positives**

Cette phase comprend :

- L'identification de mécanismes permettant de maximiser la génération d'externalités positives et de rétribuer les projets sur cette base en analysant les parties prenantes concernées par les externalités et en proposant des mécanismes de financement possibles.
- La définition d'un plan d'action pour mettre en œuvre cette prise en compte (quelles études et analyses poussées sont nécessaires pour valider les valeurs obtenues en première approche, quelles perspectives de développement pour la filière avec une prise en compte des externalités positives)
- Les recommandations pour les acteurs politiques sur les stratégies d'action à mettre en œuvre en tenant compte des développements politiques actuels.

**Phase 5 : Rapport de synthèse des résultats et des apprentissages du projet**

Cette dernière phrase comprend :

- La rédaction d'une note de synthèse présentant les principaux résultats à publier auprès d'acteurs de la filière ou de futurs clients de la filière
- La rédaction d'un rapport détaillé des résultats de l'étude

# 3 Résultats et commentaire

## 3.1 Panorama de la filière méthanisation en Suisse

Afin d'identifier les externalités de la méthanisation et d'évaluer sa pertinence en Suisse, il est indispensable de rappeler les particularités de cette filière de production d'énergie renouvelable dans son contexte national.

### 3.1.1 Gestion et valorisation de déchets organiques

La valorisation des déchets organiques se situe dans la Stratégie fédérale en matière de biomasse, relative à sa production, transformation et utilisation. Une valorisation matière et/ou énergie est privilégiée. La mise en décharge de déchets ménagers est proscrite depuis 2000 si bien qu'aucune nouvelle infrastructure n'a été construite pour ce type de déchets depuis lors [1].

Concernant la biomasse agricole en Suisse, environ 30 millions de tonnes d'engrais de ferme (fumier et lisier) sont produites par année. Quant aux déchets de cultures (restes de récolte pas valorisés en fourrage animal), une production annuelle d'environ 0,7 million de tonnes est estimée [2]. L'équivalent de 458 $GWh_{PCI}$ sont produits actuellement par méthanisation de ces matières [3] et des études récentes montrent qu'une augmentation significative de la production énergétique serait disponible à partir de ces substrats dans notre territoire [4].

En Suisse, environ 1,3 million de tonnes de biodéchets sont collectées par année, dont à peu près la moitié est valorisée par méthanisation (ou méthanisation et compostage) et l'autre moitié est transformée par compostage exclusivement [1]. Les déchets urbains incinérés se montent à 2,9 millions de tonnes [5], dont un tiers de son contenu est fermentescible [6] et pourrait ainsi faire objet d'une valorisation matière et énergie.

### 3.1.2 Contexte énergétique et climatique

Le système énergétique suisse compte sur un mélange habituel d'agents énergétiques pour couvrir les besoins des ménages, de l'industrie, du transport et des services.

Dans le cadre de la transformation du système énergétique suisse, désignée sous l'appellation **« Stratégie énergétique 2050 »**, une loi sur l'énergie entièrement révisée ainsi que plusieurs autres révisions de lois sont en vigueur depuis 1er janvier 2018, après son approbation par le peuple suisse, le 21 mai 2017.

Les orientations de la nouvelle loi sur l'énergie concernent :

- des mesures visant à accroitre l'efficacité énergétique dans les secteurs des bâtiments ; de la mobilité ; de l'industrie et des appareils ;
- des mesures d'encouragement et d'amélioration des conditions-cadres juridiques visant à développer les énergies renouvelables ;
- la sortie du nucléaire.

Actuellement la production d'électricité est d'origine nucléaire et d'origine hydroélectrique, cette dernière étant l'énergie renouvelable la plus répandue sur le territoire. La consommation d'autres énergies renouvelables est en augmentation depuis les dernières décennies, et elle le sera encore plus après la sortie du système énergétique nucléaire.

Les carburants couvrent plus d'un tiers de la consommation finale. Concernant les besoins en chaleur de la Confédération, ils sont actuellement couverts par l'utilisation du gaz naturel et grâce aux réseaux de chaleur à distance (CAD) bien développés sur le territoire. Les réseaux de CAD sont alimentés avec

la chaleur produite par les centrales de cogénération à gaz ; à partir de la chaleur fournie par l'incinération des ordures ménagères (bien implantée, car la décharge est interdite), et grâce aux centrales à bois [7].

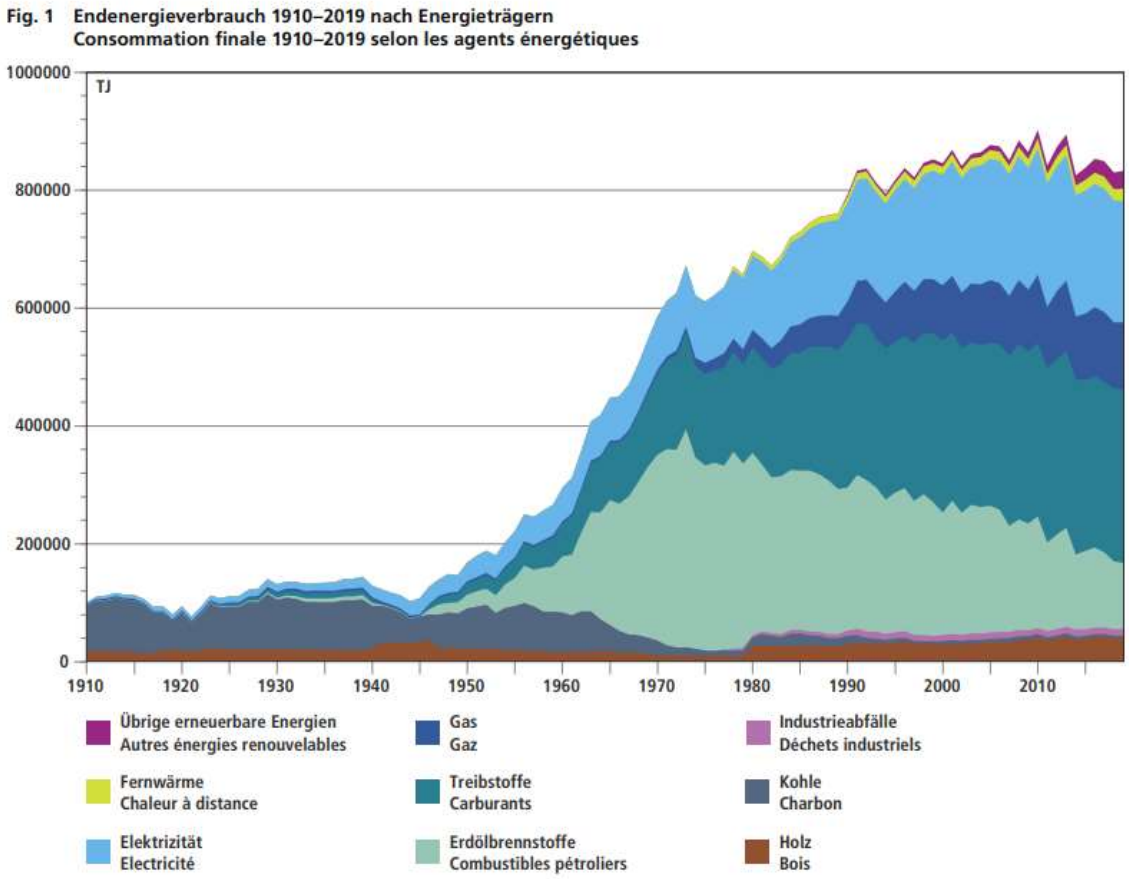



**Figure 1.** Consommation finale 1910-2019 selon les agents énergétiques [7]

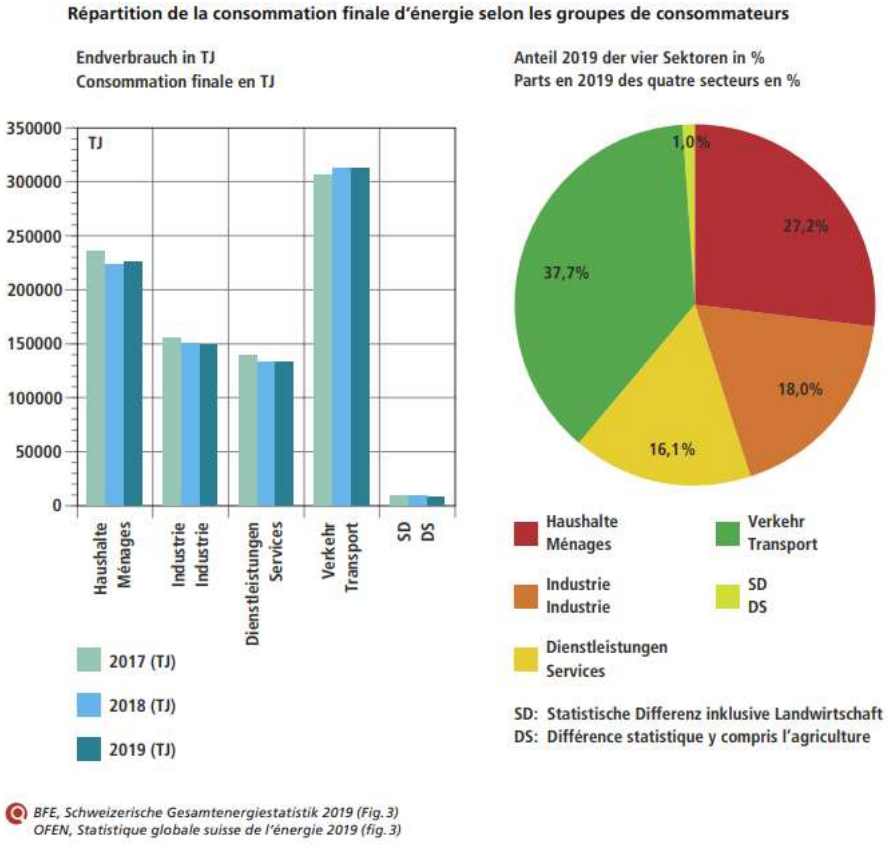



**Figure 2.** Répartition de la consommation finale d'énergie selon les groupes de consommateurs [7].

En termes d'électricité, les cibles de production à partir d'énergies renouvelables sont fixées à 10 000 GWh, en 2030, et 39 000 GWh en 2050 (hors force hydraulique), la production en 2020 se situant à 4 000 GWh. En termes de production de chaleur, la contribution des nouvelles énergies renouvelables devrait permettre la production de 8 600 GWh en 2030 et 15 000 GWh en 2050, la production de 2020 se situant à 5 900 GWh [8].

Parmi les différentes sources d'énergie renouvelable, et spécifiquement pour l'utilisation du biogaz, la production simultanée d'électricité et de chaleur dans des unités de cogénération est courante. L'enrichissement en biométhane et son injection dans des réseaux de gaz est une piste d'utilisation de ce biogaz très liée aux usages actuels du gaz naturel qui circule dans les réseaux de distribution de gaz, dont les utilisations concernent le chauffage des ménages et la mobilité. Dans ces secteurs le biométhane est notamment en concurrence avec d'autres solutions décarbonées comme le chauffage via les pompes à chaleur ou le solaire thermique et la mobilité électrique. Dans l'éventualité qu'un jour le biométhane puisse remplacer complètement le gaz naturel, il est utile d'indiquer qu'en Suisse, les réseaux de distribution de gaz ne sont pas très développés (contrairement à d'autres pays, comme les Pays Bas) et ils appartiennent à plusieurs petits gestionnaires. La branche gazière, ne disposant d'aucun volume de stockage national important, loue ces prestations aux pays voisins [9].

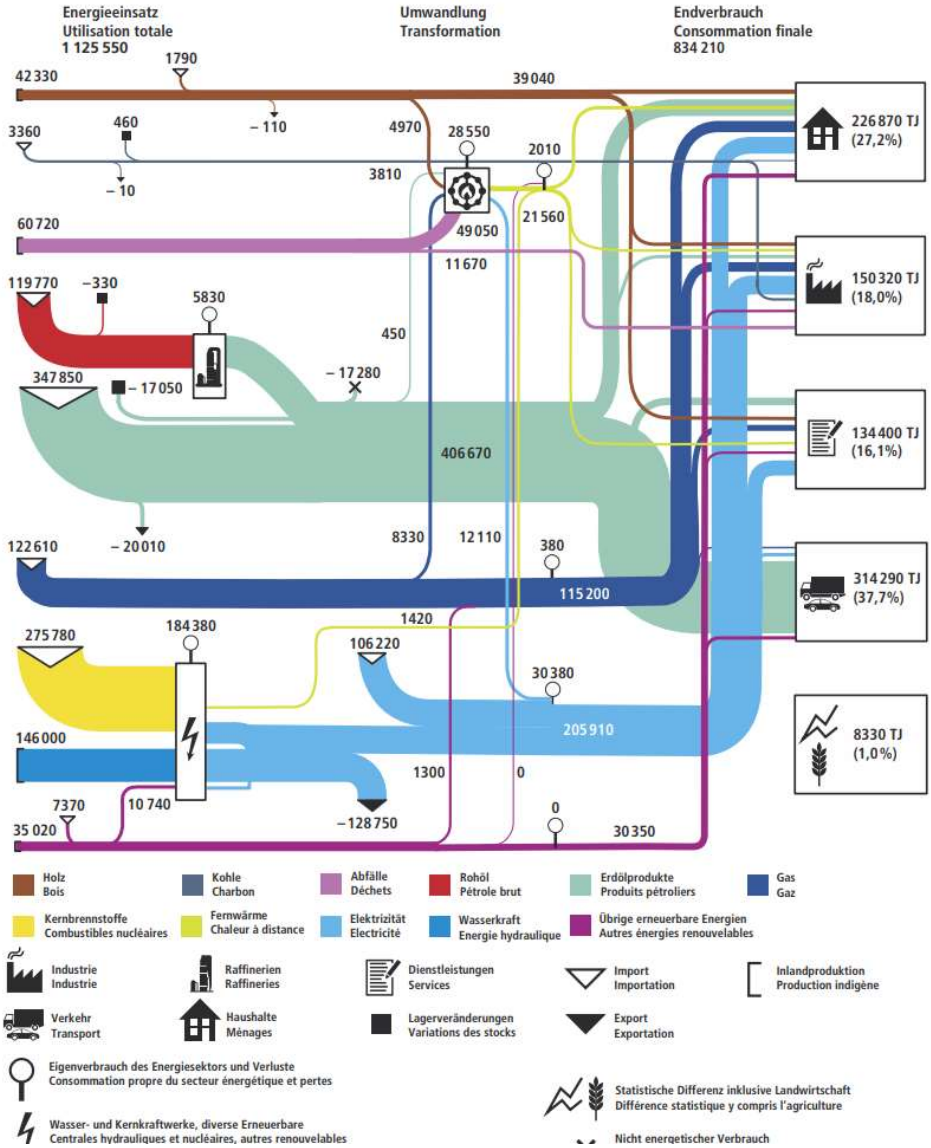



**Figure 3.** Flux d'énergie détaillé de la Suisse en 2019 (en TJ) [7]

Dans le cadre de la stratégie énergétique 2050, la révision totale de la **loi sur le $CO_2$** après 2020 a été approuvée par le Parlement mais a été refusée en référendum le 13 juin 2021 [10]. La loi sur le $CO_2$ en vigueur arrivant à échéance fin 2021, plusieurs de ses instruments expireront (exonération de la taxe sur le $CO_2$, perte de l'obligation des importateurs de carburant à investir dans des projets de protection du climat, …). La Suisse se retrouve sans objectif climatique national au-delà de 2021, et c'est l'objectif climatique international de réduire les émissions de 50% jusqu'en 2030 par rapport à celles de 1990 qui s'applique, selon l'engagement de la Suisse à l'Accord de Paris.

Du fait que les producteurs et importateurs de carburants fossiles ne soient plus obligés de compenser totalement ou partiellement une partie de leurs émissions par des mesures compensatoires prises en Suisse, des projets ou des programmes de réduction des émissions (tels que des projets de production de biogaz entre autres) perdent un soutien qui permettait leur promotion. La révision de la loi sur le $CO_2$ devra être revue dans les prochains mois au sein du Parlement.

Fin 2020, l'OFEN a publié une analyse sur les **Perspectives énergétiques après 2050** [8]. L'analyse présente différents scénarios envisageables pour atteindre les objectifs climatiques en 2050. Un scénario de base, ainsi que des variantes de celui-ci sont proposés. Dans le mix énergétique présenté, l'augmentation de la part de l'énergie photovoltaïque est significative. Le biogaz a également une place dans ce mix, mais à un niveau plus faible. Pour la consommation de chaleur, le biogaz est censé alimenter les réseaux de chaleur à distance et le biométhane remplacerait l'utilisation du gaz naturel pour couvrir les charges de pointe et la chaleur industrielle nécessitant des températures élevées. Le biogaz carburant aurait également une place pour la mobilité suisse, notamment pour son utilisation avec des poids lourds. Pour le biogaz, selon les chiffres estimés à partir des données des Perspectives énergétiques 2050, en 2050 on consommerait 3.3 TWh (tous usages confondus). La branche gazière estime un potentiel technique pour le biométhane de 4 TWh [9].

### 3.1.3 La filière méthanisation en chiffres

**Parc d'installations**

La méthanisation est une filière de production d'énergie renouvelable bien répandue en Suisse depuis une cinquantaine d'années. Son développement s'est sensiblement accéléré avec l'introduction, en 2008, du système de soutien à la production d'électricité renouvelable (RPC, Rétribution à Prix Coûtant, actuel SRI, système de rétribution de l'injection). Une stagnation de l'implantation de nouvelles installations est observée pour les dernières années. A fin 2019, 668 installations de méthanisation étaient en fonctionnement sur le territoire helvétique [3,11].

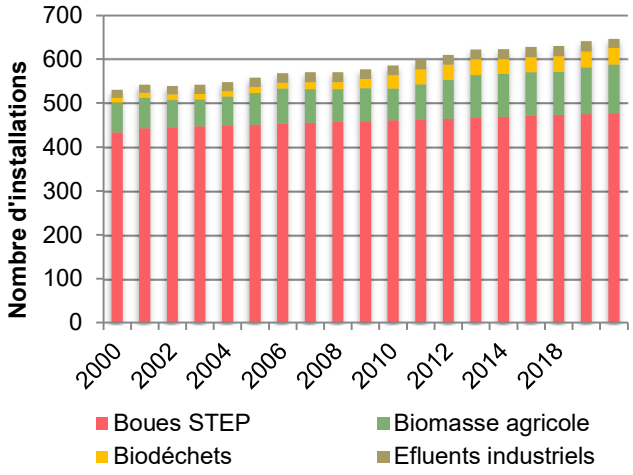



**Figure 4**. Évolution du parc d'installations de méthanisation en Suisse [11].

En Suisse, on différencie quatre types d'installations de biogaz en fonction des intrants qu'y sont méthanisés. Celles-ci concernent, par ordre de représentation sur le territoire :

- Les installations de biogaz de stations d'épuration urbaines (stations de traitement des eaux usées), méthanisant des boues d'épuration (filière « STEP »)
- Les installations de biogaz agricoles, méthanisant la biomasse agricole (filière « Agricole »)
- Les installations de biogaz industrielles méthanisant des biodéchets (provenant des ménages, de la restauration, des sous-produits solides de l'industrie agroalimentaire) et des déchets verts méthanisables (provenant des jardins, de l'entretien des parcs urbains, etc.) (filière « Biodéchets »)
- Les installations de biogaz industrielles méthanisant des effluents industriels (soit des eaux usées industrielles) (filière « Industriel »)

**Cette typologie (Agricole, Biodéchets, Industriel, STEP) est reprise dans la suite de ce rapport.**

La plupart des installations agricoles en Suisse méthanisent au moins 80% d'engrais de ferme et de déchets d'origine agricole; les 20% restant étant des co-substrats non agricoles ou des cultures intermédiaires à vocation énergétique (voir encadré ci-dessous). L'étude de « benchmark » de 2015, réalisée par l'association des exploitants d'installations de biogaz agricoles, Ökostrom Schweiz [12], présentait des données sur l'approvisionnement de ces installations. Ces données provenaient d'environ 1/3 des installations de biogaz agricoles existantes, mais elles sont extrapolables à la totalité du parc suisse.

*Précision sur les cultures intermédiaires :*

*Le présent rapport fait régulièrement référence à l'usage de cultures intermédiaires comme intrants ou cosubstrats d'unités de méthanisation. Également appelés couverts d'interculture ou cultures intercalaires, il s'agit de plantes cultivées entre deux rotations de cultures principales ayant pour objectif de rendre différents services agronomiques ou écosystémiques.*

*Les cultures intermédiaires sont déjà utilisées en Suisse, et portent différentes terminologies selon l'objectif recherché. L'usage énergétique des cultures intermédiaires (par digestion au sein de méthaniseurs) s'avère en revanche marginal.*

*Les cultures intermédiaires utilisées à vocation énergétique sont à différencier des cultures dites « dédiées » qui sont des cultures principales utilisées exclusivement pour un usage énergétique. Ces dernières soulèvent différentes questions sur l'intensification des systèmes agricoles et la concurrence possible avec l'usage alimentation notamment, ou l'usage fourrage (qui est aussi une question soulevée par les cultures intermédiaires).*

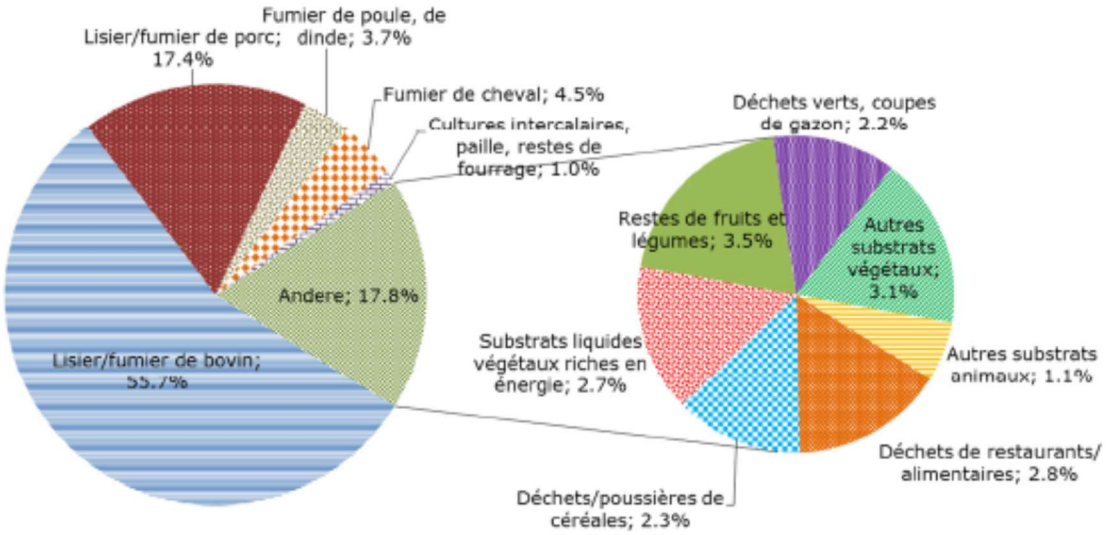



**Figure 5.** Etude Benchmarking du biogaz 2015 [12] Emploi de substrats des installations de biogaz participantes en 2015.

Concernant les installations de traitement de biodéchets, des statistiques au niveau suisse ne sont pas disponibles. Cependant, le retour d'expérience indique que l'alimentation de ces installations est conformée par environ 1/3 de biodéchets et environ 2/3 de déchets verts [2].

Quant aux quelques installations industrielles existantes, elles prétraitent ses effluents par méthanisation (industrie de transformation du lait, industrie des boissons, industrie pharmaceutique, etc.), ceci leur permettant d'abattre une partie importante de sa charge en matière organique et de réduire les frais de gestion de ces effluents en aval.

Production d'énergie

L'inventaire établi chaque année par l'Office fédéral de l'énergie au sujet de la production des énergies renouvelables en Suisse, fait état pour la méthanisation d'une production se situant, à fin 2019, à 1516 GWh de biogaz [3]. Selon des études récentes sur le potentiel disponible de biomasse en Suisse, la production d'énergie à partir des déchets méthanisables pourrait être multipliée par trois par rapport aux valeurs actuelles [4], l'apport des déchets d'origine agricole étant notamment important. Actuellement, les substrats utilisés pour la production de biogaz proviennent principalement de la digestion des boues dans les stations d'épuration des eaux usées. La contribution de la biomasse agricole et des biodéchets est également importante.

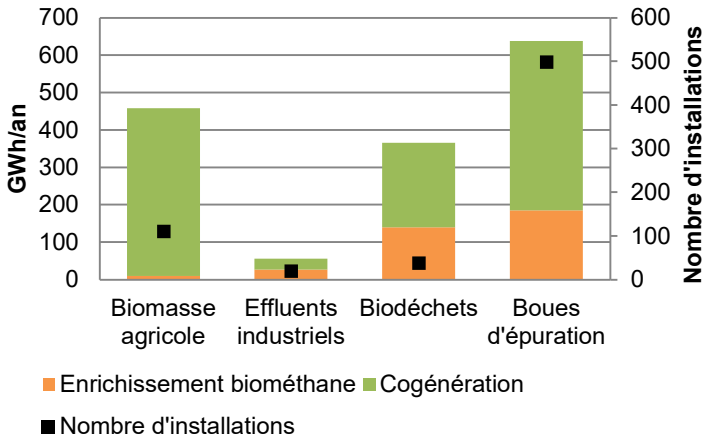



**Figure 6.** Distribution de la production d'énergie brute par typologie d'installation de méthanisation (soit en fonction des intrants), répartition des technologies de valorisation du biogaz, et nombre d'installations (Données issues de [3]).

En tant que technologie de valorisation du biogaz, la cogénération d'électricité et de chaleur est la plus pratiquée. En 2019, la production totale d'électricité et de chaleur effectivement valorisée atteignait 371 $GWh_{él}$ et 345$GWh_{th}$ respectivement. Sur le total de production d'électricité renouvelable, très liée à la production d'électricité hydraulique en Suisse, le biogaz a une contribution faible (< 2%). La puissance totale installée étant d'environ 75 $MW_{él}$, la taille moyenne des installations de cogénération est de 175 $kW_{él}$.

Depuis 10 ans, en Suisse, de plus en plus d'installations de méthanisation choisissent de valoriser le biogaz produit en injectant du biométhane dans le réseau de gaz. Ainsi, environ 1/3 de la production brute de biogaz des installations de méthanisation de biodéchets et de méthanisation des boues d'épuration est consacrée à l'injection dans le réseau de gaz du biométhane produit par épuration du biogaz. Cette filière de valorisation n'est guère pratiquée dans les installations de méthanisation agricole.

En 2018, la quantité de biométhane injectée dans le réseau de gaz équivalait à 325 $GWh_{PCS}$. Le gaz injecté est principalement utilisé pour la mobilité et le chauffage, avec une répartition d'environ 15% et 85% respectivement [13]. Par rapport au gaz naturel consommé en Suisse, la part de gaz renouvelable indigène injecté représentait 1% du total en 2018 [3]. Concernant la taille des installations, celles traitant de biodéchets ont une capacité d'injection moyenne de 125 $Nm^3/h$ biométhane. Celles de méthanisation de boues d'épuration ont une capacité d'injection d'environ 50 $Nm^3/h$ biométhane.

Coûts de production

En Suisse, l'association faitière de la branche de la méthanisation et du compostage, Biomasse Suisse, met à jour périodiquement les coûts d'exploitation de ces installations [14]. Le coût de production du biogaz se situe pour les différentes installations analysées entre 9 et 15 ct CHF/kWh$_{PCI}$ (entre 90 et 150 CHF/MWh$_{PCI}$), ou entre 29 et 50 ct CHF/kWh$_{él}$ (entre 290 et 500 CHF/MWh$_{él}$) – coûts actualisés, y compris les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation exprimés par énergie du gaz ou énergie électrique produite.

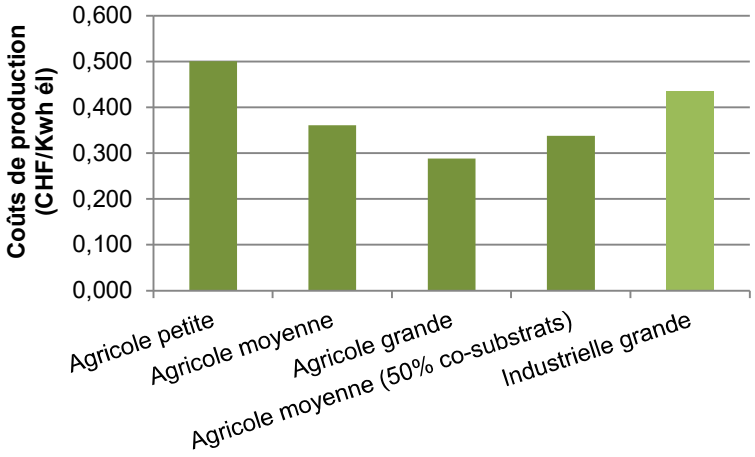



**Figure 7**. Coûts de production d'électricité de chaque type d'installation de biogaz. Capacité de traitement d'installations agricoles de taille petite, moyenne et grande concernent 5000, 8000 et 12000 t/an respectivement. Installation industrielle de grande taille concerne 20000 t/an [14].

Concernant le biométhane, les retours de l'industrie gazière indiquent un prix de production d'environ 13 ct CHF/KWh$_{PCS}$ biométhane. Cependant, l'évaluation de ce prix est issue des données de grosses installations de méthanisation de boues d'épuration ou de biodéchets. De ce fait ces données ne sont pas représentatives des installations de petites et moyennes tailles. Pour des installations agricoles, des prix d'environ 22 ct CHF/KWh$_{PCS}$ biométhane ont été estimés pour des études précédentes [15].

Produits de la méthanisation

Mis à part les produits énergétiques de l'installation de méthanisation (électricité, chaleur, biométhane, biométhane carburant), d'autres recettes sont envisageables pour l'installation :

- Redevances de traitement pour la prise en charge des produits à méthaniser (notamment biodéchets ou potentiellement certains co-substrats) ;
- Prix de vente du digestat, notamment pour les installations industrielles (env. 2 CHF/m$^3$ pour le digestat liquide et pour le compost agricole produit à partir du digestat solide) [16];
- Prix de vente de la chaleur
- Vente de certificats de réduction d'émissions de $CO_2$, les installations de biogaz agricole étant un des types de projets permettant la compensation des émissions de gaz à effet de serre.
- Participation au marché de l'énergie de réglage, créé pour assurer une stabilité du réseau électrique (injection identique à la consommation) [17].

Organisation et acteurs de la branche méthanisation

La filière de la méthanisation comprend dans son périmètre un nombre important d'acteurs, directement ou indirectement. Chacun a un rôle spécifique dans le fonctionnement et le développement de la filière

et peut être présenté en tant que bénéficiaire potentiel des externalités. La figure 8 schématise les liens entre les différents acteurs.

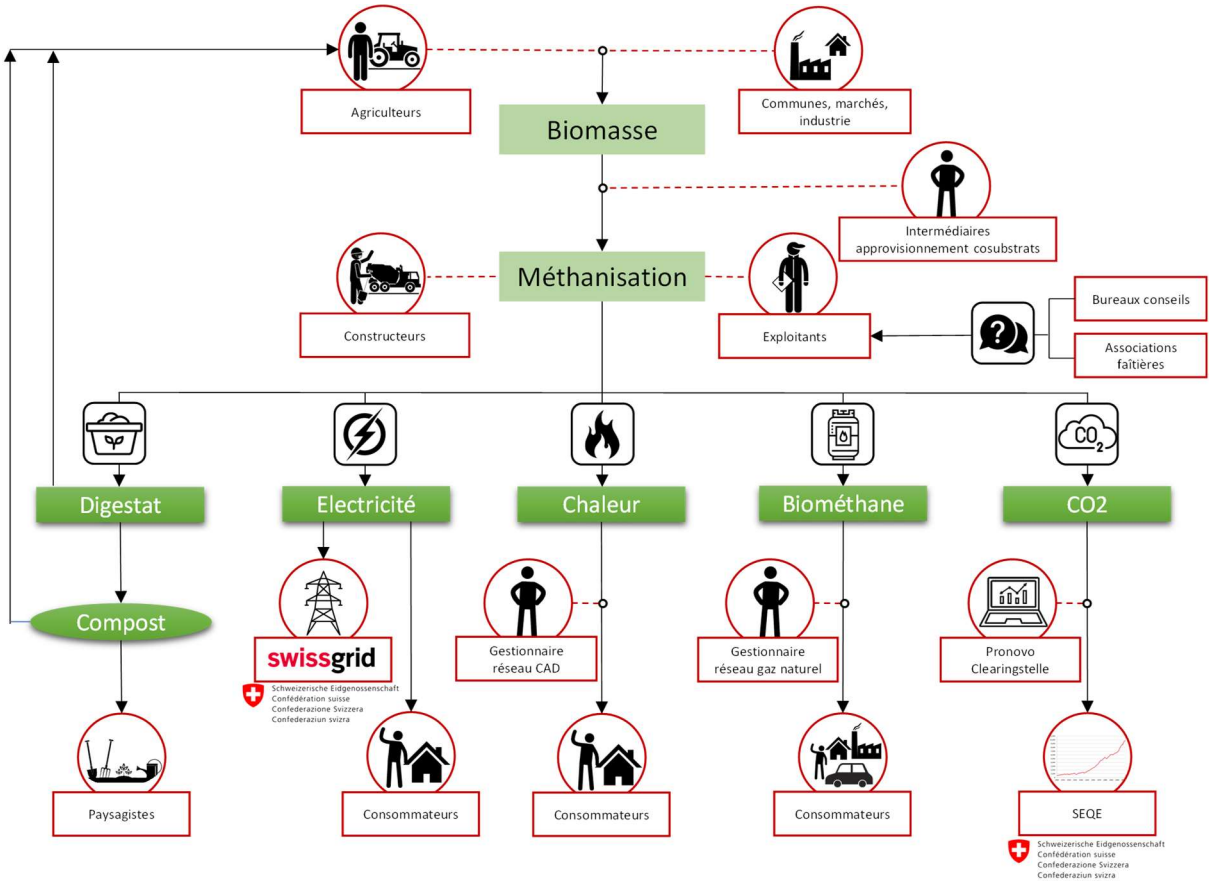



**Figure 8.** Acteurs directement et indirectement impliqués dans le périmètre de la filière méthanisation.

### 3.1.4 Cadre réglementaire

Les installations de méthanisation sont soumises aux textes règlementaires suivants : la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) ; l'Ordonnance relative à l'étude d'impact sur l'environnement (OEIE) ; la Loi sur l'aménagement du territoire (LAT) et l'Ordonnance sur l'aménagement du territoire (OAT) ; ainsi que d'autres textes réglementaires concernant en particulier la provenance des substrats (OLED, OSPA, LPE, OMoD), les mesures hygiéniques, ou encore la gestion du digestat (ORRChim ; OEng ; Olen ; OPD).

Les textes réglementaires ayant un lien avec les services rendus par la méthanisation (sur le plan énergétique, climatique, agronomique et socio-économique) sont présentés de manière synthétique.

**Loi sur la protection de l'environnement (LPE)** : cette loi fédérale contient la plupart des règles pour le traitement des déchets. L'ordonnance pour la protection contre le bruit, la protection de l'air et le traitement des déchets s'y réfèrent.

**Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) :** Elle pose les limites pour les émissions de polluants. Si aucune limite n'est fixée, les émissions sont considérées excessives si elles entrainent des conséquences telles que des effets nocifs pour les êtres vivants ; des plaintes de la population ; l'endommagement de bâtiments ; des effets négatifs pour la fertilité du sol, la végétation ou les eaux.

**Loi sur la protection des eaux (LEaux) :** Elle indique les exigences sur la capacité de stockage des engrais de ferme, afin de prévenir l'épandage de ces matières lors de périodes où les conditions climatiques sont défavorables. Les limites d'épandage par ha sont également indiquées. Elle pose les conditions à respecter pour la préservation des eaux superficielles et souterraines.

**Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED)** : Concernant les biodéchets, elle pose l'obligation de réaliser une valorisation matière ou énergie (par méthanisation) de ces substances. Une aide à l'exécution de cette loi propose la « Liste de déchets se prêtant au compostage ou la méthanisation », indiquant la pertinence des procédés de méthanisation mésophile et thermophile, de compostage intensif ou en bord de champ, et de co-digestion en station d'épuration d'eaux usées. Ceux qui n'y figurent pas doivent faire l'objet d'une autorisation.

**Ordonnance concernant les sous-produits animaux (OSPA) :** Elle vise à garantir que les sous-produits animaux (SPA) ne mettent pas en danger la santé humaine et animale, permettant d'autant que possible sa valorisation. Un traitement thermique par stérilisation ou par hygiénisation est requis en fonction de la catégorie de SPA. Pour ceux de catégorie 3, des dérogations à cette obligation peuvent être accordées par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires si un procédé de transformation a prouvé un effet comparable sur l'hygiène. Les procédés de méthanisation thermophile Kompogas et BEKON sont autorisés et sont exempts de l'obligation.

**Loi sur l'énergie (LEne) :** La loi de base concernant toutes les activités autour de la réduction de la consommation de l'énergie et la promotion des énergies renouvelables. Les gestionnaires des réseaux de gaz sont tenus d'accepter le biométhane injecté, sous certaines conditions de qualité.

**Ordonnance sur l'énergie (OEne) :** Règle entre outre les détails relatifs à la rétribution à prix coûtant de l'électricité renouvelable.

**Loi et Ordonnance sur l'imposition des huiles minérales (Limpmin et Oimpmin) :** Le biogaz, le biodiesel et le bioéthanol sont exonérés de l'impôt sur les huiles minérales. Le gaz naturel et le gaz liquide bénéficient, quant à eux d'un allègement de cet impôt par litre d'équivalent essence. Ces mesures ont pour but de diminuer les émissions de $CO_2$, ozone et de particules fines.

**L'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) :** Les produits de valorisation des déchets organiques sont définis. L'ordonnance définit les valeurs limites et indicatives pour le compost, le digestat et les engrais de ferme. L'interdiction de la remise de boues d'épuration comme engrais y est indiquée.

**Ordonnance sur les engrais (OEng) :** Elle définit les exigences sur la qualité des digestats, les valeurs de référence, les obligations de déclaration de même que l'identification et les tâches du détenteur. Elle distingue entre les engrais de ferme (issus d'une digestion agricole avec moins de 20% de co-substrats) et les engrais de recyclage (devant alors respecter les exigences établies par l'ORRChim).

**L'ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture (OPD) :** Elle détaille les conditions de versement des paiements directs, que les agriculteurs reçoivent s'ils respectent certaines exigences environnementales, appelées prestations écologiques requises, qui concernent notamment la protection des végétaux, la fertilisation des sols, l'élevage et la biodiversité.

**Loi sur le $CO_2$** (échéance en fin 2021, projet de révision de la loi refusé par référendum en juin 2021) : La révision doit redéfinir les objectifs de diminution des gaz à effet de serre, et prévoir des mesures dans le domaine du bâtiment, des transports et de l'industrie. La taxe sur le $CO_2$ est l'un des principaux instruments (prélevée sur les combustibles fossiles). La loi pose également les bases sur le système d'échange de quotas d'émission et compensation des émissions de $CO_2$.

Les précédents textes réglementaires devaient être accompagnés par une suite d'orientations sur la Politique agricole à partir de 2022 (PA2022+), ayant pour but la diminution de l'empreinte écologique du milieu agricole et la création de la valeur ajoutée. Cette politique a été mise en suspens jusqu'au printemps 2023. Différents axes d'action concernant la politique agricole sont en rédaction par l'Office

fédéral de l'agriculture (OFAG), qui seront inclus dans un rapport au bénéfice du Conseil Fédéral. Les décisions sur ces propositions feront l'objet de modifications, consultations, ce qui rendrait la mise en vigueur de nouvelles mesures pas plus tôt que 2026. Plusieurs initiatives populaires très liées aux activités agricoles, et ayant potentiellement des répercussions pour la filière biogaz, ont fait également l'objet de consultations en juin 2021 : l'initiative pour une eau potable propre (limitation de la fertilisation avec engrais chimiques, limitation des paiements directs) et l'initiative populaire pour l'interdiction des pesticides de synthèse ; les deux ont été refusées par le peuple. En votation en 2022, l'initiative en faveur de la biodiversité interdirait la construction de nouvelles structures en zone agricole (soit hors zone à bâtir).

#### 3.1.5 Cadre incitatif

En Suisse, la reconnaissance, les outils de promotion et les mécanismes de soutien en faveur des énergies renouvelables, dont le biogaz, proviennent de la Confédération, des Cantons ou des Communes ainsi que d'organismes privés. Ils sont principalement constitués par :

- Le système de rétribution de l'injection (SRI) de l'électricité renouvelable, mécanisme qui prendra fin en 2022 ;
- Les aides à l'investissement pour la production d'énergie renouvelable de la part de collectivités publiques (p.ex. programmes cantonaux) ;
- Les prêts sans intérêts de la Confédération pour l'investissement d'exploitations de biogaz agricoles ;
- La taxe $CO_2$, qui renchérit le prix des énergies fossiles et ainsi rend plus compétitif le prix des solutions renouvelables. Le biogaz et le biométhane en sont exemptés. Le montant de la taxe est de 36 à 120 CHF par tonne de $CO_2$ en fonction de l'atteinte des objectifs (le montant s'élevait à 96 CHF/t en 2018) ;
- L'exemption de la taxe $CO_2$ lorsque des mesures de réductions des émissions de gaz à effet de serre sont engagées par les entreprises suisses (seulement possible jusqu'à fin 2021 suite au rejet de la loi sur le $CO_2$);
- Les certificats de réduction de $CO_2$, qui sont utilisés pour compenser les émissions de gaz à effet de serre des grandes entreprises ou d'autres acteurs et qui sont générés grâce notamment au développement du renouvelable, dont le biogaz ;
- Les certificats renouvelables et leur reconnaissance, qui confirment l'origine renouvelable du gaz ;
- Le système de garanties d'origine pour l'électricité renouvelable. Il permet la traçabilité et garantit son origine renouvelable ;
- Le registre de la « Clearingstelle », qui comptabilise le biométhane injecté et vendu en Suisse ainsi que ses importations (ces dernières n'étant pas reconnues aujourd'hui en tant que gaz renouvelable pour le biométhane « virtuel »). Il permet la traçabilité et garantit son origine renouvelable, sur la base du certificat renouvelable ;
- L'obligation faite par certaines communes de se raccorder à des réseaux énergétiques (p.ex. réseaux de chauffage à distance) ;
- L'obligation d'achat qui contraint les opérateurs de réseau à acheter l'énergie issue de centrales de production d'énergie renouvelable (selon la Loi sur l'énergie) ;
- Aides à l'investissement et à l'exploitation de l'ASIG - pour les producteurs de gaz renouvelable pendant les 3 premiers ans d'exploitation et sur la base de la capacité de production.

Le prix du certificat renouvelable correspondant au biométhane est estimé actuellement à environ 8 ct/kWh pour les différents fournisseurs, sur la base du prix du gaz naturel et du prix de production du

biométhane (min. 13 ct/kWh). Résultat du prix élevé pour le consommateur, la demande de ces certificats est très faible [9].

Comme indiqué précédemment, la plupart des installations de méthanisation en Suisse valorisent le biogaz sous forme d'électricité et de chaleur. La fin du système de rétribution à prix coûtant en 2022, dont la plupart des installations agricoles bénéficient, obligera les exploitants de ces installations à rechercher des solutions pour garantir la pérennité de leurs exploitations. Ces solutions peuvent concerner deux pistes principales (i) l'amélioration technologique permettant d'améliorer le bilan énergétique de l'installation (ii) l'amélioration de la rentabilité économique, grâce à une augmentation du prix de vente de l'énergie produite. Pour ce dernier, la prise en compte des externalités de la filière méthanisation pourrait jouer un rôle important.

Récemment, l'étude de l'OFEN « Stärken und Schwächen von Biogasanlagen » a été élaborée par EBP [18]. Cette étude documentaire relève les atouts et les points faibles connus pour les installations de méthanisation. Elle précise que les différents produits de la méthanisation (énergie, engrais organiques, équivalents $CO_2$, traitement des déchets organiques …) trouvent actuellement des acheteurs, mais le niveau de revenu n'est pas clair. Elle souligne également que, sur le plan climatique, les informations disponibles concernant les émissions de gaz à effet de serre de la filière méthanisation en Suisse ne sont pas complètes (car une approche sur toute la chaine de production manque) et que le prix du biogaz prend seulement en compte la production énergétique. Identifier les externalités et pouvoir leur donner une valeur économique permettra de contribuer à donner la juste valeur à la méthanisation et ses produits. C'est le but des chapitres suivants de qualifier ce que sont ces externalités.

## 3.2 Phase 1 : Présentation des externalités de la filière méthanisation

### 3.2.1 Définition d'une externalité

Au sens économique, les externalités correspondent aux effets secondaires générés par l'activité principale d'un acteur économique procurant à autrui, et sans contrepartie monétaire, une utilité ou au contraire une nuisance. Une externalité peut donc être positive, comme négative et est toujours exprimée selon un bénéficiaire clairement identifié.

Il est possible de monétariser les externalités, c'est-à-dire leur attribuer une valeur monétaire représentant le niveau de bénéfice (ou de nuisance) généré(e). Cette approche permet notamment de mieux appréhender les impacts positifs comme négatifs générés par une activité. Il s'agit d'un exercice qui peut s'avérer complexe, nécessitant potentiellement des discussions entre parties prenantes pour s'entendre sur la valeur à attribuer à l'externalité.

Lorsque la valeur d'une externalité est intégrée dans les paramètres de marché, on parle d'internalisation de l'externalité. Cela a notamment pour objectif d'inciter les acteurs à stimuler (dans le cas des bénéfices) ou minimiser (dans le cas des nuisances) les externalités concernées.

Dans un premier temps, le présent rapport a ainsi vocation à cartographier de manière large l'ensemble des bénéfices et des nuisances potentiels générés par les unités de méthanisation, au-delà de leur fonction principale. Selon les typologies d'unités et du contexte, l'activité principale d'un projet de méthanisation peut en effet être :

- La production d'énergie
- La gestion / traitement de déchets (soit des déchets organiques ou des sous-produits organiques)

Certains des bénéfices et des nuisances listés dans cette cartographie ne répondent pas stricto sensu à la définition d'externalité susmentionnée. En effet :

- Dans certains cas les bénéficiaires identifiés sont les parties prenantes du projet et non des acteurs extérieurs

- Certaines des externalités pourraient déjà être considérées com.me faisant l'objet d'une contrepartie monétaire.

Ces nuances seront détaillées au cas par cas dans la suite du rapport. Le terme externalités est donc utilisé de manière plus large dans le présent rapport pour évoquer les services rendus ou les coûts engendrés par les unités de méthanisation (au-delà de la production d'énergie et du traitement des déchets).

L'ensemble des bénéfices et des nuisances identifiés seront mis en regard des bénéficiaires, que l'on distinguera selon les catégories suivantes :

- Collectivité (soit communes / cantons / Confédération)
- Exploitants de l'unité
- Producteurs de déchets
- Consommateurs d'énergie
- Riverains

Si les externalités sont toujours qualifiables (qualification de l'impact potentiel), leur quantification voire leur monétarisation présente parfois des enjeux méthodologiques importants : certaines externalités ne sont en effet pas directement quantifiables (*a fortiori* monétarisables), ne concernant pas des grandeurs physiques ou monétaires facilement mesurables. Ainsi, l'absence de monétarisation ne présuppose pas la faiblesse du bénéfice ou de la nuisance associée à l'externalité évaluée, mais traduit plutôt la difficulté à quantifier son impact. Ces enjeux méthodologiques sont détaillés dans la suite du rapport, externalité par externalité.

#### 3.2.2 Différentes catégories d'externalités

Les différentes externalités identifiées ont été organisées selon 4 grandes catégories, présentées ci-dessous :

- Agronomie
- Environnement
- Socio-économie
- Énergie

L'ensemble des externalités couvertes dans ce document est répertorié et détaillé dans le tableau ci-dessous. Chaque externalité fait l'objet d'une fiche spécifique, dont la référence est rappelée dans le tableau.

| Catégorie | Externalité | Réf. | Description sommaire |
|---|---|---|---|
| AGRONOMIE | Diminution du recours aux engrais minéraux | **AGR.1** | *De par notamment la transformation de l'azote organique contenu dans les intrants en une forme plus facilement assimilable par les plantes (minéralisation), la méthanisation permet la production d'un digestat présentant un pouvoir fertilisant supérieur à celui des intrants non digérés. L'usage de ce digestat permet ainsi de diminuer le recours aux engrais de synthèse.* |
| | Évolution de la teneur en matière organique des sols | **AGR.2** | *Le processus de méthanisation impacte de manière très réduite la restitution de carbone stable au sol par épandage de digestat, par rapport à l'épandage d'effluents non traités. Les cultures intermédiaires permettent une augmentation du stockage de carbone à long terme.* |
| | Bénéfices agronomiques liés aux cultures intermédiaires (si utilisées) | **AGR.3** | *Les cultures intermédiaires présentent plusieurs avantages d'ordre agronomique (compétition avec adventices, limitation de l'érosion du sol, renforcement de l'activité biologique des sols). En offrant un débouché énergétique à ces cultures, la méthanisation favorise leur développement.* |
| | Levier de transition vers l'intégration de pratiques agroécologiques | **AGR.4** | *Le développement d'unités de méthanisation introduit une modification des pratiques et potentiellement du matériel (épandage, stockage …) dans les zones concernées. Notamment, la mise en place de méthanisation agricole favorise la transition vers des pratiques agroécologiques renforcées.* |
| ENVIRONNEMENT | Réduction des émissions de gaz à effets de serre | **ENV.1** | *La méthanisation permet la production d'un gaz renouvelable. L'analyse de l'ensemble de la chaine de valeur de la méthanisation permet de mettre en évidence de fortes réductions des émissions de gaz à effets, quelles que soient les typologies et voies de valorisation concernées.* |
| | Impact sur la pollution azotée des eaux | **ENV.2** | *La méthanisation permet la production d'un digestat particulièrement assimilable par les plantes. L'introduction de nouvelles pratiques et nouveaux matériels peut permettre un pilotage plus fin de la fertilisation, en adaptant mieux les apports aux besoins effectifs des plantes. La méthanisation peut également favoriser l'introduction de cultures intermédiaires, qui constituent un moyen éprouvé pour limiter la lixiviation.* |
| | Hygiénisation des intrants | **ENV.3** | *Le processus de digestion anaérobie permet de réduire la concentration en agents pathogènes des intrants traités. Selon les conditions opératoires et la voie choisie (mésophile, thermophile), l'effet d'hygiénisation est plus ou moins fort.* |
| | Impact sur les odeurs liées aux activités agricoles | **ENV.4** | *Le respect des temps de séjour de la matière dans les digesteurs permet d'obtenir un produit final (digestat) moins odorant que les effluents non traités (notamment fumiers et lisiers). Les nuisances olfactives à l'épandage peuvent ainsi être significativement réduites.* |
| | Bénéfices environnementaux liés | **ENV.5** | *Les cultures intermédiaires présentent plusieurs avantages d'ordre environnemental (favorise les populations d'insectes* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | aux cultures intermédiaires (si utilisées) | | *pollinisateurs, développement de la biodiversité du sol, abris pour la faune de prairie). En offrant un débouché énergétique à ces cultures, la méthanisation favorise leur développement.* |
| **SOCIO-ECO.** | Création d'emploi et génération d'activité économique | **SE.1** | *La méthanisation permet la création d'emplois locaux directs, indirects et induits, dont une partie est par ailleurs non délocalisable. Certains emplois locaux sont de surcroît créés dans des zones où l'accès au travail peut représenter un enjeu particulier.* |
| | Contribution à la résilience des exploitations agricoles | **SE.2** | *Le développement d'une unité de méthanisation permet d'assurer un revenu supplémentaire aux exploitants, au-delà de leur activité principale. Au-delà de l'impact économique, plusieurs autres effets peuvent contribuer à améliorer la résilience des exploitations agricoles.* |
| | Évolution des charges de traitement des déchets | **SE.3** | *Dans certains cas (notamment unités agricoles avec co-digestion), le développement d'unités de méthanisation peut représenter une opportunité pour les producteurs de biodéchets voisins de réduire leurs charges liées au traitement de ces déchets (baisse de charge par rapport à traitement de référence, voir vente de certains déchets à fort pouvoir méthanogène).* |
| | Nuisances aux riverains des projets | **SE.4** | *Le développement d'un projet de méthanisation peut engendrer des nuisances diverses (odeurs, bruit, trafic) qui nécessitent d'être atténuées par la mise en place de mesures appropriées.* |
| **ÉNERGIE** | Contribution à l'indépendance énergétique et la balance commerciale nationale | **ENER.1** | *La production d'une énergie renouvelable sur le territoire national permet de renforcer l'indépendance énergétique et réduire les importations de gaz et électricité. La balance commerciale se retrouve également positivement impactée.* |
| | Valorisation des infrastructures gazières existantes | **ENER.2** | *La méthanisation permet de produire un gaz renouvelable, pouvant être injecté sur le réseau en cas d'épuration appropriée. Dans un contexte de diminution attendue de la consommation de gaz fossile, la méthanisation permet de maintenir un certain niveau d'utilisation des infrastructures gazières et ainsi limiter la hausse des taxes associées.* |
| | Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable | **ENER.3** | *Le biogaz et notamment le biométhane constituent une énergie renouvelable, non variable et potentiellement stockable (gazomètre ; réseau de gaz). Les énergies renouvelables électriques intermittentes peuvent nécessiter des coûts d'adaptation réseau importants, à comparer aux coûts d'adaptation des infrastructures gazières pour accueillir le biométhane injecté (maillage du réseau, installation de rebours…).* |
| | Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires | **ENER.4** | *Les projets de méthanisation sont généralement multi-acteurs et ancrés dans leur contexte territorial. Ces projets peuvent ainsi initier ou catalyser les réflexions locales sur la transition énergétique (ex. : utilisation du $CO_2$ d'épuration, collecte des biodéchets, mobilité durable …).* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Effacement d'énergies fossiles | **ENER.5** | *La méthanisation permet de substituer des énergies (électricité, gaz) fossiles par des énergies renouvelables. En particulier, cela permet à des acteurs (ex. : usine, collectivité) d'effacer de manière quantifiable des énergies fossiles et réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. En particulier, la méthanisation peut également permettre de décarboner des usages gaz non ou difficilement électrifiables.* |

**Tableau 1.** Liste des externalités identifiées de la méthanisation

### 3.2.3 Externalités « Agronomie »

| Réf. AGR.1 | Diminution du recours aux engrais minéraux | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *De par notamment la transformation de l'azote organique contenu dans les intrants en une forme plus facilement assimilable par les plantes (minéralisation), la méthanisation permet la production d'un digestat présentant un pouvoir fertilisant supérieur à celui d'intrants non digérés. L'usage de ce digestat permet de diminuer le recours aux engrais de synthèse.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Exploitants/agriculteurs |

**L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont trois éléments nutritifs indispensables au développement des plantes**. Communément regroupés sous le terme NPK, ces éléments sont naturellement présents dans l'environnement. Afin d'optimiser les rendements agricoles, un apport externe de NPK est généralement assuré par l'application d'engrais minéraux, issus de l'industrie chimique. Ces engrais représentent toutefois un investissement pour les agriculteurs, et présentent un bilan carbone significatif.

**Lors du processus de digestion anaérobie propre au procédé de méthanisation, la quantité d'azote est conservée, mais sa forme varie**. En effet, une partie de l'azote organique présent dans les substrats est transformée en azote ammoniacal, une forme mieux assimilable par les plantes (et aussi plus volatile, cf. ENV.4). Le digestat présente ainsi une meilleure valeur fertilisante que les effluents non méthanisés et peut donc contribuer à réduire les apports en engrais chimiques. La valeur fertilisante est représentée par le coefficient d'équivalence en engrais minéral (Keq), qui exprime l'efficacité relative de l'engrais organique par rapport à un engrais minéral de référence. Cette dernière dépend également de la culture réceptrice, de la période d'apport et de l'enfouissement ou non du produit. Sur un échantillon de 137 digestats étudiés par l'ADEME en 2011, le Keq moyen constaté s'élevait à 65%. [20]

**Dans le cas des digestats, cette valeur fertilisante varie largement selon les cas considérés, et est notamment liée au type d'intrants méthanisés, aux méthodes de post-traitement du digestat et aux modalités d'épandage.** Le post-traitement du digestat par séparation de phase permet d'obtenir 2 produits; un solide et un liquide, aux caractéristiques complémentaires : la phase solide constitue un meilleur amendement (cf. teneur en carbone), tandis que la phase liquide présente un pouvoir fertilisant (N) plus important.

**Le respect de certaines bonnes pratiques (pré/post-traitement, épandage …) permet de maximiser la valeur fertilisante du digestat produit, mais également de réduire les risques de lixiviation** (gestion maitrisée de l'apport en azote) et les risques d'émission d'ammoniac (épandage par pendillard, enfouisseur,…).

Cette minéralisation de l'azote permet d'envisager des baisses de consommation d'engrais azotés significatives. L'étude MéthaLAE a mis en évidence une baisse de la fertilisation par engrais azotés de 1 à 30% selon le type d'exploitation considéré (sur un échantillon de 46 exploitations) [21].

Dans une moindre mesure, **la méthanisation a également un effet sur les apports en phosphate et en potassium**. En particulier, le phosphore contenu dans les digestats est considéré comme 100% substituable aux engrais phosphatés [22]. Peu d'éléments existent toutefois sur la comparaison de l'efficacité fertilisante phosphatée des digestats relativement aux autres produits organiques. De plus ce point constitue un enjeu moindre par rapport à l'azote.

La méthanisation peut avoir comme effet de concentrer certains éléments compris dans les intrants, en raison de la valorisation d'une partie de la matière organique sous forme de méthane. Notamment, les éléments trace métalliques (Cu, Zn, Pb, Au, Cr, …) ne sont pas dégradés par le processus de méthanisation. Il est donc nécessaire de respecter les cadres normatifs en place. Certains processus de prétraitement ou post-traitement peuvent également contribuer à diminuer les concentrations en éléments traces métalliques (ETM) ou autres éléments étrangers.

**La méthanisation est également complémentaire du compostage.** Les deux voies de traitement sont plus ou moins adaptées selon le type de déchets traités, et permettent d'obtenir des produits finaux aux

caractéristiques distinctes (propriétés amendantes pour le compost, fertilisantes et/ou amendantes pour le digestat selon le post-traitement).

Une étude réalisée par le FIBL en 2020 a également reconnu le potentiel lié à l'utilisation de digestat liquide pour des applications de maraîchage, biologique notamment [19]. Le travail a mis en évidence qu'à condition de respecter certaines conditions d'usage, des économies substantielles pouvaient être réalisées :

- Sur les tomates cultivées en serre (-88% soit 4 000 à 5 200 CHF/ha)
- Sur les salades cultivées en serre (-80% soit 1 000 à 1500 CHF/ha)

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

La monétarisation de cette externalité peut être effectuée de manière relativement directe, en évaluant les économies permises par la réduction de l'usage d'engrais chimiques. Le niveau de substitution constaté varie toutefois largement selon les projets et les contextes.

En Suisse, l'épandage des boues de STEP n'est pas autorisé. Cette externalité concerne ainsi les exploitations agricoles, celles traitant des biodéchets et éventuellement les unités industrielles.

| Réf. AGR.2 | Évolution de la teneur en matière organique des sols | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Le processus de méthanisation impacte de manière très réduite la restitution de carbone stable au sol par épandage de digestat, par rapport à l'épandage d'effluents non traités. Les cultures intermédiaires permettent une augmentation du stockage de carbone à long terme.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Neutre/Positif | Exploitants/agriculteurs |

**Le sol est composé de trois catégories de matières organiques : la matière organique vivante, celle facilement dégradable et la matière organique stable.**

**Cette matière organique est importante à plusieurs titres, contribuant notamment au stockage de carbone dans les sols à long terme** (enjeu climatique), à la **structuration du sol**, à **l'activité biologique**, ou encore la **fertilité des sols**.

**La capacité d'un produit à entretenir les stocks de carbone des sols est évaluée par sa valeur amendante**. Cette dernière est fonction de la quantité et de la qualité des matières organiques présentes dans le produit.

**La valeur amendante (mais également fertilisante) des digestats varie significativement selon les intrants considérés**. Le post-traitement du digestat permet parfois d'obtenir deux produits aux caractéristiques distinctes : une phase solide utilisée comme amendement, et une phase liquide utilisée comme fertilisant organique (cf. fiche AGR.1 sur la fertilisation).

**Lors du processus de méthanisation, une majorité de la matière organique facilement dégradable est valorisée en méthane. Toutefois, le processus a également pour effet de stabiliser la matière organique.** En particulier, la lignine (constituant de l'humus) n'est pas décomposée lors de la méthanisation. La quantité totale de carbone est donc réduite par rapport aux intrants, mais la quantité de carbone stable (à même d'alimenter le stock de carbone du sol) sera augmentée. Plusieurs programmes et travaux ont ainsi mis en évidence un impact globalement neutre sur la teneur en matière organique des sols entre digestats et épandage d'autres produits résiduaires organiques [21,23,24].

La littérature reste relativement limitée sur le sujet, notamment en raison de la nécessité d'évaluer ces effets sur le long terme. **Toutefois, plusieurs études tendent à démontrer que l'usage de digestats par rapport à des produits organiques non méthanisés n'a que très peu d'impact sur l'évolution de la teneur en carbone des sols.** C'est le cas par exemple des études réalisées par l'Observatoire national des sols (NABO) en Suisse, qui portent sur le suivi régulier de la qualité des sols. Les résultats issus de 25 ans de suivi montrent comment la teneur en carbone organique des sols est variable en fonction des pratiques agricoles et des propriétés du sol. Il conclut qu'en tout cas les résultats n'indiquent pas une perte généralisée de la teneur en carbone des sols pour les surfaces cultivées et que les variations sont liées aux pratiques de fertilisation [25].

**L'introduction de cultures intermédiaires (pour valorisation en méthanisation) permet d'augmenter le stock de carbone à long terme dans les sols considérés**. Ceci s'explique notamment par la restitution du carbone racinaire et de la chaume (tige) [26]. En comparaison à des cultures de couvert classiques, le stockage de carbone dans le sol est supérieur, à condition que du digestat soit rapporté à la parcelle [27].

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

L'épandage de digestat s'avère globalement neutre sur l'évolution de la matière organique dans les sols.

La contribution des cultures intermédiaires à l'augmentation du stock de carbone à long terme pourra quant à elle être prise en compte dans l'externalité portant sur les émissions de gaz à effet de serre.

| Réf. AGR.3 | Bénéfices agronomiques liés aux cultures intermédiaires | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Les cultures intermédiaires présentent plusieurs avantages d'ordre agronomique (compétition avec adventices, limitation de l'érosion du sol, renforcement de l'activité biologique des sols). En offrant un débouché énergétique à ces cultures, la méthanisation favorise leur développement.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole - Biodéchets - Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Exploitants/agriculteurs |

**Les cultures intermédiaires sont des couverts végétaux utilisés entre deux cultures principales, et récoltés pour faire l'objet d'un usage énergie** (méthanisation en l'occurrence). Les cultures intermédiaires ne se substituent donc pas aux cultures principales (alimentaires). En Suisse, la mise en place de couverts végétaux est relativement répandue, mais la valorisation en méthanisation n'est que marginale, voire inexistante. Les cultures intermédiaires peuvent être cultivées par les porteurs de projet, mais également par des agriculteurs partenaires, revendant alors leur production de cultures intermédiaires à une exploitation.

Les cultures intermédiaires se distinguent notamment d'autres cultures de couvert par le fait que la production est récoltée et exportée en méthanisation, avant potentiel retour au sol sous forme de digestat.

**En offrant un débouché énergétique à ces cultures, la méthanisation favorise leur développement.** L'introduction de couverts végétaux présente de nombreux avantages, tant agronomiques qu'environnementaux. Au-delà des effets déjà caractérisés par ailleurs (matière organique des sols, qualité de l'eau, diversification des revenus …), les cultures intermédiaires présentent plusieurs effets agronomiques :

- **Les cultures intermédiaires entrent en compétition avec les adventices** et permettent ainsi de limiter leur développement. Cet effet s'explique par une compétition sur les ressources disponibles (eau, lumière, nutriments) et par allélopathie[4] [28].
- **Les cultures intermédiaires contribuent à limiter l'érosion hydrique des sols et à garantir une meilleure structuration de ces derniers.** En particulier, les couverts protègent le sol de l'action des gouttes de pluie, et le système racinaire permet de renforcer l'état structural des sols [27,29,30].
- **Les cultures intermédiaires permettent de renforcer l'activité biologique des sols ainsi que la macro-biodiversité** (vers de terre notamment). Une attention particulière doit toutefois être portée sur le choix des cultures intermédiaires vis-à-vis de la culture principale pour éviter de favoriser le développement de maladies ou ravageurs pouvant affecter cette dernière [31].

Ces effets sont notamment dépendants des espèces considérées, de leur gestion, du contexte (notamment pédoclimatique) et la succession de cultures dans laquelle les cultures intermédiaires sont introduites.

**Aussi, les** cultures intermédiaires **présentant un débouché économique, elles peuvent faire l'objet d'une recherche de rendement supérieure à des cultures de couvert traditionnelles** (fertilisation, arrosage, choix de la culture, allongement des périodes de culture …) pour atteindre des productions jusqu'à 10 tMS/ha. En particulier, les cultures intermédiaires présentent globalement un système racinaire plus développé que les cultures de couvert traditionnelles. Cette différence est aujourd'hui

[4] Phénomène biologique par lequel un organisme produit une ou plusieurs substances biochimiques qui influencent la germination, la croissance, la survie et la reproduction d'autres organismes.

encore très peu caractérisée, mais pourrait avoir pour conséquence d'amplifier certains effets liés aux cultures intermédiaires (matière organique des sols, piège des nitrates …).

**Encore peu étudiés aujourd'hui[5], les impacts agronomiques et environnementaux des** cultures intermédiaires **devront continuer à faire l'objet de travaux afin d'être mieux caractérisés et pouvoir être généralisés et renforcés**.

En Suisse, l'intérêt économique de méthaniser ces cultures avait été évalué comme très dépendant du prix de rétribution de l'électricité injectée. La prise en compte en parallèle des avantages agronomiques pouvait justifier son usage [32].

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Les bénéfices agronomiques liés à l'usage et la généralisation des cultures intermédiaires sont particulièrement complexes à quantifier, et dépendent notamment du projet et de son contexte (sol, météo, cycle cultural, choix des espèces, etc.).

De surcroît, les principaux bénéficiaires de ces effets sont les agriculteurs cultivant ces espèces (porteurs de projet ou partenaires vendant leurs cultures intermédiaires).

[5] Les essais concernant les cultures intermédiaires de la plateforme grandes cultures suisses (PAG-CH) se sont focalisées sur l'étude des impacts agronomiques et environnementaux des couverts végétaux, dont les cultures intermédiaires (www.PAG-CH.ch).

| Réf. AGR.4 | Levier de transition vers l'intégration de pratiques agroécologiques | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Le développement d'unités de méthanisation introduit une modification des pratiques et potentiellement du matériel (épandage, stockage …) dans les zones concernées. Notamment, la mise en place de méthanisation agricole favorise la transition vers des pratiques agroécologiques renforcées.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole - Biodéchets - Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Agriculteurs, collectivité |

**Le développement d'une unité de méthanisation entraine de nombreux changements pour le site concerné** (nouveau matériel, production de digestat, évolution de pratiques agricoles, sensibilisation à de nouveaux sujets …).

**Dans le cas agricole en particulier, la méthanisation peut permettre d'enclencher ou d'accompagner les réflexions des porteurs de projet vis-à-vis de l'agroécologie**.

En particulier, la méthanisation permet :

- De sensibiliser les agriculteurs à des problématiques diverses (cf. externalités traitées dans ce document), et notamment à l'impact de leurs activités sur l'environnement
- De repenser les stratégies d'épandage et de fertilisation (utilisation du digestat…)
- De généraliser les cultures intermédiaires et de mettre en évidence les différences services rendus par ces dernières (cf. fiche AGR.3 et ENV.5)
- Diminuer les apports en engrais de synthèse (cf. fiche AGR.1)

Les pratiques agroécologiques sont actuellement encouragées en Suisse grâce au système de paiements directs (p.ex. utilisation de techniques diminuant les émissions, ou les techniques culturales préservant le sol), mais sans aucun lien spécifique avec la méthanisation. La contribution pour l'usage de pendillards ; l'absence de contribution pour l'utilisation d'engrais verts et de cultures intermédiaires ; ou la pénalisation en agriculture bio pour l'utilisation d'un digestat non conforme aux prescriptions sont décrites dans l'OPD (Ordonnance sur les paiements directs).

En France, l'étude MéthaLae a notamment effectué le suivi de 46 exploitations, afin d'évaluer la compatibilité et le rôle potentiel de levier de la méthanisation pour l'agroécologie. Cette dernière a conclu que, sous réserve de bien prendre en compte certains points de vigilance, la méthanisation pouvait effectivement remplir ce rôle. Il convient toutefois de garder à l'esprit que les exploitations agricoles en France et en Suisse sont différentes (notamment en taille), et que les résultats ne sont probablement pas directement transposables [21].

**Encore mal caractérisés aujourd'hui, les changements de pratiques induits par la méthanisation et leurs effets associés font l'objet de plusieurs travaux de recherche.**

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Cette externalité est particulièrement complexe à quantifier (et à monétariser). En effet, elle s'avère très dépendante du contexte local, du projet. Ce sujet est par ailleurs mal documenté aujourd'hui et nécessite d'effectuer des suivis « avant / après » au niveau des exploitations concernées.

Cette externalité ne sera de fait qu'abordée de manière qualitative.

### 3.2.4 Externalités « Environnement »

| Réf. ENV.1 | Réduction des émissions de gaz à effets de serre | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *La méthanisation permet la production d'un gaz renouvelable. L'analyse de l'ensemble de la chaine de valeur de la méthanisation permet de mettre en évidence de fortes réductions des émissions de GES, quelles que soient les typologies et voies de valorisation concernées.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP | Cogénération – Injection | Positif | Collectivité |

**La méthanisation permet de produire un gaz renouvelable, d'origine biogénique.** Ce biogaz peut alors être valorisé sous forme d'électricité et de chaleur, ou de gaz (biométhane) et constituer une alternative aux énergies fossiles. **L'ensemble des briques constituant la chaine de valeur de la méthanisation peut avoir un impact sur les émissions de GES**. Les contributions peuvent être positives ou négatives. On distingue notamment les briques amont (approvisionnement en intrants, stockage des intrants…), méthanisation (processus de digestion anaérobie) et aval (stockage des digestats, valorisation agronomique des digestats, valorisation énergétique). Les différentes contributions varient selon le type d'installation considéré. Parmi les principales contributions aux émissions et réductions d'émissions, on recense notamment les points suivants :

- Émissions évitées liées à la substitution d'énergie majoritairement fossile (électricité ou gaz) par une énergie renouvelable
- Émissions évitées liées à la valorisation énergétique des intrants sous forme de méthane (en comparaison à une situation de référence où une partie de la matière organique contenue dans les intrants aurait été émise à l'air sous forme de méthane)
- Émissions induites liées aux fuites de biogaz

**Les contributions au bilan carbone de la méthanisation sont toutefois nombreuses et varient selon les typologies d'unités**. Il est donc conseillé de se rediriger vers des rapports spécialisés pour appréhender le sujet (résultats et méthodologie) dans leur globalité.

Plusieurs méthodologies distinctes permettent d'évaluer l'impact d'un système sur le changement climatique. Ces méthodologies peuvent notamment varier en matière de périmètre (prise en compte ou non de certaines briques, prises en compte ou non de certains impacts évités) ou encore de méthodes d'allocation des impacts. **Sur l'ensemble des typologies de méthanisation, les résultats varient mais démontrent un impact significativement positif.**

Les facteurs d'émissions de $CO_2$ de la Suisse sont publiés annuellement dans le National Inventory Report [33]. Les valeurs concernant les utilisations du biogaz sont toujours identiques à celles du gaz naturel (sauf pour l'origine fossile *vs* biogène de ces émissions). Il semblerait qu'une approche sur toute la chaine de production soit manquante. Pour les émissions du mix électrique et du mix chaleur suisses, seules des valeurs se référant à 2014 et 2015 (dans des études mandatées par l'OFEV) sont identifiées [34].

**En France, la Base Carbone (ADEME) donne un facteur d'émission de 44 $gCO_2eq/kWh$ pour le biométhane injecté, contre 244$gCO_2eq/kWh$ pour le gaz naturel fossile.** Une étude réalisée par Quantis et Enea Consulting pour le compte du distributeur français GRDF évalue quant à elle le facteur d'émission à 23.4g/kWh PCI. Les études se distinguent notamment par le périmètre retenu et les réductions d'émissions prises ou non en compte [35,36].

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

La quantification de l'externalité nécessite d'opter pour une méthodologie d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre pour la situation avec méthanisation et sans méthanisation (situation de référence), permettant d'évaluer pour chacune des filières les réductions d'émissions de gaz à effets de serre associées. La monétarisation de l'externalité nécessite de choisir une valeur pour la tonne de carbone évitée ($CHF/tCO_2$).

| Réf. ENV.2 | Impact sur la pollution azotée des eaux | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *La méthanisation permet la production d'un digestat particulièrement assimilable par les plantes. L'introduction de nouvelles pratiques et nouveaux matériels peut permettre un pilotage plus fin de la fertilisation, en adaptant mieux les apports aux besoins effectifs des plantes. La méthanisation peut également favoriser l'introduction de cultures intermédiaires, qui constituent un moyen éprouvé pour limiter la lixiviation.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP | Cogénération – Injection | Variable | Collectivité |

**Plusieurs éléments (engrais, pesticides…) sont susceptibles d'avoir un impact sur la qualité de l'eau.** Dans le cas de la valorisation agronomique de produits organiques, un enjeu particulier réside dans la gestion de l'azote qui peut entrainer une eutrophisation des milieux en cas de concentration excédentaire. L'azote apporté peut se trouver sous forme organique ou minérale. La forme minérale est assimilable par les plantes, mais est particulièrement sensible à la lixiviation (entrainement de l'azote par les eaux d'infiltration entrainant une pollution des eaux souterraines). L'azote organique va être stocké dans les sols, et une partie se minéralisera naturellement. Cette minéralisation pourra permettre d'améliorer la fertilité du sol à moyen terme, ou donner lieu à de la lixiviation. En cas de surfertilisation (apport d'azote minéral supérieur aux besoins des cultures), les reliquats peuvent ainsi causer des problématiques de pollution des nappes. A noter que la lixiviation est dépendante du contexte pédoclimatique, ou encore de la structure du sol. En Suisse, l'Observatoire nationale des eaux souterraines NAQUA suit l'évolution de la qualité des eaux souterraines en Suisse. Il constate que la pollution par les nitrates et par les résidus des produits phytosanitaires compromettent durablement leur qualité [37].

**Bien que leur composition varie grandement selon le type d'intrants, les digestats de méthanisation présentent une part d'azote minéral (ammoniacal) plus importante que les intrants non digérés**. Le digestat peut de plus être séparé en deux phases aux caractéristiques complémentaires : une phase solide utilisable comme produit amendant, et une phase liquide présentant une valeur fertilisante élevée.

**Plusieurs études tendent à démontrer qu'à conditions d'épandage identiques (apport d'azote utile), les risques de lixiviation sont similaires entre un digestat et d'autres produits résiduaires organiques (ex. : lisier)** [38,39]. **En revanche, les pratiques agricoles associées à la valorisation agronomique présentent un impact conséquent sur les risques de lixiviation**. Cet aspect est donc particulièrement important dans le cas des unités agricoles, où l'introduction d'une unité de méthanisation peut largement modifier les pratiques agricoles [40].

La connaissance des propriétés des digestats, couplées à une capacité de stockage conséquente (obligation réglementaire de 3 mois pour compost/digestat solide ; 5 mois pour digestat liquide [41] vs. 3 mois pour engrais de ferme[42]) et l'acquisition de matériel adapté pour l'épandage (type pendillard) peuvent permettre d'effectuer un apport en fertilisant plus précis qu'avec des engrais de ferme directement. La mise au point et le respect d'un plan d'épandage précis et adapté au territoire doivent également permettre une utilisation optimale de l'azote disponible.

**Au même titre que les autres produits organiques (ex. : lisier), le digestat nécessite d'être épandu en respectant les précautions d'usage, en termes de dose d'apport et de périodes d'épandage.** L'outil de travail Suisse-Bilanz permet d'établir le bilan équilibré des éléments nutritifs au niveau d'une exploitation.

**Parallèlement aux impacts liés à la valorisation agronomique, l'utilisation de cultures intermédiaires (favorisée par la méthanisation, qui offre un débouché énergétique à ces cultures) permet d'augmenter la couverture des sols.** Or il est admis que ces cultures permettent de limiter efficacement les risques de lixiviation en captant l'azote résiduel au champ [43].

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

La problématique de la pollution de l'eau est sujet particulièrement complexe et dépendant de nombreux facteurs. En effet, les pratiques agricoles mais également le contexte pédoclimatique vont avoir une

grande influence sur les risques de lixiviation. Les reliquats azotés peuvent en partie être quantifiés, mais le lien avec la pollution finale de l'eau est particulièrement complexe à établir.

Cette externalité pourra ainsi être quantifiée dans un premier temps en considérant des scénarios simplifiés, basés sur des estimations d'évolution de reliquats azotés au champ. La monétarisation de cette externalité nécessite d'attribuer un coût à une pollution évitée (ex. : coût de dépollution de l'eau).

| Réf. ENV.3 | Hygiénisation des intrants | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Le processus de digestion anaérobie permet de réduire la concentration en agents pathogènes des intrants traités. Selon les conditions opératoires et la voie choisie (mésophile, thermophile), l'effet d'hygiénisation est plus ou moins fort.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Exploitant |

La méthanisation utilise des intrants pouvant contenir des agents pathogènes. C'est notamment le cas des sous-produits animaux ou des engrais de ferme.

L'étape de digestion anaérobie mise en œuvre dans les projets de méthanisation permet de réduire la concentration en agents pathogènes.

Cet effet est en grande partie dépendant des conditions de fonctionnement, notamment en matière de process de digestion anaérobie, de température (degré et homogénéité), de temps de séjour et de taux d'ammonium dans le digesteur [20]. On distingue notamment les procédés de méthanisation thermophile (« haute » température : 55-60°C) et mésophile (35°C) :

- La méthanisation mésophile permet de réduire de manière importante la concentration de certains germes sensibles (comme la bactérie E. coli), mais n'aura pas ou peu d'effets sur certains germes plus résistants. En conséquence, dans certains cas l'effet hygiénisant n'est pas suffisant pour réduire les concentrations dans des proportions suffisantes. En fonction du type d'intrants traité, la méthanisation mésophile devra si nécessaire être complétée d'un processus hygiénisant en pré ou post-traitement [20].
- La méthanisation thermophile permet une hygiénisation plus rapide (en un temps de séjour moindre) et plus importante que la méthanisation thermophile. En fonction du type d'intrants traités et du risque, une étape d'hygiénisation peut rester nécessaire. Ce procédé est majoritairement utilisé en Suisse pour la méthanisation de biodéchets.

Il est également nécessaire de prendre en compte une potentielle (re)contamination possible du digestat et un développement des agents pathogènes lors de l'étape de stockage avant épandage (persistance de bactéries, présence d'autres bactéries sur le site de stockage …).

Lorsque l'unité de méthanisation accepte des sous-produits animaux, la réglementation européenne impose un traitement particulier pour contrôler les risques sanitaires de l'unité, qui passe en général par l'intégration d'un hygiéniseur dans la chaîne de process. En Suisse, la réglementation permet une dérogation à cette obligation lorsqu'un procédé a été prouvé ayant des effets comparables sur l'hygiène. Actuellement les procédés thermophiles Kompogas et Bekon sont autorisés par l'office fédéral pertinent.

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Les enjeux de quantification et de monétarisation sont nombreux : le taux de destruction des pathogènes peut sembler être un critère de quantification pertinent, mais il pose question : le nombre de pathogènes à prendre en compte est important ; leurs niveaux de concentration sont variables d'un intrant à l'autre, et donc d'une installation de méthanisation à l'autre ; et les conditions de fonctionnement des digesteurs, qui elles-mêmes influent sur le niveau de destruction des pathogènes, sont également variables. De plus, le critère de quantification proposé ci-dessus ne permet pas de monétariser l'externalité.

Par ailleurs, il faut garder à l'esprit le fait que dans la majorité des cas, l'hygiénisation des intrants n'est pas atteinte et il s'impose d'avoir une étape d'hygiénisation avant ou après les digesteurs. Il est également important de signaler que le traitement alternatif des biodéchets concerne le compostage, qui permet aussi, et sans exceptions, l'hygiénisation de ces matières.

| Réf. ENV.4 | Impact sur les odeurs liées aux activités agricoles | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Le respect des temps de séjour de la matière dans les digesteurs permet d'obtenir un produit final (digestat) moins odorant que les effluents non traités (notamment fumiers et lisiers). Les nuisances olfactives à l'épandage peuvent ainsi être significativement réduites.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Riverains |

En Suisse, Agroscope a publié en 2018 une mise à jour des méthodes d'évaluation des émissions odorantes des installations d'élevage - aussi applicable aux installations de biogaz agricoles - ayant pour but de définir les distances minimales à observer lors de leur conception. La méthode proposée distingue les espèces animales, les modes de détente actuelles et prend en compte les dispositions spatiales. L'étude souligne l'importance des bonnes pratiques pour réduire les émissions odorantes et constate que lors de fuites de biogaz, la concentration des composants odorants est particulièrement élevée [44].

**Toutefois, la digestion des intrants permet de détruire une majorité des composés organiques volatils à l'origine des odeurs**. Ainsi, sous réserve du respect des temps de séjour dans les digesteurs, la méthanisation permet de produire un digestat quasiment inodore.

**Une revue de littérature effectuée par le GERES, en France, a ainsi mis en évidence une évolution des odeurs avant et après méthanisation de +4 à -88% ; avec une moyenne à environ -50%** [22]**.**

**Le digestat présentant une teneur en azote ammoniacal proportionnellement plus élevée que les intrants non digérés, l'épandage peut donner lieu à une volatilisation plus ou moins importante sous forme d'ammoniac.** La volatilisation peut varier fortement selon la composition du digestat, le matériel utilisé ou encore la météo ; la phase liquide du digestat est généralement plus odorante que la phase solide.

La réduction des odeurs à l'épandage peut ainsi permettre :

- Une limitation des nuisances faites aux riverains lors de l'épandage
- Une extension des zones d'épandage (possibilité d'épandre sur des zones à proximité d'habitations)

**Au-delà de l'épandage, d'autres briques de la chaine de valeur peuvent être source d'émissions odorantes**. En particulier, le transport des intrants et les étapes de stockage (intrants, digestat) peuvent générer des nuisances olfactives pour les riverains du projet (voir fiche dédiée).

Toutefois, le respect de la réglementation et des bonnes pratiques permet de largement limiter ces émissions. En particulier, le transport des intrants en camion étanche, le chargement et déchargement dans des hangars étanches et l'équipement des bâtiments de stockage avec des systèmes de désodorisation permettent de réduire le risque de nuisance.

La perception des nuisances olfactives est très subjective, et de nombreux composés peuvent participer aux émissions odorantes.

**Il s'avère nécessaire de comparer la situation « avec méthanisation » avec la situation de référence, sans méthanisation.** En effet de nombreuses évolutions peuvent venir modifier les émissions de composés odorants (digestion anaérobie, passage d'un stockage ouvert à un stockage fermé, installation d'un système de traitement d'air …).

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Les odeurs peuvent être mesurées de différentes manières (mesure de certains composés reconnus par odorants, analyse sensorielle par un/des nez …). De nombreux facteurs interviennent dans l'évolution des émissions odorantes consécutives à l'introduction d'un projet de méthanisation. S'il est possible de comparer l'odeur d'un digestat à celle des intrants nécessaires à sa production, il est plus complexe

d’estimer l’impact global induit par l’introduction d’une unité (nécessite de connaitre les odeurs dans la situation de référence).

La monétarisation de l’externalité constitue un exercice complexe, la valeur à attribuer au service étant difficilement estimable. Une étude de 2007 a toutefois proposé une approche de monétarisation consistant à comparer le coût d’épandage d’un effluent liquide par injection dans le sol (limitant les émissions d’odeur) *vs* par application en surface (plus odorante mais moins coûteuse) (résultats variant de 8 000€ à 83 000€) [45]

| Réf. ENV.5 | Bénéfices environnementaux liés aux cultures intermédiaires | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Les cultures intermédiaires présentent plusieurs avantages d'ordre environnemental (favorise les populations d'insectes pollinisateurs, développement de la biodiversité du sol, abris pour la faune de prairie). En offrant un débouché énergétique à ces cultures, la méthanisation favorise leur développement.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Exploitants, collectivité |

**Les Cultures intermédiaires sont des couverts végétaux utilisés entre deux cultures principales, et récoltés pour faire l'objet d'un usage énergie** (méthanisation en l'occurrence). Les cultures intermédiaires ne se substituent donc pas aux cultures principales (alimentaires). En Suisse, la mise en place de couverts végétaux est relativement répandue, mais la valorisation en méthanisation n'est que marginale, voire inexistante. Les cultures intermédiaires peuvent être cultivées par les porteurs de projet, mais également par des agriculteurs partenaires, revendant alors leur production de cultures intermédiaires à une exploitation.

Les cultures intermédiaires se distinguent notamment d'autres cultures de couvert par le fait que la production est récoltée et exportée en méthanisation, avant potentiel retour au sol sous forme de digestat.

**En offrant un débouché énergétique à ces cultures, la méthanisation favorise leur développement.** L'introduction de couverts végétaux présente de nombreux avantages, tant agronomiques qu'environnementaux. Au-delà des effets déjà caractérisés par ailleurs (matière organique des sols, qualité de l'eau, diversification des revenus…), les cultures intermédiaires présentent plusieurs effets environnementaux :

- **Les cultures intermédiaires peuvent favoriser les populations d'insectes pollinisateurs** (en fonction du potentiel mellifère des espèces retenues)
- **Les cultures intermédiaires peuvent favoriser le développement de la biodiversité du sol** (vers de terre …)
- **Les cultures intermédiaires permettent d'offrir un abri à la faune de prairie (lièvre, perdrix…)** notamment contre la prédation aérienne [31]
- **Les cultures intermédiaires peuvent avoir un impact perçu comme positif sur les paysages** [31]

Ces effets sont notamment dépendants des espèces considérées, de leur gestion, du contexte (notamment pédoclimatique) et la succession de cultures dans laquelle les cultures intermédiaires sont introduites.

De plus, les cultures intermédiaires présentent globalement un système racinaire plus développé que les cultures de couvert traditionnelles. Cette différence est aujourd'hui encore très peu caractérisée, mais pourrait avoir pour conséquence d'amplifier certains effets liés aux cultures intermédiaires (matière organique des sols, piège des nitrates …).

**Par ailleurs, les cultures intermédiaires font parfois l'objet d'une recherche d'optimisation du rendement (jusqu'à 10 tMS/ha) par rapport à des cultures de couvert traditionnelles, avec des stratégies culturales qui peuvent elles aussi avoir des impacts environnementaux** (fertilisation, arrosage, choix de la culture, allongement des périodes de culture …).

Encore peu étudiés aujourd'hui, les impacts agronomiques et environnementaux des cultures intermédiaires devront continuer à faire l'objet de travaux afin d'être mieux caractérisés et pouvoir être généralisés et renforcés.

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Les bénéfices environnementaux liés à l'usage et la généralisation des cultures intermédiaires sont particulièrement complexes à quantifier, et dépendent notamment du projet et de son contexte (sol, météo, succession de cultures, choix des espèces, etc.).

De surcroît, les principaux bénéficiaires de ces effets sont les agriculteurs cultivant ces espèces (porteurs de projet ou partenaires vendant leurs cultures intermédiaires).

### 3.2.5 Externalités « Social et économie »

| Réf. SE.1 | Création d'emploi et génération d'activité économique | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *La méthanisation permet la création d'emplois directs, indirects et induits sur le territoire, dont une partie est par ailleurs non délocalisable. Certains emplois locaux sont de surcroît créés dans des zones où l'accès au travail peut représenter un enjeu particulier.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Collectivité |

**L'évaluation des emplois créés par une branche peut s'évaluer à différents niveaux :**

- Emplois directs : emplois associés aux activités de production directes, concernant des produits spécifiques à la branche méthanisation. *Exemple : opération, construction, ingénierie, etc.*
- Emplois indirects : emplois associés aux activités des fournisseurs de biens et de services pour l'activité directe (consommations intermédiaires). *Exemple : fourniture du béton pour la construction.*
- Emplois induits : emplois générés grâce aux dépenses des personnes employés dans les secteurs directs et indirects.

**Le développement de la filière méthanisation permet de générer des emplois (directs, indirects, induits), quelles que soient les typologies d'unités et voies de valorisation concernées**. En parallèle, la méthanisation permet de générer de l'activité économique sur le territoire national.

**L'ensemble de la chaine de valeur contribue à la création et au maintien d'emplois**, notamment :

- Études et ingénierie
- Construction
- Équipements
- Exploitation et maintenance
- Gestion des intrants et des digestats

Une étude réalisée par le bureau d'étude Transitions pour le compte pour le distributeur de gaz français GRDF a ainsi estimé [46] plusieurs paramètres socio-économiques (nombre d'emplois, nombre d'entreprises, chiffre d'affaires pour les prestations non délocalisables d'exploitation-maintenance…) liés à la création d'installations de méthanisation.

Une étude réalisée par le bureau d'étude Transitions pour le compte pour le distributeur de gaz français GRDF a ainsi estimé [46]:

- Qu'en 2018, la filière biogaz (800 unités) représentait :
  - 4050 équivalents temps plein (direct et indirect)
  - 500 entreprises, dont 35 équipementiers et fabricants
  - 675M€ de production française générée par l'exploitation maintenance
- Que d'ici 2030, le nombre d'emplois pourrait atteindre 17 000 à 53 000 emplois, principalement pour l'exploitation/maintenance.

**La méthanisation permet de créer des postes à forte valeur ajoutée, et peut notamment contribuer à la diversification des compétences au sein du monde agricole.**

**De plus, une partie des emplois créés le sont directement dans les territoires, où la problématique de l'accès au travail peut parfois s'avérer particulièrement importante.**

**En Suisse, les maillons de la chaîne de valeur qui concentrent les emplois locaux sont surtout l'exploitation et la maintenance, et dans une moindre mesure la construction, et les équipements**.

| |
|---|
| Il y a peu de bureaux d'études spécialisés en méthanisation, et peu de sociétés qui servent d'intermédiaire entre les fournisseurs d'intrants et les producteurs de biogaz. |
| Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :<br><br>La création d'emplois est un élément pouvant être quantifié de manière relativement simple. La principale difficulté réside dans l'évaluation des emplois indirects et induits, même si des méthodologies existent. La génération d'activité économique nationale peut également être quantifiée.<br><br>La monétarisation de l'externalité correspondant à la création d'emploi (bénéficiaire : Canton), peut être approchée de différentes marnières. En particulier les emplois créés peuvent être mis en regard du coût de prise en charge d'une personne au chômage pour approcher les économies possibles pour la collectivité. |

| Réf. SE.2 | Contribution à la résilience des exploitations agricoles | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Le développement d'une unité de méthanisation permet d'assurer un revenu supplémentaire aux exploitants, au-delà de leur activité principale. Au-delà de l'impact économique, plusieurs autres effets peuvent contribuer à améliorer la résilience des exploitations agricoles.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Exploitants |

**Le développement d'unités de méthanisation permet de renforcer la résilience des structures adossées à ces unités**. La résilience est définie ici comme la capacité de la structure portant le projet à résister aux contraintes extérieures (pression sur les prix, attentes sociétales, contexte de désindustrialisation, etc. …).

**En particulier, la méthanisation permet de diversifier les revenus des porteurs de projet. En effet, la vente de l'énergie produite (biométhane, électricité, chaleur …) et dans une moindre mesure du digestat produit, permet d'assurer un flux de revenu complémentaire à l'activité principale**. Cet effet est particulièrement prégnant dans le cas des unités agricoles, dont l'activité principale est souvent soumise à d'importantes fluctuations de marché (lait, céréales …). La stabilité de la production d'énergie permet également d'assurer une visibilité sur ce flux monétaire supplémentaire. Dans le cas où un système de rétribution (type RPC/SRI) est en vigueur, la visibilité est encore accrue (rétribution stable pour une production d'énergie stable).

**En plus d'un nouveau revenu, les unités de méthanisation permettent également dans certains cas une baisse de charges** pour le site concerné (autoconsommation d'une partie de la production …).

D'autres effets de la méthanisation ont été mis en évidence, notamment dans le cas agricole par l'étude MéthaLae [21]. L'étude a effectué le suivi de 46 exploitations, et en a notamment déduit que la méthanisation pouvait :

- **Favoriser la transmission des exploitations entre parents et enfants**
- **Favoriser le maintien de certaines activités agricoles** (dont l'élevage)
- **Créer ou renforcer certains emplois agricoles**

**De manière générale, l'étude souligne également la capacité de ces projets à revaloriser le métier d'agriculteur** (motivation, développement de nouvelles compétences, ouverture à d'autres activités, liens entre acteurs …).

**Au-delà des porteurs de projet de méthanisation, une augmentation de la résilience peut également être constatée pour certaines parties prenantes du projet**. En particulier, les exploitations agricoles riveraines de projets de méthanisation pourraient vendre leurs cultures intermédiaires ou fournir leurs engrais de ferme à ces projets, et ainsi s'assurer un revenu complémentaire. De manière générale, les projets de méthanisation sont des projets s'intégrant dans une logique d'économie circulaire à même de renforcer les liens entre acteurs locaux. La création de valeur partagée au sein d'un territoire permet ainsi d'améliorer la résilience des territoires concernés.

Finalement, la méthanisation permet également de générer des bénéfices environnementaux sur les sites concernés, contribuant ainsi à répondre aux attentes sociétales de plus en plus fortes sur ce volet.

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

La résilience est un concept très large, pouvant regrouper de nombreux facteurs. Si les grandeurs économiques (revenus permis par la méthanisation, comparaison avec les revenus de base …) peuvent être évaluées, leur impact sur la résilience des exploitations est plus complexe à appréhender. Dans la même mesure, de nombreuses autres composantes sont difficiles quantifiables (facilité de transmission, maintien d'activité, revalorisation du métier, réponse aux attentes sociétales). Ces raisons expliquent la difficulté à effectuer un exercice de monétarisation.

| Réf. SE.3 | Évolution des charges de traitement des déchets | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Dans certains cas (notamment unités agricoles avec co-digestion), le développement d'unités de méthanisation peut représenter une opportunité pour les producteurs de biodéchets voisins de réduire leurs charges liées au traitement de ces déchets (baisse de charge par rapport au traitement de référence, voire vente de certains déchets à fort pouvoir méthanogène).* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Producteurs de déchets |

**La méthanisation étant un processus de dégradation de matière organique, elle peut être utilisée avec une grande diversité d'intrants** (biodéchets, engrais de ferme, cultures, etc.). Les différentes typologies d'unités de méthanisation se distinguent par ailleurs par le(s) type(s) d'intrants utilisé(s).

Les unités agricoles peuvent fonctionner en co-digérant différents types d'intrants :

- Des engrais de ferme et des résidus de culture
- Des biodéchets de l'industrie agroalimentaire
- Des cultures intermédiaires

**Dans certains contextes, les producteurs de déchets organiques méthanisables peuvent réduire la charge de traitement de leurs déchets (voire être rémunérés pour leur fourniture) en les envoyant en méthanisation.** En effet, la méthanisation permettant une valorisation énergétique et agronomique de ces déchets, elle permet de créer de la valeur pour les porteurs de projets. Ces unités sont ainsi parfois capables d'accepter les déchets à un coût moindre (voire de les acheter) par rapport aux autres filières de traitement (incinération ...).

Cet effet a notamment été constaté en France. En 2007, le projet Probiogaz avait également mis en évidence des économies possibles liées au traitement des déchets organiques substantielles dans plusieurs pays d'Europe [45]. Le développement de la méthanisation et la tension sur les intrants n'ont fait que renforcer les tendances observées en 2007.

Pour ce qui est des unités industrielles, la méthanisation permet de **réduire le coût de traitement des effluents dans une STEP urbaine**, en diminuant la charge organique à traiter par la STEP.

**Spécifique à chaque contexte, cette externalité dont les bénéficiaires sont les producteurs de déchets concernés devra être quantifiée dans le cas suisse.**

**Le cas des unités traitant majoritairement des biodéchets des ménages n'est pas inclus dans cette fiche**. En effet, le traitement des déchets peut être considéré comme l'activité principale de ces unités (et non un effet parallèle à l'activité principale). De plus les structures de coût et le modèle d'affaire de ces unités varient par rapport aux unités agricoles mentionnées plus haut.

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

L'externalité peut être quantifiée en comparant les coûts de traitement des biodéchets après méthanisation et dans la situation de référence, propre à chaque projet. La monétarisation peut s'effectuer directement à partir de la quantification, celle-ci étant déjà exprimée sous termes monétaires.

| Réf. SE.4 | Nuisances aux riverains des projets | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Le développement d'un projet de méthanisation peut engendrer des nuisances diverses (odeurs, bruit, trafic) qui nécessitent d'être atténuées par la mise en place de mesures appropriées.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Négatif | Riverains |

**Comme tout projet industriel ou immobilier, le développement d'une unité de méthanisation est susceptible d'avoir un impact sur les riverains. Plusieurs types de nuisances peuvent ainsi être constatés** : impact sur le paysage, bruit, odeurs ou encore augmentation des flux de transport. En conséquence notamment des nuisances (et des craintes de nuisances), des dépréciations du prix de l'immobilier à proximité des unités pourraient être constatées.

En France, l'ADEME a publié en 2014 un rapport sur le suivi technique, économique, environnemental et social d'installations de méthanisation. Dans ces travaux, une étude des risques de nuisances selon le type d'unités a été effectuée mettant en évidence les principaux facteurs de risque et les disparités selon les types d'unités [47].

**Toutes les typologies d'unités sont concernées, à des degrés divers.** Dans le cas des STEP, la diminution du volume des boues permise par la méthanisation peut permettre de réduire les flux de poids lourds, et donc les nuisances globales générées par la station d'épuration. Dans le cas des unités de méthanisation d'effluents industriels, les nuisances et perceptions de nuisances sont limitées, car le site industriel génère déjà des nuisances, dans lesquelles les nuisances de la méthanisation viennent se « fondre ». **C'est dans le cas des unités de méthanisation de biodéchets et agricoles que ces nuisances ou perceptions de nuisances sont les plus importantes.**

**Il existe plusieurs moyens de les minimiser, qui sont par ailleurs encadrés par la réglementation. Plusieurs bonnes pratiques permettent ainsi d'atténuer les nuisances mentionnées :**

- Travailler à une intégration paysagère optimale (enterrement des digesteurs, intégration architecturale, mise en place de haies …)
- Mettre en place des systèmes de désodorisation adaptés (biofiltre, laveurs acides)
- Insonoriser les éléments sources de bruits
- Adapter les horaires de passage des camions et optimiser les transports
- Respecter une distance minimale d'implantation vis-à-vis des riverains.

**L'organisation d'une concertation avec les riverains en phase amont du développement des projets peut également permettre d'identifier les risques potentiels** (et de comprendre ce qui motive les éventuelles oppositions) et mettre en place les bonnes mesures d'atténuation.

Comme les autres externalités listées dans le document, les nuisances générées par un projet doivent être mises en regard de la situation de référence (ex. : exploitation agricole, etc.).

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Comme dit ci-dessus, ces nuisances sont spécifiques à un site de méthanisation donné, et ne peuvent faire l'objet d'une évaluation générique associée à la filière de méthanisation dans son ensemble.

Par ailleurs, les nuisances étant diverses et subjectives (cf. fiche sur les odeurs liées aux activités agricoles), il est complexe de les quantifier. L'évolution des valeurs immobilières dans les zones à proximité est parfois pointée comme pouvant rendre compte de ces nuisances ; mais cette évolution peut résulter de facteurs exogènes à l'implantation d'une unité de méthanisation, ce qui fausserait alors la quantification de l'externalité. L'utilisation d'un tel critère pose d'autres enjeux méthodologiques : par exemple, quelle échelle temporelle considérer pour quantifier cette évolution ?

### 3.2.6 Externalités « Energie »

| Réf. ENER.1 | Contribution à l'indépendance énergétique et la balance commerciale nationale | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *La production d'une énergie renouvelable sur le territoire national permet de renforcer l'indépendance énergétique et réduire les importations de gaz et électricité. La balance commerciale se retrouve également positivement impactée.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Collectivité |

**La méthanisation permet la production d'une énergie renouvelable locale, sur le territoire national**. En fonction de la voie de valorisation retenue, le biogaz se substituera soit :

- Dans le cas du biométhane, à du gaz fossile (réseau de gaz, gaz naturel de véhicule) en totalité importé depuis l'étranger
- Dans le cas de l'électricité, à de l'électricité produite principalement en Suisse (faibles importations d'électricité depuis les pays voisins), et en majorité à partir d'hydraulique ou de nucléaire.

**L'effet sur l'indépendance énergétique est donc particulièrement prégnant dans le cas de la production de biométhane**. En 2019, la Suisse a ainsi importé l'équivalent de 75% de sa consommation d'énergie, le gaz représentant 13.8% de la consommation finale [48].

**Au-delà des bénéfices géopolitiques (diminution des risques d'approvisionnement en gaz naturel) induits par une production locale de biométhane, une amélioration de la balance commerciale est également permise** grâce à la baisse des importations de gaz naturel.

**Dans le cas de l'électricité, la participation à l'indépendance énergétique est relativement réduite, en raison du contexte énergétique national et international.** La Suisse est un acteur très impliqué dans les échanges internationaux, et a plutôt un rôle exportateur. Tout en répondant aux objectifs de sortie du nucléaire, la cogénération d'électricité et de chaleur à partir du biogaz pourra contribuer à couvrir les besoins nationaux et éventuellement à poursuivre ces échanges. **Toutefois, au regard de la politique énergétique de l'État fédéral, l'amélioration de l'indépendance en matière d'approvisionnement électrique ne semble pas être un objectif prioritaire.**

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Dans le cas du gaz, la contribution de la production de biométhane suisse à l'indépendance énergétique nationale peut être évaluée de manière directe. L'impact sur la balance commerciale pourra dans la même mesure être approché facilement.

La monétarisation de l'externalité est en revanche plus complexe et pose la question de la valeur à attribuer à une indépendance énergétique et une balance commerciale améliorées.

Dans le cas de l'électricité, la quantification s'avère à la fois plus complexe et moins pertinente, pour les raisons mentionnées dans le corps du texte.

| Réf. ENER.2 | Valorisation des infrastructures gazières existantes | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *La méthanisation permet de produire un gaz renouvelable, pouvant être injecté sur le réseau en cas d'épuration appropriée. Dans un contexte de diminution attendue (et voulue par la Confédération et les cantons) de la consommation de gaz fossile, la méthanisation permet de maintenir un certain niveau d'utilisation des infrastructures gazières et ainsi limiter la hausse des taxes associées.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Consommateurs d'énergie |

**Lorsqu'il est épuré en biométhane et injecté dans les réseaux, le gaz produit par méthanisation permet de valoriser les infrastructures gazières existantes.**

La consommation de gaz naturel en Suisse s'est élevée à 31 TWh en 2018, représentant 13.5% de la consommation d'énergie finale [49].

**Si cette consommation s'est stabilisée depuis les années 2010, l'OFEN a confirmé que l'atteinte des objectifs climatiques nationaux passera par une diminution des quantités de gaz naturel consommées à long terme**. La décarbonisation du secteur gazier devrait ainsi être réalisée par une diminution de la consommation couplée à une hausse des productions de gaz renouvelables [49].

**La diminution du volume de gaz transitant dans les réseaux aura pour effet de réduire l'assiette sur laquelle les coûts de réseau (en grande partie fixes) se répartissent.** Toutes choses égales par ailleurs, cet effet aura pour conséquence d'augmenter la facture des clients finaux de gaz naturel. En effet, une hausse des coûts d'acheminement (par MWh de gaz transporté) sera mécaniquement réimpactée sur les clients finaux.

De par son caractère renouvelable et biogénique, le biométhane constitue une alternative au gaz naturel compatible avec les objectifs de réduction d'émissions. **Son injection sur le réseau aura pour effet de contribuer à maintenir un certain niveau d'utilisation des infrastructures gazières, et à fortiori d'atténuer la hausse des taxes pour les utilisateurs finaux.**

**L'impact de cette externalité est en grande partie dépendant de la dynamique de consommation de gaz**. Si l'ensemble du biométhane injecté se substitue en totalité à du gaz naturel, l'effet est nul. En revanche, si le biométhane injecté présente un caractère additionnel (ne se substitue pas totalement à du gaz naturel), l'effet et positif. Cet élément est notamment dépendant des politiques et stratégies de décarbonisation mises en place (décarbonisation par le réseau via utilisation de biométhane, décarbonisation par des solutions hors réseau …).

**A moyen terme, le biogaz et le biométhane ne pourront que partiellement substituer la consommation de gaz naturel actuelle**, car son potentiel de production indigène est limité par la disponibilité de biomasse méthanisable. **Le réseau de gaz serait alors disponible pour le stockage de gaz synthétiques produits à partir de l'électricité renouvelable excédentaire, devenant ainsi un outil de flexibilité pour stocker l'électricité.**

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

L'évolution de la consommation de gaz naturel et d'injection de biométhane sont des éléments qu'il est relativement simple à estimer, en se basant notamment sur les scénarios et objectifs nationaux. En revanche, le niveau de substitution de gaz naturel par du biométhane est une variable plus complexe à approcher.

La monétarisation consiste à évaluer la limitation de hausse des taxes (pour les utilisateurs finaux) permises par l'effet susmentionné.

| Réf. ENER.3 | Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Lorsqu'enrichi en biométhane et injecté sur le réseau, le gaz produit par méthanisation constitue une énergie renouvelable, non variable et stockable (sur le réseau). Les énergies renouvelables électriques intermittentes peuvent nécessiter des coûts d'adaptation réseau importants, à comparer aux coûts d'adaptation des infrastructures gazières pour accueillir le biométhane injecté (maillage du réseau, installation de rebours…).* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Consommateurs d'énergie |

**La méthanisation permet la production d'un gaz renouvelable de manière non (ou peu) variable. Qu'il soit valorisé en électricité par cogénération ou en biométhane, ce caractère stable reste valable.** La méthanisation permet d'augmenter la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie (électrique et gaz confondus). **Le caractère non variable (gaz et électricité) et stockable (gaz) est ainsi à mettre en regard des énergies renouvelables intermittentes, pour lesquelles de fortes croissances sont attendues.**

La Suisse possède de larges capacités de production hydraulique, également stockable et pilotable. En 2019, la production hydraulique suisse s'est élevée à 36 600 GWh, soit près de 60% de la production annuelle nationale. Cependant, le potentiel de développement de cette énergie (nouvelles centrales, rénovations de centrales existantes) est relativement faible : la stratégie énergétique 2050 prévoit un objectif de production annuel de 37 400 GWh/an [50]. Dans ce contexte et étant donné les ambitions climatiques nationales, les énergies renouvelables électriques intermittentes (solaire et éolien) sont amenées à se développer de manière importante. Leur intégration sur le réseau électrique nécessite toutefois des adaptations pour gérer leur variabilité et leur distribution (renforcements, flexibilité). Le coût de ces adaptations est à prendre en compte dans l'évaluation de leur compétitivité.

**Cas d'une valorisation en cogénération**

**L'ajout d'une capacité de stockage tampon de biogaz (type gazomètre), la modification du design des groupes de cogénération (nombre et puissance unitaire des groupes) ou encore, dans une moindre mesure le stockage de substrats à fort pouvoir méthanogène peut permettre de moduler la production et peut offrir des services de flexibilité au réseau électrique.** Cela est notamment le cas en Allemagne où une prime de 40€/kW/an est offerte aux producteurs de biogaz capables de moduler leur production [51]. En Suisse, les unités de biogaz en cogénération peuvent également participer au mécanisme d'énergie de réglage, en s'associant à des agrégateurs. Ceci requiert des adaptations informatiques simples et peu onéreuses, notamment pour les installations nouvelles. Les installations existantes doivent quant à elles effectuer des modifications techniques plus importantes au niveau du moteur. Environ 40% des unités agricoles en Suisse participent à ce mécanisme [52], en échange d'une rémunération perçue aujourd'hui comme relativement limitée. En l'absence d'informations sur les coûts de renforcement du réseau électrique qui permettraient de quantifier les économies permises par un gain de flexibilité, le service sera évalué en prenant comme référence le niveau de rétribution offert aux participants du mécanisme de réglage.

**Cas d'une valorisation en injection**

Dans le cas d'une valorisation en biométhane, le gaz est stockable à court terme (stockage en surface sous forme gazeuse (gazomètre) ou liquide (sous pression)) mais également de manière intersaisonnière (stockage en cavités géologiques), ce qui aujourd'hui n'est pas envisageable à grande échelle avec le vecteur électricité.

**L'injection de biométhane peut nécessiter des adaptations des infrastructures gazières**. En particulier, l'injection de biométhane dans des canalisations présentant une faible consommation (notamment l'été) peut occasionner des congestions occasionnelles sur le réseau, qui peuvent être gérées en stockant le biogaz avant injection, en maillant la canalisation concernée avec d'autres branches du

| |
|---|
| réseau, ou en mettant en place des installations de rebours (compression du gaz vers la maille de pression supérieure). **L'évaluation de ces coûts est en constante évolution et constitue un exercice complexe. En France, Enea Consulting avait identifié un coût d'adaptation supérieur pour les énergies électriques** [53]**.** Une économie pour les consommateurs d'énergie peut ainsi être évaluée, en considérant que les coûts d'adaptation réseau sont répercutés sur les factures des utilisateurs finaux. |
| Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :<br><br>Cas cogénération : les unités mettant à disposition leur flexibilité perçoivent une rétribution. A ce titre, le service ne peut être considéré comme une externalité au sens propre du terme. La quantification et la monétarisation de cet impact positif a toutefois comme avantage de pouvoir avoir une vision globale des différentes sources de rémunération dont pourrait bénéficier un producteur de biogaz.<br><br>Cas injection : Les coûts d'adaptation des réseaux électrique et gazier dépendent du contexte énergétique local (mix de production, architecture des réseaux, etc.) et sont propres à chaque pays. Dans certaines géographies (dont la France), des études estimant ces coûts ont été réalisées. La quantification de cette externalité nécessitera ainsi de prendre en compte les spécificités du territoire suisse.<br><br>La monétarisation de cette externalité peut être effectuée en estimant les économies pour les clients finaux (en comparant les coûts pour intégrer un MWh de biométhane et un MWh d'électricité). |

| Réf. ENER.4 | Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les cantons et régions | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *Les projets de méthanisation sont généralement multi-acteurs et ancrés dans leur contexte territorial. Ces projets peuvent ainsi initier ou catalyser les réflexions locales sur la transition énergétique (ex. : utilisation du CO2 d'épuration, collecte des biodéchets, mobilité durable …).* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Collectivité |

**La méthanisation se distingue de nombreuses autres énergies renouvelables par son caractère multifilières** (agriculture, industrie, traitement des déchets, énergie …) **et multi-acteurs** (collectifs d'agriculteurs, collecte des intrants, épandage du digestat, exploitants de sites de traitement des déchets, distributeurs d'énergie, collectivités publiques), avec des nuances selon les typologies d'unités concernées. En particulier, des projets traitant des biodéchets, ou des projets agricoles de grande envergure d'envergure territoriale (Swiss Farmer Power Inwill ; Biogaz Treize Cantons Henniez ; projet Agriteos La Chaux-de-Fonds) rassemblent régulièrement de nombreux acteurs.

**La méthanisation permet également de valoriser des déchets ou des co-produits d'un territoire sous forme d'énergie et de digestats produits localement.**

**Pour ces raisons, le développement d'unités de méthanisation peut favoriser l'émergence de réflexions locales liées à la transition énergétique et l'économie circulaire, ou catalyser des réflexions existantes.**

En particulier, la possibilité de valoriser l'énergie et le digestat localement peut permettre des réflexions autour :

- de la mobilité au bioGNV
- de la collecte sélective et de la valorisation des biodéchets
- de la valorisation du $CO_2$ issu de l'épuration (ex : usage en serres, algoculture …)
- du développement de collectifs d'agriculteurs, de coopératives, de mutualisation de matériel d'épandage …
- de l'agriculture biologique

**Le financement des projets peut également impliquer plusieurs acteurs, et faire appel à du financement participatif auprès de particuliers.**

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

La création ou l'alimentation d'une dynamique locale sur les thématiques de la transition énergétique de l'économie circulaire est difficile à quantifier. Elle est de surcroît dépendante du contexte du projet, et du territoire concerné.

Le développement d'une méthodologie de quantification généralisable n'apparait pas pertinent. Dans la même mesure, la monétarisation n'est également pas envisagée.

| Réf. ENER.5 | Effacement d'énergies fossiles | | |
|---|---|---|---|
| **Définition** | *La méthanisation permet de substituer des énergies (électricité, gaz) fossiles par des énergies renouvelables. En particulier, cela permet à des acteurs (ex. : usine, collectivité) d'effacer de manière quantifiable des énergies fossiles et de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. En particulier, la méthanisation peut également permettre de décarboner des usages gaz non ou difficilement électrifiables.* | | |
| **Typologies d'unités concernées :** | **Voies de valorisation :** | **Impact :** | **Bénéficiaires :** |
| Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP | Cogénération – Injection | Positif | Collectivité |

**Qu'il soit épuré en biométhane ou utilisé sous forme d'électricité, le biogaz peut permettre aux utilisateurs finaux (entreprises, collectivités …) d'effacer des consommations d'énergies fossiles et de réduire leurs émissions de gaz à effets de serre.** Le caractère renouvelable de l'électricité issue du biogaz ou du biométhane est tracé en Suisse par les certificats renouvelables, et également par les garanties d'origine pour ce qui est de l'électricité produite à partir de biogaz (cf. §3.1.5 de ce rapport).

Au-delà des réductions d'émissions, détaillées dans la fiche « *Réduction des émissions de gaz à effets de serre* », la présente fiche met en avant l'opportunité offerte par la méthanisation à des acteurs privés ou publics de réduire leur empreinte environnementale.

**Cette possibilité peut notamment permettre à des industriels ou des collectivités de décarboner des usages gaz qu'il serait difficile (voire impossible) d'électrifier.**

De plus, le développement d'une unité de méthanisation avec valorisation du biogaz en cogénération au sein d'un territoire constitue un gisement potentiel de chaleur locale, dont pourraient bénéficier d'autres acteurs. En particulier, la chaleur peut être valorisée dans des :

- Serres
- Industries agroalimentaires
- Réseaux de chaleur
- Hangars agricoles (chauffage)

Enjeux méthodologiques de quantification et monétarisation :

Ces éléments font déjà l'objet d'une contrepartie monétaire (au travers de l'exemption de taxe $CO_2$ pour l'électricité renouvelable et le biométhane, de l'achat de garanties d'origine pour l'électricité renouvelable, ou de certificats renouvelables pour le biométhane), même si cette dernière est parfois peu ou pas incitative en Suisse (par exemple pour les certificats renouvelables, comme cela a été rappelé en §3.1.5.)

### 3.2.7 Qualification de la pertinence des externalités par filière et par voie de valorisation

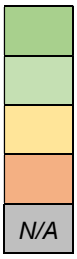
L'étude des externalités effectuée dans le présent rapport porte sur les quatre filières présentées au début de ce rapport (Agricole, Biodéchets, STEP et Industriel), ainsi que sur les deux voies de valorisation (cogénération, injection) distinctes. Cela porte à 8 le nombre de configurations différentes.

Si certaines externalités sont communes à l'ensemble de ces configurations, certaines ne s'appliquent que pour certaines filières, ou pour certaines voies de valorisation.

Une analyse de l'applicabilité des externalités pour les différents cas rencontrés a été réalisée dans le tableau ci-dessous.

Pour chacune des externalités, la voie de valorisation concernée est identifiée (cogénération, injection, les deux).

Pour chacune des 4 filières, l'applicabilité de l'externalité est qualifiée à l'aide de l'échelle colorée ci-contre :




- Une couleur verte indique que l'externalité est identifiée comme très pertinente pour la filière concernée, une couleur orange indique l'inverse.
- Les cellules grises représentent les cas de figure pour lesquels l'externalité n'est pas applicable.

Les résultats sont compilés dans le tableau ci-dessous.

| Cat. | Externalité | Voie de valorisation | Agricole | Biodéchets | STEP | Industriel |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRONOMIE | AGR.1 Diminution du recours aux engrais minéraux | *Toutes* | | | *N/A* | |
| | AGR.2 Évolution de la teneur en matière organique des sols | *Toutes* | | | *N/A* | |
| | AGR.3 Bénéfices agronomiques liés aux cultures intermédiaires | *Toutes* | | *N/A* | *N/A* | *N/A* |
| | AGR.4 Levier de transition vers l'intégration de pratiques agroécologiques | *Toutes* | | | *N/A* | *N/A* |
| ENVIRONNEMENT | ENV.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre | *Toutes* | | | | |
| | ENV.2 Impact sur la pollution azotée des eaux | *Toutes* | | | *N/A* | *N/A* |
| | ENV.3 Hygiénisation des intrants | *Toutes* | | | | |
| | ENV.4 Impact sur les odeurs liées aux activités agricoles | *Toutes* | | *N/A* | *N/A* | *N/A* |
| | ENV.5 Bénéfices environnementaux liés aux cultures intermédiaires | *Toutes* | | *N/A* | *N/A* | *N/A* |
| SOCIO-ECO. | SE.1 Création d'emploi et génération d'activité économique | *Toutes* | | | | |
| | SE.2 Contribution à la résilience des exploitations agricoles | *Toutes* | | *N/A* | *N/A* | *N/A* |
| | SE.3 Évolution des charges de traitement des déchets | *Toutes* | | *N/A** | | *N/A* |
| | SE.4 Nuisances aux riverains des projets | *Toutes* | | | | |
| | ENER.1 Contribution à l'indépendance | *Biométhane* | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | énergétique et à la balance commerciale | | | | | |
| | ENER.2 Valorisation des infrastructures gazières existantes | *Biométhane* | | | | |
| | ENER.3 Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable | *Toutes* | | | | |
| | ENER.4 Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires | *Toutes* | | | | |
| | ENER.5 Effacement d'énergies fossiles | *Toutes* | | | | |

**Tableau 2.** Qualification de la pertinence des externalités par type d'unité et par voie de valorisation, dans le contexte suisse.

* Le cas des unités traitant majoritairement des biodéchets des ménages n'est pas inclus dans cette fiche. En effet, le traitement des déchets peut être considéré comme l'activité principale de ces unités (et non un effet parallèle à l'activité principale).

### 3.2.8 Priorisation des externalités au regard des enjeux de la filière en Suisse

#### *3.2.8.1. Méthode*

L'ensemble des externalités identifiées permet de dresser un panorama complet des bénéfices et nuisances potentiels liés à la méthanisation. Ces externalités présentent toutefois des caractéristiques particulièrement diverses. De fait, elles représentent des enjeux plus ou moins forts au regard des objectifs de cette étude, qui sont d'identifier les externalités importantes dans le contexte suisse, et de procéder à une quantification et une monétarisation lorsque possible.

Afin de mettre en évidence ces notions et caractériser les externalités retenues, un exercice de priorisation indicatif et qualitatif a été effectué.

L'exercice a été effectué en s'appuyant sur les critères présentés dans le tableau ci-dessous.

| Critère de priorisation | Définition | Méthode d'évaluation |
|---|---|---|
| ➔ Importance du service rendu | L'effet est-il important dans le contexte suisse ? Représente-t-il un bénéfice ou une nuisance conséquente pour le(s) bénéficiaire(s) ? | Évalué de manière qualitative en fonction des retours terrain, de la littérature et des potentielles études existantes quantifiant ou monétarisant l'effet |
| ➔ Enjeux méthodologiques de quantification | Une méthode de quantification de l'externalité existe-t-elle ? Est-elle généralisable ? | Étude bibliographique et analyse au cas par cas |

| | | |
|---|---|---|
| ➔ Enjeux méthodologiques de monétarisation | Une méthode de monétarisation existe-t-elle ? Est-ce envisageable de développer une méthode ? | Étude bibliographique et analyse au cas par cas |
| ➔ Capacité à établir une rétribution | Peut-on envisager que l'externalité donne lieu à une rétribution monétaire ? | Analyse au cas par cas. Le(s) bénéficiaire(s) sont-ils identifiés ? Peut-on identifier un mécanisme permettant de mettre en place une rétribution ? |

**Tableau 3.** Catégories d'externalités retenues

L'ensemble des externalités a été analysé à la lumière des 4 critères ci-dessus. Les résultats ont été représentés sous forme de couleurs, selon l'échelle à ci-contre.

- La couleur verte représente une évaluation positive pour le critère évalué (ex. : service rendu estimé important, faibles enjeux de quantification ou de monétarisation, mise en place d'une rétribution envisageable).
- Au contraire la couleur orange, constitue une évaluation négative pour le critère évalué.

Une évaluation finale est effectuée dans la colonne de droite « priorisation », combinant les quatre critères de priorisation. Les résultats de cette colonne ont vocation à mettre en évidence la priorité relative des externalités dans le contexte suisse et au regard des objectifs de l'étude.

Les résultats sont compilés dans la partie 3.3.2 ci-dessous.

#### *3.2.8.2. Résultats*

| Cat. | Externalité | Importance du service rendu en Suisse | Enjeux de quantification | Enjeux de monétarisation | Capacité à établir une rétribution | Priorité |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AGRONOMIE | AGR.1 Diminution du recours aux engrais minéraux | | | | | *3/4* |
| | AGR.2 Évolution de la teneur en matière organique des sols | | | | | *2/4* |
| | AGR.3 Bénéfices agronomiques liés aux cultures intermédiaires | | *N/A* | *N/A* | | *2/4* |
| | AGR.4 Levier de transition vers l'intégration de pratiques agroécologiques | | *N/A* | *N/A* | | *2/4* |
| ENVIRONNEMENT | ENV.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre | | | | | *4/4* |
| | ENV.2 Impact sur la pollution azotée des eaux | | | | | *3/4* |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ENV.3 Hygiénisation des intrants | | | | | 2/4 |
| | ENV.4 Impact sur les odeurs liées aux activités agricoles | | | | | 1/4 |
| | ENV.5 Bénéfices environnementaux liés aux cultures intermédiaires | | N/A | N/A | | 2/4 |
| SOCIO-ECO. | SE.1 Création d'emploi et génération d'activité économique | | | | | 3/4 |
| | SE.2 Contribution à la résilience des exploitations agricoles | | N/A | N/A | | 3/4 |
| | SE.3 Évolution des charges de traitement des déchets | | | | | 3/4 |
| | SE.4 Nuisances aux riverains des projets | | | | | 2/4 |
| ÉNERGIE | ENER.1 Contribution à l'indépendance énergétique et à la balance commerciale | | | | | 2/4 |
| | ENER.2 Valorisation des infrastructures gazières existantes | | | | | 3/4 |
| | ENER.3 Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable | | | | | 3/4 |
| | ENER.4 Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires | | N/A | N/A | | 2/4 |
| | ENER.5 Effacement d'énergies fossiles | | | | | 4/4 |

**Tableau 4.** Priorisation des externalités de la méthanisation dans le contexte suisse

## 3.3 Phase 2 : Quantification et monétarisation des externalités positives

### 3.3.1 Approche générale et limites

Afin d'illustrer la valeur (ou les coûts) générés par les unités de méthanisation par le biais de leurs externalités, il est proposé de qualifier, quantifier et lorsque possible monétariser ces dernières.

Approche retenue :

Des méthodologies de quantification et si possible de monétarisation ont été proposées pour les externalités identifiées comme prioritaires dans l'analyse précédente (cf. §3.2.8).

Les méthodologies sont détaillées au sein de fiches dédiées (une fiche = une méthodologie). Lorsqu'une distinction s'avère nécessaire par type d'unités (agricole ou biodéchets) ou par voie de valorisation (cogénération, injection), plusieurs fiches ont été réalisées de manière à couvrir ces spécificités.

Parmi l'ensemble des externalités retenues, deux d'entre elles n'ont pas fait l'objet d'une approche de quantification, et a fortiori de monétarisation (SE2. et ENER. 4). Bien que le développement de méthodologies de monétarisation ne soit pas complètement exclu, les deux thématiques se prêtent plutôt à des approches qualitatives.

Au total, sur les 18 externalités identifiées en Phase 1, des méthodologies de quantification ont été proposées pour 8 thématiques, et des méthodologies de qualification pour 2 thématiques complémentaires. Le tableau ci-dessous présente les externalités retenues, et les typologies (type d'unité, voie de valorisation) couvertes par les méthodologies proposées. Les cas ayant fait l'objet d'une qualification uniquement sont précisés dans le tableau.

| | **Cogénération** | | | | **Injection** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agricole | Biodéchets | Industriels | STEP | Agricole | Biodéchets | Industriels | STEP |
| AGR.1 *Dim. Engrais* | | | | | | | | |
| ENV.1 *Emissions GES* | | | | | | | | |
| ENV.2a (*) *Qualité de l'eau* | | | | | | | | |
| ENV.2b (*) *Qualité de l'eau* | | | | | | | | |
| SE.1 *Emploi* | | | | | | | | |
| SE.2 *Résilience* | **Qualif.** | | | | **Qualif.** | | | |
| SE.3 *Charges traitement des déchets* | | | | | | | | |
| ENER.2 *Valorisation des infrastructures gaz* | | | | | | | | |
| ENER.3 | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| *Energie non variable et stockable* | | |
| ENER.4 *Dynamique de transition* | **Qualif.** | **Qualif.** |
| ENER.5 *Effacement d'énergie fossile* | | |

**Tableau 5.** Vue générale des méthodologies développées pour la qualification et la monétarisation

(*) Pour l'externalité « qualité de l'eau » (ENV. 2), deux méthodologies ont été réalisées correspondant à deux composantes distinctes (2a/ digestats et 2b/ cultures intermédiaires).

Le développement de méthodes de calcul génériques, applicables à tout site de méthanisation, a été privilégié autant que possible. Les méthodologies intègrent ainsi des hypothèses :

- A collecter à l'échelle de l'unité (exemple : mix d'intrants pour AGR.1)
- Valables au périmètre de la suisse (exemple : prix moyen des engrais azotés de synthèse pour AGR.1)
- Générales, valables *a priori* quelle que soit la géographie (exemple : quantité d'azote contenue dans un type d'intrant)

Cette organisation reflète la recherche de compromis entre représentativité des méthodologies et facilité de mise en œuvre. Les projets de méthanisation se distinguent en effet de la plupart des autres systèmes de production d'énergie renouvelable (ex : solaire, éolien, etc…) de par leur double finalité production d'énergie / traitement de déchets, de par leur organisation et leur relative complexité. Les projets de méthanisation peuvent varier ainsi sensiblement selon les contextes, le matériel utilisé, les pratiques mises en œuvre, etc. Tous ces facteurs influent également sur la nature et l'ampleur des externalités générées. Les méthodologies ont donc été développées avec le souci de capter cette variabilité, tout en gardant un fonctionnement relativement simple.

Dans certains cas, deux approches ont été proposées pour une même externalité :

- Une approche théorique, pouvant être mise en œuvre facilement à partir d'hypothèses de base, et donc facilement transposable (exemple : utilisation de facteurs d'émissions génériques pour ENV.1)
- Une approche « terrain » basée sur des mesures spécifiques en cas d'accès à ces dernières et donc potentiellement plus représentatives de la réalité du site (exemple : résultat d'un bilan carbone effectué sur l'unité concernée)

Limites de l'approche :

Les méthodologies de quantification développées ont vocation à approcher la valeur des services rendus ou des coûts générés par les unités de méthanisation, au-delà de la production d'énergie. Les méthodologies ont été construites avec le souci que ces dernières :

- Soient génériques, et puissent être appliquées à l'ensemble des unités
- Prennent en compte les principaux facteurs d'influence pour chaque externalité, pour capter la variabilité possible des résultats aux hypothèses d'entrée
- Restent relativement simples à mettre en œuvre, en ne demandant qu'un nombre réduit de données issues du site

Ce parti pris permet l'obtention de méthodologies flexibles et facilement utilisables au prix d'une certaine incertitude. En effet, l'évaluation fine de certaines externalités nécessiterait la mise en œuvre de

méthodologies poussées et complexes, ce qui n'est pas l'objet du présent travail (ex : impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau).

De plus, certaines externalités font appel à des domaines d'étude complexes tels que l'agronomie ou l'hydrogéologie. Ces sujets nécessitent une compréhension des phénomènes sur le temps long, et requièrent des données très fines. L'approche générique proposée nécessite toutefois une simplification des hypothèses, ce qui ne permet pas de rendre compte de cette complexité.

Dans la même logique, le contexte des projets (conditions pédoclimatiques, pratiques et matériel agricole, etc..) joue un rôle prépondérant dans l'évaluation de certaines externalités. Or la prise en compte détaillée de ces informations n'est pas envisageable dans une approche générique. Certaines externalités nécessitent de plus une connaissance précise de la situation initiale de référence (avant développement du projet de méthanisation), qu'il est impossible de caractériser de façon à la fois générique et simple.

Les différentes thématiques couvertes sont par ailleurs plus ou moins bien appréhendées. Si certains sujets ont fait l'objet de nombreux travaux, d'autres sont encore relativement peu traités aujourd'hui. En particulier, on recense peu de démarches de quantification et monétarisation d'externalités appliquées à la filière méthanisation.

Pour l'ensemble des raisons évoquées ci-dessus, les méthodologies présentent donc des degrés d'incertitude plus ou moins forts selon les thématiques. En ce sens, l'approche proposée ne saurait se substituer à des études plus détaillées, environnementales ou agronomiques notamment. Elle permet toutefois d'aborder de manière large les différents services de la méthanisation, et de comparer leur importance dans une première approche d'ensemble.

Comme précisé en introduction, certains des sujets retenus ne répondent pas à la définition *stricto sensu* d'une externalité (car ils font l'objet de contreparties marchandes, ou car les bénéficiaires sont des acteurs liés au projet). Les valeurs obtenues permettent en revanche de mettre en évidence la valeur des services rendus par la méthanisation à ces acteurs, et de comparer celle-ci à la valeur des « vraies » externalités.

Finalement, il convient de noter que les différentes externalités sont exprimées dans des termes (bénéficiaire, horizon temporel) différents, et il est conseillé de ne pas sommer les valeurs obtenues mais de considérer chacun des sujets séparément.

Les limites spécifiques à chaque externalité sont précisées directement dans les fiches de quantification.

### 3.3.2 Recommandations méthodologiques

Au regard de l'exercice de quantification et de monétarisation réalisé, et des difficultés méthodologiques rencontrées, quelques recommandations d'ordre méthodologique ont été identifiées et sont listées ci-dessous. Ces dernières font notamment référence à des aspects apparaissant relativement peu documentés dans le contexte suisse (constat effectué suite à la réalisation d'une revue de littérature et d'échanges avec des acteurs de la filière).

ENV.1 : Diminution du recours aux engrais minéraux de synthèse

- **Mener des études d'analyse de cycle de vie (ACV) sur la méthanisation, dans le contexte suisse.** La revue de littérature et les échanges avec les acteurs de la filière n'ont pas mis en évidence l'existence de facteurs d'émissions spécifiques au biométhane ou à l'électricité produite à partir de biogaz en Suisse. Or ces données sont importantes pour par exemple objectiver la pertinence de l'existence ou de l'absence de politiques de soutien au développement du biométhane, ou pour orienter les actions de réduction des émissions de GES à l'échelle d'un projet. Il serait utile pour la Suisse de conduire des études d'ACV (en cherchant

un consensus au niveau de la filière biogaz) pour ne pas avoir à utiliser des données qui ne correspondent pas au contexte suisse.

- **Mener une réflexion nationale sur la « valeur du $CO_2$ »** Au-delà de la taxe carbone et de sa valeur, il pourrait être pertinent de mener une réflexion sur la valeur (le coût) d'une tonne de $CO_2$ émise ou évitée. Une telle approche permet notamment de donner une valeur à l'action pour le climat, et peut permettre d'arbitrer les investissements de décarbonation. Par ailleurs, la réduction des émissions de gaz à effet de serre est une des externalités pour lesquelles l'impact positif fait l'objet d'un large consensus, et dont la valeur monétaire est relativement élevée (cf. Phase 3). Ainsi en l'absence « d'obligation » d'achat de l'énergie produite par ces unités, la valeur des projets biogaz repose largement sur la valeur que l'on donne au $CO_2$.

ENER. 2. : Valorisation des infrastructures gazières existantes

- **Conduire une étude sur l'impact des différents scénarios énergétiques sur l'évolution des coûts de gestion des réseaux (gaz et électricité) et *in fine* des prix pour les consommateurs finaux.** Quelles que soient les stratégies énergétiques retenues, des évolutions sont à attendre concernant les volumes d'électricité et de gaz transportés, les coûts de gestion des réseaux associés, et donc sur la facture des clients finaux. L'analyse de la littérature et les échanges avec des acteurs de la filière n'ont pas permis de mettre en évidence l'existence de telles études, qui pourraient permettre d'apporter un éclairage complémentaire sur les stratégies envisagées et les impacts attendus. *(En lien avec deuxième recommandation ENER.3)*

ENER. 3. : Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable

- **Quantifier les besoins de flexibilisation de la production (et de la consommation) électrique en Suisse, et de la possible contribution de la filière méthanisation**. Compte tenu de l'augmentation anticipée de la part des EnR intermittentes dans le mix énergétique suisse, il pourrait être utile d'approfondir les besoins de flexibilisation attendus et la contribution possible de la filière méthanisation. Une telle étude pourrait évaluer la capacité de la filière à participer davantage, la pertinence d'une telle participation, et le cas échéant des actions incitatives à mettre en place (exemple : obligation pour les unités neuves de s'équiper du matériel technique nécessaire à la participation aux services système).
- **Evaluer les coûts attendus d'adaptation des réseaux d'électricité et de gaz selon les différentes voies de transition énergétique envisagées.** L'intégration de gaz et d'électricité renouvelables dans les réseaux correspondants entraine des coûts d'intégration, pouvant représenter des montants conséquents. La revue de littérature réalisée n'a pas mis en évidence d'étude détaillée sur le sujet, portant sur le contexte suisse.
  (*En lien avec recommandation ENER.2)*

### 3.3.3 AGR.1 Diminution du recours aux engrais minéraux – Détail méthodologique

#### *3.3.3.1. Cas d'une unité de type agricole*

| Externalité | **Diminution du recours aux engrais minéraux** |
|---|---|
| Référence | AGR.1 |
| Catégorie | Agronomie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | L'externalité peut être calculée de manière théorique, ou mesurée sur un site spécifique directement.<br><br>Quantification : Calcul de la quantité d'engrais minéraux substituée grâce à l'usage de digestat. L'évaluation est effectuée en prenant en compte l'évolution de la quantité d'azote utile avant et après digestion anaérobie, ou en collectant l'information directement au niveau du site.<br><br>Monétarisation : Calcul des économies permises par la substitution d'engrais minéraux par du digestat, en prenant comme référence le prix moyen d'achat des engrais azotés. |
| **Méthodologie de calcul** | Calcul théorique :<br><br>Pour chaque type d'intrant utilisé :<br><br>$$\text{AGR.1} = \frac{Tonnage\ annuel\ (t/an) * Quantité\ d'azote\ (uN/t) * (Tx_{metha} - Tx_{réf}) * Prix\ (CHF/t)}{Production\ annuelle\ de\ biogaz\ (MWh/an)}$$<br><br>Avec :<br>• $Tx_{métha}$ = Taux d'azote utile contenu dans l'intrant après méthanisation (%)<br>• $Tx_{réf}$ = Taux d'azote utile contenu dans l'intrant dans le cas de référence (épandage ou pas de retour au sol) (%)<br><br>L'externalité totale correspond à la somme du calcul ci-dessous pour l'ensemble des intrants traités (fumier, lisier, biodéchets).<br><br>Collecte de données :<br><br>Récolte, au niveau du site concerné et de ses éventuels partenaires, des données d'historique de consommation d'engrais minéraux avant et après introduction de l'unité de méthanisation. |
| **Données sources spécifiques au site** | Pour calcul théorique de l'externalité :<br><br>▪ Quantité et types d'intrants (t/an)<br>▪ Production de biogaz (MWh/an)<br>▪ Prix de l'azote (CHF/uN)<br><br>Pour estimation à partir de données site directement : |

| | |
|---|---|
| | ▪ Historique des quantités d'azote consommées par le projet et ses partenaires avant et après introduction du projet de méthanisation (t/an)<br>▪ Prix de l'azote payé par le porteur de projet (CHF/uN) |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | N/A |
| **Données sources générales** | - Quantité d'azote par tonne [a] :<br>o Lisier : 4 uN/tonne<br>o Fumier : 5 uN/tonne<br>o Biodéchets : 6 uN/tonne<br>o Cultures : 4,7 uN/tonne [d]<br>- Taux d'azote utile par tonne sans méthanisation [b] :<br>o Lisier : 52%<br>o Fumier : 14%<br>o Biodéchets : N/A (pas d'épandage sur les cultures concernées)<br>o Cultures : 5%<br>Taux d'azote utile par tonne après méthanisation [b] :<br>o Lisier : 72%<br>o Fumier : 48%<br>o Biodéchets : 80% [c]<br>o Cultures : 45% |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | L'effet de substitution des engrais minéraux dépend des pratiques de fertilisation de l'exploitation agricole (stratégies et précision de fertilisation).<br>L'impact de la méthanisation sur l'usage d'autres produits fertilisants (liés à d'autres nutriments : phosphore ou potassium) n'est pas évalué.<br>Les agriculteurs bénéficiant de la réduction du recours aux engrais minéraux sont ceux impliqués dans le projet. En ce sens, ce bénéfice ne répond pas strictement à la définition d'une externalité (qui concerne les acteurs extérieurs au projet).<br>L'approche théorique permet d'évaluer le potentiel théorique de substitution d'engrais lié à la méthanisation d'engrais de ferme. Les réductions effectivement constatées peuvent varier selon l'évolution des flux d'azote avant et après le projet (notamment si l'exploitant de l'unité n'épandait pas d'engrais de ferme avant introduction de l'unité). |
| **Acronymes** | uN : unité d'azote |
| **Références** | [a] Arvalis, « *Intégrer les valeurs fertilisantes des produits organiques* »<br>[b] Préfecture du Cher, « *La méthanisation : le vrai du faux* », Octobre 2019<br>[c] ADEME, « Qualité agronomique et sanitaire des digestats », Octobre 2011<br>[d] Alaterre, Herer, Billerez, « *Méthanisation, dans quels cas financer son développement* », 2018 |

#### 3.3.3.2. *Cas d'une unité de type biodéchets*

| Externalité | **Diminution du recours aux engrais minéraux** |
|---|---|
| Référence | AGR.1 |
| Catégorie | Agronomie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | La méthanisation des biodéchets (parfois couplée à une plateforme de compostage) permet d'obtenir plusieurs produits aux caractéristiques complémentaires. En particulier, une telle plateforme permet de produire du digestat liquide, qui sera utilisé pour fertiliser les cultures (en azote notamment, grâce à la forte proportion d'azote assimilable). Dans la situation de référence, *i.e.* sans méthanisation (compostage des biodéchets), les matières produites contiennent de l'azote (mais sous des formes moins assimilables) mais ne sont pas utilisées avec pour objectif principal d'assurer un apport en N.<br><br>Quantification : Evaluation des quantités d'engrais minéraux de synthèse pouvant être substituées grâce à la production et la valorisation de digestat liquide (achat par des agriculteurs)<br><br>Monétarisation : Comparaison des coûts du digestat liquide avec le coût des engrais minéraux de synthèse (à efficacité de fertilisation équivalente). |
| **Méthodologie de calcul** | Quantification :<br><br>Quantité d'engrais substituable = $Qté\ digestat\ \left(\frac{m^3}{an}\right) * Qté\ d'azote\ \left(\frac{kgN}{m^3}\right) * K_{eq}$<br><br>Avec :<br>• $K_{eq}$ = Coefficient d'équivalence engrais minéral<br><br>Monétarisation :<br><br>Prix digestat (CHF/uN) = $\frac{Coût\ digestat\ liquide\ (\frac{CHF}{m^3})}{quantité\ azote\ digestat\ (\frac{kg}{m^3})} * \frac{1}{K_{eq}}$<br><br>AGR.1 = $Qté\ engrais\ sub.\ (kg) * (Prix_{engrais\ syn.}\left(\frac{CHF}{kg}\right) - Prix_{digestat}\left(\frac{CHF}{kg}\right))$ |
| **Données sources spécifiques au site** | • Prix de vente du digestat liquide<br>• Quantité d'azote contenue dans le digestat liquide |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | • Coût moyen des engrais azotés de synthèse en suisse : 1,1 à 1,5 CHF/uN [a] [b] |

| | |
|---|---|
| **Données sources générales** | • Coefficient d'équivalence engrais du digestat liquide : $K_{eq}$ = 60% à 80% [c] |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | L'approche considère que dans le cas de référence (compostage), les produits ne se substituent pas à des engrais minéraux. En pratique, les composts sont utilisés différemment que des produits fertilisants azotés (type engrais de synthèse, digestat liquide ou lisier), mais participent tout de même en partie à apporter de l'azote aux plantes.<br><br>Le digestat liquide faisant l'objet d'une transaction dans le cas des unités biodéchets (rachat par des agriculteurs), il ne s'agit pas d'une externalité au sens premier du terme. La méthodologie ci-dessus met plutôt en évidence :<br><br>- Une réduction possible de consommation d'engrais minéraux de synthèse à l'échelle d'un territoire, permis par la méthanisation<br>- La complémentarité des activités de compostage et de méthanisation qui permettent de fournir des produits distincts et complémentaires<br>- Une possible baisse de charge pour les agriculteurs si le digestat liquide est moins cher que les engrais de synthèse (à cible de rendement identique) |
| **Acronymes** | uN : unité d'azote |
| **Références** | [a] Communication personnelle de Claude Etique (prix moyen constaté à la coopérative)<br><br>[b] Agridea, Memento Agricole 2019<br><br>[c] GERES, « *Valorisation agricole des digestats : quels impacts sur les cultures, le sol et l'environnement ?* », 2018 |
| | |

### 3.3.4 ENV.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre – Détail méthodologique

| Externalité | **Réduction des émissions de gaz à effet de serre** |
|---|---|
| Référence | ENV.1 |
| Catégorie | Environnement |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | Quantification ($kgCO_{2eq}$/MWh) : comparaison du facteur d'émission de l'énergie produite (selon voie de valorisation : injection, électricité, chaleur) par rapport à l'énergie de référence (gaz naturel, électricité issue du mix suisse).<br><br>Monétarisation (CHF/MWh) : croisement de la donnée quantifiée avec une valeur monétaire de référence pour les émissions de $CO_{2eq}$. Plusieurs types de données peuvent être utilisées pour cette étape. |
| **Méthodologie de calcul** | Pour chaque voie de valorisation du biogaz :<br><br>ENV.1 = $(FE_{référence} - FE_{métha}) * Valeur\ de\ référence\ CO2$<br><br>Avec :<br>• $FE_{référence}$ = Facteur d'émission de l'énergie de référence, substituée par du biogaz ($tCO_{2eq}$/MWh)<br>• $FE_{métha}$ = Facteur d'émission de l'énergie produite avec le biogaz ($tCO_{2eq}$/MWh)<br>• $Valeur\ de\ référence\ CO2$ = Valeur monétaire attribuée aux émissions de gaz à effets de serre évitées (CHF/$tCO_{2eq}$) |
| **Données sources spécifiques au site** | Voie(s) de valorisation du biogaz produit (MWh/an et par voie) |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | Facteurs d'émission de l'énergie substituée en Suisse [a] :<br><br>▪ Facteur d'émission du gaz naturel : 203 $gCO_{2eq}$/kWh<br>▪ Facteur d'émission du mix électrique suisse : 169 $gCO_{2eq}$/kWh<br><br>Valeur de référence des émissions de $CO_{2eq}$ :<br><br>Trois valeurs ont été identifiées et seront utilisées pour réaliser une analyse de sensibilité. Celles-ci représentent différentes approches (voir détail dans la partie résultats).<br><br>▪ Valeur basse : valeur des quotas carbone EU-ETS à la date de rédaction du rapport (avril 2021)[6] : 49 CHF<br>▪ Valeur nominale : montant de la taxe carbone suisse à la date de rédaction du rapport (avril 2021) : 96 CHF<br>▪ Valeur haute : valeur sociale du carbone (coût des conséquences du changement climatique) : 290 CHF [b], [c] |

[6] Le système de quotas d'émissions Suisse a été couplé avec le système de l'UE (SEQE-UE) au 1er Janvier 2020.

| | |
|---|---|
| **Données sources générales** | <u>Facteurs d'émission de l'énergie produite par type d'unité (x4) :</u><br><br>Il n'existe pas à l'échelle Suisse de valeur proposant une valeur de référence pour l'énergie produite à partir de Biogaz (incluant l'ensemble du cycle de vie). L'inventaire national des émissions attribue un facteur d'émission similaire au gaz et au biogaz, en distinguant toutefois le caractère fossile et renouvelable. Cela ne permet pas de comparer de manière précise les réductions d'émission permises par l'utilisation de biogaz/biométhane.<br><br>Dans les calculs, deux valeurs seront donc prises en compte pour les facteurs d'émission et serviront de base à une analyse de sensibilité. Seront retenus : une valeur nulle (prise en compte du caractère biogénique du biogaz, tel qu'inscrit dans le NIR) et une valeur dérivée du cas Français, où une valeur calculée en analyse de cycle de vie a été intégrée dans l'inventaire national des facteurs d'émission (Base Carbone)<br><br>▪ Facteur d'émission du biométhane (injection) : 39,5 $gCO_{2eq}$/kWh PCS [d]<br><br>▪ Facteur d'émission de l'électricité produite par du biogaz : 99 $gCO_{2eq}$/kWh [d]<br><br>*En l'absence d'une donnée spécifique pour l'électricité produite à partir de biogaz, la valeur a été calculée à partir du FE du biométhane présenté ci-dessus et en prenant en compte un rendement du moteur.*<br><br>▪ Facteur d'émission de la chaleur produite par du biogaz : 0<br><br>*L'empreinte carbone est déjà prise en compte dans le FE associé à la production d'électricité. La chaleur est considérée comme un co-produit.* |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | La quantification de l'externalité par le biais de facteurs d'émissions permet d'obtenir une valeur moyenne, représentative du périmètre couvert par le facteur (géographie, type d'unité). L'impact carbone peut toutefois varier fortement entre différents sites selon le contexte des projets considérés.<br><br>Une quantification plus précise et spécifique peut être obtenue via la réalisation d'un bilan carbone à l'échelle même du site. |
| **Acronymes** | N/A |
| **Références** | [a] OFEN, « *Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2018-National Inventory Report* », 2020.<br><br>[b] Alliance Climatique Suisse, « Masterplan Climat Suisse », 2017<br><br>[c] A. Quinet, « *La Valeur de l'Action Pour le Climat* », 2019<br><br>[d] ADEME, Base Carbone, « *Biométhane – Injecté dans les réseaux – mix moyen* » |

### 3.3.5 ENV.2 Impact sur la pollution azotée des eaux – Détail méthodologique

#### *3.3.5.1. Composante 1 : utilisation des digestats*

| | |
|---|---|
| Externalité | **Impact sur la pollution azotée des eaux (composante 1 : utilisation de digestats)** |
| Référence | ENV.2a |
| Catégorie | Environnement |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | L'externalité peut être calculée de manière théorique, ou estimée à partir de données mesurées au niveau d'un site (sous réserve de données disponibles et exploitables).<br><br>Quantification ($m^3$/MWh) : estimation des volumes d'eau non pollués grâce à l'utilisation de digestat, par rapport à l'utilisation des effluents bruts non digérés.<br><br>Monétarisation (CHF/MWh) : Calcul du coût de dépollution évité (à partir d'un coût de traitement en CHF/$m^3$).<br><br>Cette externalité présuppose une évolution des pratiques agricoles (notamment en termes de fertilisation) et le respect des bonnes pratiques d'épandage (voir fiche ENV.2). |

| | |
|---|---|
| **Méthodologie de calcul** | Le calcul peut être détaillé en trois étapes.<br>**1. Calcul des quantités de nitrates émises dans l'eau (kg$NO_3$/MWh)** pour chaque intrant (fumier, lisier, digestat)<br>Qté nitrates émise = $\frac{Qté\ épandue\ (t/an) * concentration\ en\ N\ (uN/t) * Tx_{lix} * Tx_{NO}}{Production\ annuelle\ de\ biogaz\ (MWh/an)}$<br>- $Tx_{lix}$ = Taux de lixiviation de l'azote, exprimé en % de l'azote total apporté au champ par l'épandage<br>- $Tx_{NO3}$ = Quantité de nitrates générée par kg d'azote (kg$NO_3$/kgN)<br>**2. Calcul du nombre théorique de m³ pollués correspondants :**<br>m³ pollués = $\frac{Qté\ de\ nitrates\ émise\ (kgNO3)}{Seuil\ de\ pollution\ aux\ nitrates\ (kgNO3/m3)}$<br>**3. Calcul du coût de dépollution évité**<br>ENV.2 = $(m3\ pollués\ dans\ le\ cas\ de\ référence\ -\ m3\ pollués\ avec\ métha) * coût\ dépollution\ (CHF/m3)$<br>Le résultat constitue la somme des valeurs obtenues pour le lisier et le fumier, par rapport au digestat. |
| **Données sources spécifiques au site** | <u>Données nécessaires au calcul :</u><br>- Quantité de fumier traitée par l'unité (t/an)<br>- Quantité de lisier traitée par l'unité (t/an)<br>- Quantité de biodéchets traitée par l'unité (t/an)<br>- Quantité de résidus de culture traitée par l'unité (t/an)<br>- Production annuelle de biogaz brut (MWh/an)<br><u>Questions (pour qualification de l'externalité)</u> :<br>- Le projet s'est-il accompagné d'un changement de pratiques agricoles et/ou culturales ?<br>*Ex : changement de matériel d'épandage, pilotage de la fertilisation, périodes d'épandage, nouvelles cultures, introduction de cultures intermédiaires, cuves de stockage des intrants.*<br>- Quelle était la capacité de stockage (engrais de ferme / digestat) avant et après le projet ?<br>- Les porteurs de projet disposent-ils d'un historique de mesures de reliquats azotés (si possible sur plusieurs années, avant et après développement de l'unité de méthanisation) ? |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | - Coût de dénitrification de l'eau (CHF/m³ eau) : 0,45 à 0,8 CHF [a]<br>- Seuil de pollution aux nitrates : 0,25 mg/L [b] |
| **Données sources générales** | - Quantité d'azote contenue dans le fumier : 5 uN/t [c]<br>- Quantité d'azote contenue dans le lisier : 4 uN/t [c]<br>- Taux de lixiviation de l'azote contenu dans lisier et fumier : 7,5% [d]<br>- Réduction de lixiviation avec les digestats : -25% à 50% |

| | |
|---|---|
| | *Les valeurs peuvent varier selon les sites considérés, et une analyse de sensibilité large est donc conseillée, en l'absence de mesures.*<br>- Correspondance azote/nitrate : 4,43 kg$NO_3$/kgN |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | L'impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau varie très largement selon les projets, en fonction notamment du contexte pédoclimatique local, du matériel et des pratiques d'épandage (voir fiche ENV.2). En l'absence de données mesurées sur site, une analyse de sensibilité sur les taux de lixiviation peut être mise en place afin de rendre compte de cette variabilité.<br>L'état actuel des connaissances scientifiques et des outils disponibles ne permet pas d'envisager le développement d'une méthodologie plus robuste à ce stade.<br>La méthodologie calcule la quantité d'eau polluée par l'azote émis (en prenant comme référence la valeur seuil de l'OEaux), puis croise cette valeur avec un coût de dépollution. Dans la pratique si concentration en nitrates à l'échelle de la nappe n'atteint pas un certain seuil, l'eau n'est pas traitée (coût nul). |
| **Acronymes** | uN :unité d'azote |
| **Références** | [a] WWF, « *Evaluation économique des écosystèmes d'eau douce : approche globale & cas particulier du service de production d'eau potable* », 2012<br>[b] Ordonnance sur la protection des eaux (Oeaux), art. 22<br>[c] Arvalis, « *Intégrer les valeurs fertilisantes des produits organiques »,* 2020<br>[d] Enea Consulting, « *Renforcer la compétitivité de la filière biométhane française* », 2018 |

#### *3.3.5.2. Composante 2 : utilisation de cultures intermédiaires*

| Externalité | **Impact sur la pollution azotée des eaux (composante 2 : utilisation de cultures intermédiaires)** |
|---|---|
| Référence | ENV.2b |
| Catégorie | Environnement |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | Quantification (m3/MWh) : estimation des volumes d'eau non pollués grâce à l'introduction de cultures intermédiaires par rapport au cas de référence sans méthanisation<br>Monétarisation (CHF/MWh) : calcul du coût de dénitrification évité à partir des quantités évaluées. |
| **Méthodologie de calcul** | Formule générale :<br>ENV.2 = $(m3\ pollués\ dans\ le\ cas\ de\ référence\ -\ m3\ pollués\ avec\ métha)\ *\ coût\ dépollution\ (CHF/m3)$ |

| | |
|---|---|
| | Le calcul s'effectue sur les surfaces accueillant des cultures intermédiaires suite à l'introduction du projet de méthanisation. Avant le projet, ces sols pouvaient soit être laissés nus, soit déjà faire l'objet de cultures intermédiaires (pour un usage non énergétique).<br><br>**1. Calcul des quantités de nitrates émises dans l'eau (kg$NO_3$/MWh)** pour chaque cas (culture intermédiaire énergétique, sol nu, culture intermédiaire)<br><br>$$\frac{Qté\ CIVE\ (tMB) *}{Rendement\ CIVE\ (tMB/ha)} * \frac{(N_{Entrée\ hiver} - N_{sortie\ hiver}) * Tx_{lix} * Tx_{NO3}}{Production\ de\ biogaz\ (MWhPCS/an)}$$<br><br>Avec :<br><br>- $N_{Entrée\ hive}$ = Quantité d'azote dans le sol avant l'hiver (uN/ha)<br>- $N_{sortie\ hiv}$ = Quantité d'azote dans le sol après l'hiver (uN/ha)<br>- $Tx_{lix}$ = Taux de lixiviation de l'azote sans méthanisation et avec méthanisation, exprimé en % de l'azote total ayant quitté le compartiment sol7 (=$N_{Entrée\ hiver} - N_{sortie\ hiv}$ ). Sans méthanisation, sa valeur dépend de l'état du sol (laissé nul ou planté avec des cultures intermédiaires). Il y a donc trois valeurs pour ce taux de lixiviation.<br>- $Tx_{NO3}$ = Quantité de nitrates générée par kg d'azote (kg$NO_3$/kgN)<br><br>**2. Calcul du nombre théorique de m³ pollués correspondants** pour chaque cas (culture intermédiaire énergétique, sol nu, culture intermédiaire) **:**<br><br>$$\text{m3 pollués} = \frac{Qté\ de\ nitrates\ émise\ (kgNO3)}{Seuil\ de\ pollution\ aux\ nitrates\ (kgNO3/m3)}$$<br><br>**3. Calcul du coût de dépollution évité**<br><br>$$ENV.2 = [(Tx_{sol\ nu} * m^3\ pollués_{sol\ nu} + Tx_{CI} * m^3\ pollués_{CI}) - m^3\ pollués_{métha}] * coût\ de\ dépollution$$<br><br>Avec :<br><br>- $Tx_{sol\ nu}$ et $Tx_{CI}$ = respectivement la part des surfaces laissées nues et accueillant déjà des cultures intermédiaires avant l'introduction du projet de méthanisation. |
| **Données sources spécifiques au site** | - Surface accueillant des cultures intermédiaires suite à l'introduction du projet de méthanisation (ha)<br>- Surface accueillant des cultures intermédiaires déjà avant introduction du projet de méthanisation (ha) |

[7] Une fois dans le sol, l'azote peut faire l'objet de différentes modifications biogéochimiques. Voir cycle de l'azote pour plus de détail (fertilisation-edu.fr, Le cycle de l'azote). En particulier, l'azote en champ peut contribuer à la croissance des plantes, ou être entrainé vers les nappes phréatiques par infiltration.

| | |
|---|---|
| | - Production de biométhane/biogaz (MWh/an) |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | - Coût de dénitrification de l'eau (CHF/$m^3$ eau) : 0,45 à 0,8 CHF [a]<br>- Seuil de pollution aux nitrates : 0,25 mg/L [b] |
| **Données sources générales** | - Quantité d'azote en champ à l'entrée de l'hiver : 70 uN/ha [c]<br>- Quantité d'azote en champ à la sortie de l'hiver : 20 uN/ha [c]<br>- Taux de lixiviation en sol laissé nu avant la méthanisation : 75% [c]<br>- Taux de lixiviation sur sol planté de cultures intermédiaires : 0% [c]<br>- Quantité de nitrate par quantité d'azote : 4,43 kg$NO_3$/kgN |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | Les cultures intermédiaires sont aujourd'hui très peu utilisées pour un usage énergétique en Suisse. L'évaluation proposée de l'externalité permet donc plutôt de mettre en évidence un potentiel lié à un possible développement des cultures intermédiaires énergétiques (différentes des cultures énergétiques dédiées (*cf.* encart du chapitre 3.1 ci-dessus).<br><br>Une analyse de sensibilité sur la quantité de cultures intermédiaires et la part de ces cultures additionnelles (*i.e.* qui se substituent à un sol nu) peut être réalisée afin de mettre en évidence ce potentiel.<br><br>La méthodologie calcule la quantité d'eau polluée par l'azote émis (en prenant comme référence la valeur seuil de l'OEaux), puis croise cette valeur avec un coût de dépollution. Dans la pratique si concentration en nitrates à l'échelle de la nappe n'atteint pas un certain seuil, l'eau n'est pas traitée (coût nul).<br><br>Si la capacité des cultures intermédiaires à piéger l'azote (et donc limiter son lessivage) est bien avérée, le sujet reste complexe et dépendant des pratiques agricoles ainsi que du contexte du projet. |
| **Acronymes** | uN : unité d'azote |
| **Références** | [a] WWF, « *Evaluation économique des écosystèmes d'eau douce : approche globale & cas particulier du service de production d'eau potable* », 2012<br><br>[b] Ordonnance sur la protection des eaux (Oeaux), art. 22<br><br>[c] Enea Consulting, « *Renforcer la compétitivité de la filière biométhane française* », 2018 |

### 3.3.6 SE.1 Création d'emploi et activités économiques – Détail méthodologique

| Externalité | **Création d'emploi et activité économique** |
|---|---|
| Référence | SE.1 |
| Catégorie | Social et économie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | Quantification (nombre d'emplois/MWh) : calcul du nombre d'emplois directs et indirects générés par le site de méthanisation, ramené à la production d'énergie du site<br><br>Monétarisation (CHF/MWh) : croisement du nombre d'emplois générés avec le coût estimé pour l'Etat d'une personne au chômage |
| **Méthodologie de calcul** | SE.1 = $\frac{Emplois\ créés\ (ETP.an) * coût\ d'un\ chômage\ pour\ l'Etat\ (CHF/an)}{Production\ de\ biogaz\ (MWhPCS/an)}$<br><br>Avec $Emplois\ créés\ (ETP.an)$ la somme des équivalents temps pleins (ETP) générés sur l'ensemble de la durée de vie du méthaniseur. Ce chiffre prend en compte les emplois directs et indirects. |
| **Données sources spécifiques au site** | ▪ Nombre d'emplois directs générés<br>▪ Nombre d'emplois indirects générés |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | ▪ Coût d'une personne au chômage pour l'Etat fédéral : 50 000 CHF/an/ETP [a] |
| **Données sources générales** | En fonction des informations disponibles au niveau du site considéré, des données complémentaires pourront être extrapolées à partir d'études existantes sur l'emploi dans la filière biogaz. Aucune étude de ce type n'a été identifiée en Suisse. Des sources d'autres pays peuvent être utilisées, en prêtant attention aux enjeux de transposition [b] [c]. |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | L'identification et l'évaluation des emplois indirects présente un degré d'incertitude et peut varier sensiblement selon les sites et les typologies d'unités concernées.<br><br>Les emplois induits ne sont pas pris en compte. |
| **Acronymes** | ETP : équivalent temps plein<br><br>ETP.an : équivalent temps plein annuel (= une année complète de travail) |
| **Références** | [a] Office fédéral de la statistique, « *Résultats nationaux des comptes globaux de la protection sociale* »<br><br>[b] ATEE, « L'emploi dans la filière biogaz de 2005 à 2020 » , 2014<br><br>[c] Transitions, GRDF « *Etude d'impact de la filière biogaz sur l'emploi en France de 2018 à 2030* », 2020 |

### 3.3.7 SE.2 Contribution à la résilience des exploitations – Détail méthodologique

| Externalité | **Contribution à la résilience des exploitations agricoles** |
|---|---|
| Référence | SE.2 |
| Catégorie | Environnement |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Qualifiable |
| **Principe retenu pour la qualification** | Caractériser l'externalité au niveau d'un site via :<br>▪ La collecte de données pertinentes<br>▪ L'envoi d'une liste de questions qualitatives |
| **Méthodologie de calcul** | N/A : approche exclusivement qualitative. Aucune monétarisation n'est proposée. |
| **Données sources et informations spécifiques au site** | Données :<br>▪ Chiffre d'affaires de l'unité de méthanisation (énergie, digestat, autres)<br>▪ Structure de revenus de l'unité de méthanisation (type de revenus : variable, sécurisé dans le temps, variabilité, …)<br>▪ Chiffre d'affaires de l'exploitation agricole<br>▪ Structure de revenus de l'exploitation : activités, variabilité du chiffre d'affaires, …<br>▪ Baisse de charges de l'exploitation permises par l'unité de méthanisation: engrais minéraux, chaleur, …<br>Questions :<br>▪ Qui sont les acteurs impliqués dans le projet (fourniture d'intrants, épandage, …). A quelle hauteur sont-ils impliqués (quantités, prix, …) ?<br>▪ Une partie de l'énergie est-elle valorisée localement auprès d'acteurs extérieurs (chaleur, bioGNV) ?<br>▪ L'introduction d'une unité de méthanisation a-telle eu une influence sur les activités de l'exploitation agricole (nouvelles activités, maintien, synergies, etc…)<br>▪ L'exploitation est-elle familiale ? L'introduction de l'unité de méthanisation est-elle un projet familial ?<br>▪ Le projet de méthanisation a-t-il entrainé une motivation de personnes susceptibles de reprendre l'installation dans le futur ? (famille, …)<br>▪ Les porteurs de projets considèrent-ils avoir développé de nouvelles compétences grâce à ce projet ?<br>▪ Le projet a-t-il permis de créer/renforcer des emplois locaux/agricoles ? |

| | |
|---|---|
| | ▪ Quelle est la perception du projet par les riverains / la collectivité ?<br>▪ L'introduction de l'unité de méthanisation s'est-elle accompagnée / a-t-elle entrainé d'autres changements (changement de pratiques agricoles, passage en « bio », etc…)<br>▪ Quelle part des OPEX est-elle reversée à des acteurs du territoire (maintenance, intrants, etc) ? |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | N/A |
| **Données sources générales** | N/A |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | L'approche qualitative proposée présente un certain degré de subjectivité, notamment car celle-ci s'avère liée aux interprétations faites par les porteurs de projet interrogés.<br>La méthodologie d'évaluation permet d'approcher l'impact de la méthanisation sur l'exploitation agricole liée au projet. L'impact sur la résilience de la filière agricole en général n'est pas évalué (différents bénéficiaires).<br>L'unité de méthanisation peut impacter la résilience des exploitations voisines (achat de cultures intermédiaires, nouvelle concurrence, etc.). Cet effet complexe à évaluer n'est que partiellement capté par la présente méthodologie. |
| **Acronymes** | N/A |
| **Références** | N/A |

### 3.3.8 SE.3 Evolution des charges de traitement des déchets – Détail méthodologique

| Externalité | **Evolution des charges de traitement des déchets (cas méthanisation agricole)** |
|---|---|
| Référence | SE.3 |
| Catégorie | Social et économie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | La quantification de cette externalité s'appuie sur la quantité de co-substrats (biodéchets / déchets de l'industrie agroalimentaire) approvisionnée sur une unité de méthanisation agricole.<br><br>Monétarisation (CHF/MWh) : comparaison (du point de vue d'un producteur de déchets) des coûts de traitement :<br>▪ Par une unité de méthanisation agricole du territoire<br>▪ Par la filière de référence (unité de valorisation agronomique par compostage) |
| **Méthodologie de calcul** | Pour chaque type de biodéchet / déchet d'industrie agroalimentaire traité :<br><br>$SE.3 = \frac{Qté\ biodéchets\ (t/an) * (Coût_{réf}(CHF/t) - Coût_{métha}\ (CHF/t))}{Production\ annuelle\ de\ biogaz\ (MWh\ \ \ /an)}$<br><br>Avec :<br>• $Coût_{réf}$ : coût de traitement des déchets dans le cas de référence (avant introduction du projet de méthanisation)<br>• $Coût_{réf}$ : coût de traitement des déchets par l'unité de méthanisation (du point de vue du producteur)<br><br>L'externalité totale est évaluée en additionnant les contributions de chacun des types de biodéchets du territoire traité par l'unité. |
| **Données sources spécifiques au site** | ▪ Quantité annuelle et type de biodéchets traitée par l'unité (t/an et par type de biodéchet)<br>▪ Prix d'achat des biodéchets aux producteurs de déchets<br>▪ Coût de valorisation des biodéchets considérés dans le cas de référence (du point de vue du producteur de déchets) |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | N/A |
| **Données sources générales** | N/A |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | Cette externalité peut présenter une importante variabilité entre les projets selon le type de déchets, les solutions de traitement présentes localement, etc.<br><br>Une analyse de sensibilité pourra être réalisée sur les coûts de traitement (méthanisation et référence) afin de mettre en |

| | |
|---|---|
| | évidence la plage de variabilité de ces valeurs, et leur impact sur l'externalité.<br><br>Impliquant une transaction financière entre l'unité de méthanisation et le(s) producteur(s) de déchets, ce service ne répond pas strictement à la définition d'une externalité. |
| **Acronymes** | N/A |
| **Références** | N/A |

### 3.3.9 ENER.2 Valorisation des infrastructures gazières existantes – Détail méthodologique

| Externalité | **Valorisation des infrastructures gazières existantes** |
|---|---|
| Référence | ENER.2 |
| Catégorie | Social et économie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection - Cogénération |
| **Statut** | Quantifiable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | Quantification :<br>Estimation, à l'horizon 2030, du volume de gaz circulant dans les réseaux dans un scénario avec et sans développement de la méthanisation.<br>Monétarisation :<br>Calcul de la différence entre les coûts de réseaux en 2030 rapportés à la consommation de gaz sans développement du biométhane d'une part, et les coûts de réseaux rapportés à la consommation de gaz avec développement du biométhane d'autre part, en considérant des coûts fixes entre 2020 et 2030. |
| **Méthodologie de calcul** | ENER.2 = $\frac{Coûts\ réseaux\ 2030}{Consommation\ gaz\ 2030\ _{sans\ métha}}$ - $\frac{Coûts\ réseaux\ 2030}{Consommation\ gaz\ 2030\ _{avec\ métha}}$<br>Avec $Consommation\ gaz\ 2030\ _{avec\ métha} = conso\ gaz\ 2030_{sans\ métha} + potentiel_{biométhane} * Tx_{additionnalité}$<br>La consommation de gaz en 2030 est estimée en prenant en référence le scénario de consommation de gaz naturel prévu dans la stratégie énergétique nationale. Cette dernière n'envisage en effet qu'un développement limité de l'injection de biométhane.<br>Afin d'estimer les consommations possibles de gaz dans un scénario avec fort développement de la filière injection, une consommation supplémentaire est ajoutée à celle prévue dans la stratégie nationale Suisse. A cette consommation est ajouté une production supplémentaire de biométhane, multipliée par un « taux d'additionnalité ». Un taux de 100% signifie que toute production de biométhane supplémentaire s'ajoutera aux volumes de gaz naturel circulant dans les réseaux et augmentera donc la quantité de gaz circulant dans les réseaux. Un taux de 0% signifie au contraire que tout volume de biométhane injecté dans les réseaux se substitue totalement à du gaz naturel, ne modifiant pas la consommation totale de gaz. |
| **Données sources spécifiques au site :** | L'externalité n'est pas spécifique à un site donné, mais liée au développement de la filière biométhane suisse. |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | • Coûts de gestion des réseaux de distribution et de transport en 2030 (€) : 2,5 ctCHF/kWh [a] |

| | |
|---|---|
| | • Consommation de gaz projetée en 2030 dans un scénario sans développement fort de la méthanisation (MWh) [b] : 24 TWh [b]<br>• Production de biométhane en 2030 : 1 à 6,5 TWh [b]<br>*Une analyse de sensibilité peut être réalisée entre 1 et 6,5 TWh pour prendre en compte un développement plus ou moins fort des solutions biométhane. Ces valeurs se basent sur les potentiels de production nationaux.*<br>• Taux d'additionnalité du biométhane injecté par rapport au gaz naturel : 20 à 100%.<br>*Une analyse de sensibilité doit être réalisée sur cette valeur pour prendre en compte la forte incertitude pesant sur cette variable.* |
| **Données sources générales** | N/A |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | Faute de données plus précises, la méthodologie repose sur une hypothèse de maintien des coûts réseaux dans le temps. Ces coûts sont considérés comme majoritairement fixes.<br>L'influence des volumes de biométhane injectés sur les volumes totaux de gaz circulant dans les réseaux suisses est un paramètre très complexe à évaluer et dépendant notamment de la stratégie énergétique nationale.<br>Une analyse de sensibilité peut être mise en place sur le taux d'additionnalité du biométhane injecté, afin de rendre compte de l'incertitude entourant cette valeur.<br>Une analyse de sensibilité sur les coûts de réseau peut aussi être mise en place, pour tenir compte de l'incertitude et de l'hétérogénéité de ces coûts entre les différents gestionnaires de réseaux suisses. |
| **Acronymes** | N/A |
| **Références** | [a] E-Cube, « *Potentiel d'injection de gaz renouvelable dans le réseau suisse à l'horizon 2030* », 2018<br>[b] Office fédéral de l'énergie, « *Perspectives énergétiques 2050+* », 2020 |

### 3.3.10 ENER.3 Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable – Détail méthodologique

#### *3.3.10.1. Cas d'une valorisation en injection*

| Externalité | **Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable** |
|---|---|
| Référence | ENER.3 |
| Catégorie | Energie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | Monétarisation (CHF/MWh) : comparaison des coûts d'adaptation des réseaux de gaz et d'électricité à l'horizon 2050 entre :<br>• Un scénario dit « scénario gaz » de poursuite de l'utilisation du réseau de gaz (via injection de gaz renouvelables divers)<br>• Un scénario dit « scénario élec » où les énergies renouvelables intermittentes sont massivement développées pour la production d'électricité, et l'infrastructure gaz étant « simplement » valorisée comme moyen de gestion de cette intermittence (stockage de l'électricité excédentaire)[8]. |
| **Méthodologie de calcul** | $ENER\ 3 = \frac{Coût_{réseau\ scénario\ élec}(CHF) - Coût_{réseau\ scénario\ gaz}(CHF)}{Quantité\ de\ gaz\ renouvelable\ consommée\ en\ 2050\ (MWh)}$ |
| **Données sources spécifiques au site** | L'externalité n'est pas spécifique à un site donné, mais liée au développement de la filière biométhane suisse. |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | • Economies annuelles sur l'adaptation des réseaux d'électricité (distribution et transport) dans le « scénario gaz » par rapport au « scénario élec » en 2030 : 690 MCHF<br>• Surcoût lié à l'adaptation du réseau de gaz dans le scénario « gaz » par rapport au « scénario élec » : 22 MCHF<br>• Quantité de gaz renouvelable consommée en 2050 dans le « scénario gaz » renouvelables (MWh) : 36 TWh<br><br>Pour des raisons de cohérence, l'ensemble des hypothèses sont issues du même rapport [a] |
| **Données sources générales** | N/A |

[8]Cette comparaison ne préjuge pas des perspectives la filière du Power to Gas en Suisse, qui sont détaillées dans le Position paper de l'OFEN [49].

| | |
|---|---|
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | L'évaluation des coûts d'adaptation des réseaux de gaz et d'électricité constitue un exercice prospectif complexe et spécifique à chaque pays.<br><br>Il existe peu de ressources bibliographiques et données sur le sujet dans le contexte suisse. D'autres travaux pourraient être nécessaires pour approfondir l'analyse coût / bénéfice des différents scénarios.<br><br>L'ampleur de l'externalité est dépendante de la stratégie énergétique nationale, et notamment de la place faite aux gaz renouvelables et aux infrastructures gazières.<br><br>La contribution du biométhane (indigène comme importé) à la réduction des coûts d'infrastructure est complexe à évaluer. Le potentiel d'injection de biométhane indigène (3 à 6,5 TWh) reste en effet relativement limité par rapport à la consommation de gaz nationale, qui pourrait par ailleurs s'appuyer sur d'autres sources de gaz renouvelables (gaz de synthèse, hydrogène, etc…). |
| **Acronymes** | N/A |
| **Références** | [a] Frontier Economics, The value of gas infrastructure in a climate-neutral Europe, 2019 |

#### *3.3.10.2. Cas d'une valorisation en cogénération*

| | |
|---|---|
| Externalité / Bénéfice rémunéré | **Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable** |
| Référence | ENER.3 |
| Catégorie | Energie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel – STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | En plus d'être renouvelable et stable, la production d'électricité à partir de biogaz peut être modulée et participer à l'équilibrage du réseau électrique.<br><br>La valeur de ce service est approchée par le montant de la rémunération pouvant être perçue par les unités en participant aux mécanismes de flexibilité nationaux. |
| **Méthodologie de calcul** | $$ENER.3 = \frac{Rémunération\ moyenne\ accessible\ sur\ 1\ an\ (CHF)}{Production\ annuelle\ d'électricité\ (MWh)}$$ |
| **Données sources spécifiques au site** | • Puissance électrique de l'installation<br>• Production annuelle d'électricité de l'unité |

| | |
|---|---|
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | • Niveau de rémunération accessible sur les différents mécanismes de flexibilité nationaux par une unité biogaz en cogénération : 0,1 ct à 0,3 CHF/kWh de biogaz brut produit [a] |
| **Données sources générales** | N/A |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | Dès lors qu'une rémunération du service est mise en place, il ne s'agit plus d'une externalité. Le développement d'unités de méthanisation permet toutefois d'offrir la possibilité de rendre de tels services, au contraire des énergies renouvelables intermittentes.<br><br>La valeur réellement apportée par l'intégration de capacités flexibles sur le réseau n'est pas directement chiffrée. La valeur créée est approchée par le montant de la rémunération versée aux fournisseurs de cette flexibilité.<br><br>Une étude sur le rôle possible du biogaz dans la stabilisation et la flexibilisation du réseau électrique, dans un contexte de fort développement des énergies renouvelables intermittentes pourrait être réalisée. |
| **Acronymes** | N/A |
| **Références** | [a] Interview avec un agrégateur suisse, FlecoPower, mars 2021 |

### 3.3.11 ENER.4 Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires – Détail méthodologique

| Externalité | **Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires** |
|---|---|
| Référence | ENER.4 |
| Catégorie | Energie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection – Cogénération |
| **Statut** | Qualifiable |
| **Principe retenu pour la qualification** | Qualification, par le biais de questions, de l'ancrage local du projet et des éventuels liens avec d'autres projets de transition énergétique ou d'économie circulaire |
| **Méthodologie de calcul** | N/A |
| **Données sources spécifiques au site** | ▪ Le développement de l'unité de méthanisation a-t-il déclenché des réflexions sur d'autres projets ? (ex : coopérative d'agriculteurs, photovoltaïque agricole, passage à l'agriculture biologique…)<br>▪ Au contraire, le développement de l'unité de méthanisation fait-il suite à d'autres initiatives similaires (ex : coopérative d'agriculteurs, photovoltaïque agricole…)<br>▪ L'énergie produite par le site de méthanisation est-elle valorisée localement, par d'autres acteurs du territoire ?<br>▪ Les porteurs de projet ont-ils été approchés pour de telles questions par des acteurs du territoire ?<br>▪ Les porteurs de projet accueillent-ils des visiteurs ? (portes ouvertes, étudiants, etc..)<br>▪ Le projet a-t-il le soutien des collectivités et des riverains ? |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | N/A |
| **Données sources générales** | N/A |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | L'évaluation de la contribution d'un projet sur l'émergence d'autres initiatives ou à une dynamique locale de transition est complexe. En particulier, l'approche qualitative retenue (entretien avec les porteurs de projet) peut présenter un certain degré de subjectivité. |
| **Acronymes** | N/A |
| **Références** | N/A |

### 3.3.12 ENER.5 Effacement d'énergies fossiles

| | |
|---|---|
| Externalité | **Effacement d'énergies fossiles** |
| Référence | ENER.5 |
| Catégorie | Energie |
| Typologies d'unités concernées | Agricole – Biodéchets – Industriel - STEP |
| Voies de valorisation concernées | Injection - Cogénération |
| **Statut** | Monétarisable |
| **Principe retenu pour la quantification et la monétarisation** | Cogénération : calcul de la valeur associée à la décarbonation des usages chaleur et électricité permis par respectivement la vente de chaleur et de garanties d'origine<br>Injection : Calcul de la valeur associée à la décarbonation des usages gaz permis par la vente de certificats renouvelables |
| **Méthodologie de calcul** | Cogénération :<br>➢ $\frac{(GO\ générées * Prix\ GO) + (chaleur\ valorisée * prix)}{Quantité\ de\ biog \quad produit}$<br>Injection :<br>➢ $\frac{Certif.\ renouvelables\ générés * Prix\ certif.}{Quantité\ de\ biogaz\ produit}$ |
| **Données sources spécifiques au site** | ▪ Quantité d'énergie produite par type (électricité / chaleur / biométhane)<br>▪ Quantité de chaleur produite et valorisée auprès de clients tiers, et prix de vente |
| **Données sources spécifiques au pays (Suisse)** | ▪ Valeur de la GO pour l'électricité renouvelable<br>▪ Valeur du certificat renouvelable pour le gaz renouvelable. |
| **Données sources générales** | - |
| **Limites méthodologiques et points d'attention** | Ces bénéfices font déjà l'objet d'une contrepartie financière et à ce titre, ils ne représentent pas vraiment une externalité. Toutefois l'empreinte carbone des entreprises et des collectivités est un élément fondamental des enjeux de transition énergétique et de décarbonation, ce qui légitime de conserver cette « externalité » en tant que telle. |
| **Acronymes** | GO : garantie d'origine |
| **Références** | N/A |

## 3.4 Phase 3 : Illustration de la méthodologie d'évaluation sur des cas concrets en Suisse

### 3.4.1 Unité de méthanisation agricole valorisant le biogaz en cogénération Bio-énerg'Etique SA (Bure, JU)

#### *3.4.1.1. Présentation du site et des hypothèses spécifiques au site*

Annexée à l'exploitation agricole pour la production céréalière biologique de Claude Etique, depuis l'année 2013, l'installation Bio-énerg'Etique méthanise 20000 tonnes de matières par année, notamment des engrais de ferme et des déchets de cultures provenant des exploitations agricoles de la région, ainsi que d'autres sous-produits issus de l'industrie agroalimentaire.

Le biogaz produit à partir de ces matières est valorisé dans un moteur de cogénération permettant de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur. Après autoconsommation, l'électricité est injectée dans le réseau électrique de EDJ, actionnaire minoritaire de l'installation. Quant à la chaleur, elle est utilisée pour couvrir les besoins thermiques de la méthanisation, pour la déshydratation de fourrage, bois ou céréales et pour chauffer les casernes militaires, voisines du site de méthanisation. L'installation de Bio-énerg'Etique compte également un Prototype de station de ravitaillement de biogaz-carburant.

Une quinzaine d'agriculteurs bénéficient du retour au sol du digestat produit par l'installation.

La rentabilité de l'installation est recherchée à travers la vente de l'électricité (participation au système de rétribution de l'injection, jusqu'à 2023), la vente de la chaleur, les prestations de séchage/déshydratation, les prestations de vente et d'épandage du digestat. L'installation participe également au marché d'énergie de réglage pour l'électricité. Dans l'avenir la vente de biogaz-carburant devrait s'ajouter aux revenus de l'installation.

| **Données et chiffres :** |
|---|
| Mise en service : 2013 |
| Tonnage de matières méthanisées : 20 000 T/an (80,5% fumier et lisier ; 19,5% pailles de maïs, menue paille, feuilles de betterave, intercultures, glycérine, déchets de fève de cacao) |
| Technologie : méthanisation en voie liquide infiniment mélangée (Weltec Agripower) |
| Puissance électrique maximale installée : 700 kW |
| Puissance électrique moyenne : 500 KW |
| Production d'électricité : environ 4 350 000 KWh |
| Production de chaleur : environ 5 000 000 KWh |
| Production de digestat : 18 000 T/an |

**Explication des externalités évaluées**

Sur l'ensemble des 18 externalités identifiées dans le présent rapport, seule une partie a été évaluée sur le cas agricole. En effet :

- 18 externalités ont été identifiées, et ont chacune fait l'objet d'une fiche descriptive (cf. 3.2.2)
- Parmi ces 18 thématiques, 10 d'entre-elles ont été retenues pour la phase d'étude de cas (cf. 3.4.2).
- Parmi les 10 thématiques prioritaires, seules 8 sont applicables au cas de l'unité agricole en cogénération étudiée et ont donc été évaluées. En effet :
    - L'externalité ENER.2 (valorisation des infrastructures gazières) n'est pas applicable dans le cas des unités en cogénération
    - L'externalité SE.3 (Evolution des charges de traitement des déchets) n'a pas pu être évaluée, l'unité ne traitant pas de cosubstrats adaptés au calcul.

Parmi les 8 sujets couverts, 6 ont fait l'objet d'une quantification, tandis que les deux autres ont été évalués de manière qualitative.

### 3.4.1.2. *Monétarisation et analyse de sensibilité : présentation des résultats*

***Synthèse des résultats***

Les résultats obtenus pour les six externalités quantifiables et monétarisables sont présentés dans le tableau ci-dessous, et sont exprimés à la fois de manière relative (montant en CHF par an rapporté à l'énergie produite [MWh de biogaz brut/an]) et de manière absolue (montant en CHF par an). Lorsque des sensibilités ont été réalisées, les bornes minimum et maximum ont été intégrées dans le tableau, de manière à refléter les plages de variabilité des résultats aux jeux d'hypothèses testés. Les hypothèses associées à ces bornes sont explicitées dans le détail des résultats externalité par externalité.

Pour rappel, les externalités ci-dessous ont été monétarisées selon des méthodologies diverses et sur des périmètres (notamment temporels) distincts. Il n'est ainsi en général pas conseillé de sommer les résultats obtenus, ou bien alors il est conseillé de le faire avec précaution, en accordant plus de crédit à la valeur relative qu'à la valeur absolue de cette somme (i.e. en comparaison avec d'autres grandeurs, comme le coût de production des unités de biogaz, ou le montant du SRI) . Le lecteur est plutôt invité à étudier chacun des résultats au cas par cas, en se référant notamment au détail présenté ci-dessous. Chaque externalité fait l'objet d'une partie dédiée où les résultats sont expliqués et remis en contexte.

En plus des six thématiques approchées par monétarisation ci-dessous, deux autres externalités ont été traitées de manière qualitative. Bien qu'aucune valeur monétaire n'ait été attribuée à ces deux sujets, les résultats apparaissent comme positifs. Le détail est également disponible dans les paragraphes suivants.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant.

| | | Valeur relative *(CHF/MWh – biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(kCHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Réf | Agricole cogénération | Bas | Nominal | Max | Bas | Nominal | Max |
| AGR.1 | Diminution engrais | | 4,8 | | | 60 | |
| ENV.1 | GES | 4,4 | 8,7 | 36,3 | 55 | 107 | 448 |
| ENV.2 | EAU (Digestat) | -7,8 | 7,8 | 15,6 | - 96 | 96 | 193 |
| SE.1 | Emploi | 8,1 | 16,2 | 24,2 | 100 | 200 | 300 |
| ENER.3 | Energie stable et stockable | 0,4 | 0,7 | 1,1 | 4 | 9 | 13 |
| ENER.5 | Effacement énergie fossile | | 11,8 | | | 146 | |

**Tableau 6.** Résultats des calculs de monétarisation – cas agricole cogénération

En plus de la vision « tableau », les résultats ont également été présentés de manière graphique, ci-dessous. Cette vue permet de mettre en regard les valeurs obtenues et leurs caractéristiques (ampleur, plage de variabilité). Les mêmes précautions de lecture que celles précisées plus haut s'appliquent néanmoins toujours.

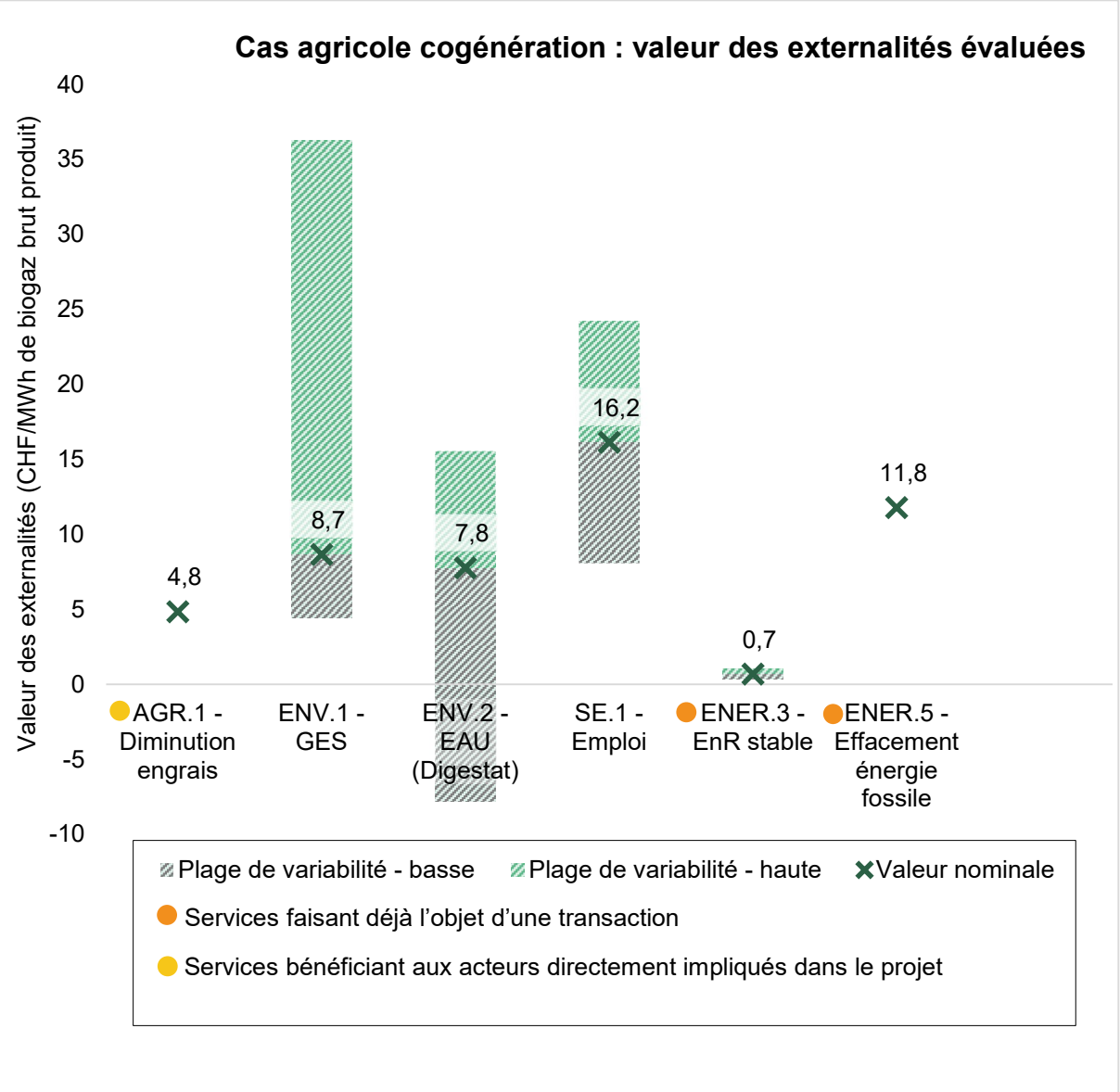



**Figure 9.** Résultats des calculs de monétarisation – cas agricole cogénération

Le détail des calculs et l'exploitation des résultats sont présentés dans la suite du rapport. Plusieurs enseignements généraux peuvent toutefois être tirés de ces résultats :

- **De manière générale, les externalités évaluées donnent lieu à des résultats très variables** (de -7,8 à +36,3 CHF/MWh en incluant les plages de sensibilité), mettant en évidence des services rendus plus ou moins forts selon les thématiques considérées.
- **On distingue 3 externalités (GES, eau, emploi) pour lesquelles les analyses de sensibilité mettent en évidence une forte dépendance des résultats aux variations des hypothèses testées.** Les interprétations sont toutefois différentes selon les cas :
    - **ENV.1 GES :** Il existe un consensus sur le fait que la méthanisation permet de fortes réductions d'émissions de gaz à effet de serre. L'évaluation nécessite toutefois l'utilisation de facteurs d'émission de référence (ou une étude effectuée à l'échelle de

l'unité, comme celle réalisée par les projets de protection du climat d'Ökostrom Schweiz [54]), qui ne sont pas disponibles. De la même manière, plusieurs valeurs monétaires peuvent être prises en compte pour les émissions de $CO_2$, et impacter fortement les résultats. La variabilité des résultats découle donc moins d'une incertitude sur l'ampleur de l'externalité, que d'un manque de référentiels sur lesquels indexer l'analyse.

- **ENV.2 EAU :** L'impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau peut être positif, mais également neutre voire négatif selon les pratiques mises en œuvre, le contexte, la situation de référence, etc. Les échanges avec l'exploitant sur ses pratiques agricoles semblent toutefois montrer que l'introduction de l'unité s'est accompagnée de précautions opératoires à même de minimiser le risque sur la qualité des eaux, voire de le réduire par rapport à la situation de référence. En l'absence de mesures permettant d'attester cette affirmation, il a été décidé de garder une analyse de sensibilité relativement large, incluant notamment une borne minimum conservatrice.
- **SE. 1 EMPLOI :** La principale difficulté pour la monétarisation réside dans la prise en compte des emplois hors-sites et emplois indirects (voir fiche SE.1). En l'absence de données précises sur l'emploi dans la filière biogaz dans le contexte suisse, un jeu d'hypothèse assez large a été pris en compte. La borne minimum de l'analyse correspond aux 2 emplois directs générés par le projet, aisément quantifiables.

- **Bien qu'additionner les valeurs ne soit pas conseillé, ces dernières peuvent être mises en regard du montant du SRI à titre de comparaison** (35ct/kWhe, soit environ 130 CHF/MWh de biogaz produit). Ainsi, les externalités représentent certes un complément de revenu pour le producteur de biogaz, mais elles ne peuvent pas représenter le revenu principal dans le contexte actuel : s'il n'y a plus de SRI, il est nécessaire de trouver un autre revenu pour les producteurs, au-delà de celui relevant de la valorisation des externalités (dans les conditions économiques actuelles), pour que les unités de méthanisation puissent trouver une rentabilité économique.
- **Dans l'ensemble, les résultats démontrent l'importance des services rendus par la méthanisation (ici agricole en cogénération) aux bénéficiaires associés.**
- **Les résultats des deux analyses qualitatives ne sont pas présentés sur le schéma, mais donnent lieu à des résultats également très positifs.** L'absence de valeur monétaire ne préjuge pas de l'importance de ces deux thématiques.

### *AGR.1 – Diminution du recours aux engrais minéraux*

L'externalité portant sur la diminution du recours aux engrais minéraux fait partie des thématiques pour lesquelles l'approche théorique (évaluation de l'externalité de manière indirecte, par calcul à partir d'hypothèses simples) a été couplée à une approche terrain (mesure de l'externalité directement sur le site concerné).

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/MWh de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique (*) | | 3,4 | | | 42 000 | |
| Mesure terrain (**) | | 4,5 | | | 60 000 | |

(*) *L'approche théorique est calculée en prenant en compte l'ensemble des intrants, et la proportion d'azote ammoniacal théorique avant et après méthanisation, suivant la méthode définie en §3.3.3.1. Celle-ci exprime donc un potentiel de réduction d'engrais total (englobant l'ensemble des agriculteurs apportant des engrais de ferme et bénéficiant de l'épandage des digestats).*

*(**) L'approche terrain est ici représentée par la baisse réelle de consommation d'engrais minéraux constatée par le porteur de projet uniquement (en excluant les autres partenaires du projet), pour ses seuls besoins d'épandage. La prise en compte des réductions de consommation d'engrais pour les autres agriculteurs devrait permettre d'arriver à une valeur monétarisée encore plus élevée.*

L'unité de méthanisation Bio-énerg'Etique traite 20 000 tonnes de matière par an, dont une majorité d'effluents d'élevage (80% de fumier et de lisier) et 20% de cosubstrat. L'approche théorique met en évidence un potentiel de réduction du recours aux engrais minéraux, que confirment les mesures terrain. Le projet de méthanisation permet bien une réduction de l'usage d'engrais minéraux pour l'exploitant, par rapport à la situation de référence, *i.e.* avant le développement du projet.

Cette réduction s'explique par deux raisons principales (voir fiche descriptive de l'externalité AGR.1) :

- La digestion des engrais de ferme permet la minéralisation d'une partie de l'azote organique en azote minéral, renforçant donc le pouvoir fertilisant de la matière par rapport à la situation de référence, où les intrants n'étaient pas digérés
- La méthanisation de co-substrats permet un apport exogène d'azote, issu de produits qui n'étaient jusqu'alors pas épandus sur les cultures de l'exploitation.

Le potentiel de substitution d'engrais minéraux a été estimé par une approche théorique, en prenant en compte les valeurs fertilisantes supposées des produits avant et après méthanisation, ainsi que les tonnages méthanisés. Cette approche évalue à 3,4 CHF/MWh (soit 42 000 CHF/an) les économies envisageables à l'échelle de l'ensemble de l'unité.

D'après les porteurs de projet, ces économies s'élèvent en pratique à 60 000 CHF (prix de référence des engrais de synthèse : 1.35 CHF/uN), pour la seule exploitation céréalière adossée à l'unité. Des réductions supplémentaires sont également attendues pour les agriculteurs partenaires du projet et bénéficiant eux aussi d'un épandage de digestat.

Au total la réduction d'engrais avancée par les porteurs de projet dépasse ainsi largement les calculs théoriques (42% sur la seule exploitation du porteur de projet). Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette différence. En premier lieu, il convient de préciser que l'approche théorique est basée sur des hypothèses (composition des digestats, des engrais de ferme,...) issues de la littérature et présentant donc un degré d'incertitude.

L'exploitation agricole opérée par les porteurs de projets est de plus une exploitation céréalière, et n'avait donc pas de gisement d'engrais de ferme à valoriser. La fertilisation reposait ainsi quasi-exclusivement sur un apport d'engrais minéraux de synthèse. Suite à l'introduction du projet de méthanisation, l'exploitation bénéficie d'un nouveau produit organique pouvant se substituer aux engrais de synthèse.

Il est également important de relever que le développement de l'unité de méthanisation s'est accompagné d'une conversion à l'agriculture biologique de l'exploitation céréalière, engendrant nécessairement une évolution des pratiques de fertilisation. Selon les porteurs de projet, une augmentation des rendements d'environ 30% a par ailleurs été constatée.

D'après l'exploitant toujours, d'autres agriculteurs partenaires du projet ont par ailleurs effectué leur conversion à l'agriculture biologique, consécutivement à l'introduction du projet de méthanisation.

Finalement, l'installation Bio-énerg'Etique possède également un outil de séparation de phase, permettant de séparer les phases solide (valeur amendante) et liquide (valeur fertilisante azotée) du digestat. De manière générale, la connaissance des caractéristiques des produits finaux (digestats solides et liquides) peut permettre un pilotage plus fin de la fertilisation, par rapport à l'utilisation d'engrais de ferme. Ceci peut ainsi également expliquer une potentielle optimisation des pratiques de fertilisation.

Afin d'obtenir une évaluation plus précise de l'externalité, il serait nécessaire d'évaluer la réduction d'engrais constatée par l'ensemble des partenaires du projet bénéficiant d'un épandage de digestat, et d'effectuer un bilan des flux d'azote sur l'ensemble des exploitations concernées, avant et après méthanisation.

De manière générale, les résultats obtenus (avec une externalité mesurée supérieure à l'externalité théorique) tendent à démontrer que la méthanisation s'accompagne de changements plus profonds que la seule digestion des intrants avant épandage. Dans ce cas particulier, plusieurs agriculteurs ont effectué leur transition à l'agriculture biologique, et ont semble-t-il optimisé leurs pratiques de fertilisation pour réduire au maximum leur consommation d'engrais minéraux de synthèse.

### *ENV.1 – Réduction des émissions de Gaz à Effets de Serre*

Les activités de méthanisation permettent une réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du cycle de vie des projets. Le site considéré n'ayant pas fait l'objet d'un bilan carbone exploitable dans le cadre de cette étude, seule l'approche théorique (reposant sur l'utilisation de facteurs d'émissions) est mise en œuvre. Les résultats obtenus sont détaillés ci-dessous :

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/MWh de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | 4,4 | 8,7 | 36,3 | 55 000 | 107 000 | 449 000 |

L'approche retenue consiste à comparer les facteurs d'émission des énergies produites par l'unité avec les émissions des énergies de référence pour les usages concernés (électricité, chaleur). Le résultat obtenu est ensuite croisé avec une valeur monétaire du $CO_2$.

Selon les valeurs retenues pour ces hypothèses, les résultats sont donc susceptibles de varier de manière significative. L'analyse met en évidence des valeurs allant de 4,4 CHF/$Nm^3$ de biogaz brut produit, jusque 36,3 CHF/$Nm^3$, avec une valeur nominale à 8,7 CHF/$Nm^3$.

Ces résultats sont le fruit d'une analyse de sensibilité réalisée sur deux valeurs :

- Le facteur d'émission associé à la production d'électricité à partir de biogaz (CHF/$Nm^3$ de biogaz brut)
- La valeur attribuée au carbone (CHF/$tCO_{2eq}$)

D'après la revue de littérature et les entretiens effectués, il n'existe pas de facteur d'émission générique pour les émissions de gaz à effet de serre associées à la combustion de biogaz (ou de biométhane) en Suisse, et prenant en compte l'ensemble des émissions sur la chaine de valeur des projets. L'inventaire national des émissions considère ainsi un facteur d'émission pour la combustion du biogaz similaire à la combustion de gaz naturel, en précisant toutefois qu'il s'agit de gaz biogénique (contre fossile dans le cas du gaz naturel).

Les émissions de $CO_2$ biogéniques peuvent être considérées comme ayant un impact neutre sur le climat (car elles sont issues du cycle naturel du carbone, qui est court). Cette approche ne prend toutefois pas en compte les autres émissions induites et évitées sur l'ensemble du projet. En l'absence d'un tel chiffre à l'échelle de la Suisse, une sensibilité est proposée avec une valeur dérivée de l'inventaire national des facteurs d'émission français (Base Carbone ®, administrée par l'ADEME). L'inventaire a en effet récemment intégré un facteur d'émission spécifique au biométhane, calculé selon une approche par analyse de cycle de vie (ACV).[9]

Deux valeurs sont ainsi testées : une valeur nulle (en considérant des émissions nulles car contenant exclusivement du $CO_2$ biogénique) et la valeur plus conservatrice dérivée de la Base Carbone ® : 0,099 *($kgCO_{2eq}/kWh$ PCS).* Ces deux hypothèses correspondent à des réductions d'émissions de respectivement 1 540 et 1 110 $tCO_{2eq}$/an.

Concernant la valeur du carbone, trois données différentes ont été utilisées :

- Valeur minimale : prix du quota de $CO_2$ dans le mécanisme EU-ETS (que la Suisse a rejoint en 2020) à la date de rédaction du rapport : 49 CHF/$tCO_{2eq}$
- Valeur nominale : montant de la taxe carbone en Suisse à la date de rédaction du rapport : 96 CHF/$tCO_{2eq}$
- Valeur maximale : Valeur représentant les conséquences (coûts) des émissions de $CO_2$ : 290 CHF/$tCO_{2eq}$

Ces trois valeurs représentent des approches différentes. Pour les valeurs minimale et nominale, il s'agit de référentiels connus issus de mécanismes ayant vocation à pénaliser les émissions de $CO_2$ des acteurs y étant soumis, de manière à les pousser à réduire leurs émissions.

La troisième valeur au contraire représente le coût induit par le changement climatique. Cette valeur peut ainsi également être lue comme un repère permettant de guider les investissements dans des solutions de décarbonation : toute solution présentant un coût d'abattement (CHF/$tCO_2$) inférieur à cette valeur peut être considérée comme un investissement pertinent d'un point de vue climatique.

[9] La Base Carbone ® donne uniquement un facteur d'émission pour la production de biométhane (0,0395 $kgCO_{2eq}$ / kWh PCS) mais pas de valeur pour le biogaz. Un facteur d'émission pour la production de biogaz a été proposé en divisant le facteur ci-dessus par un rendement électrique type (40%), et en considérant que la quantité d'énergie contenue dans le biogaz est conservée dans le biométhane après enrichissement. L'empreinte carbone du biogaz produit est attribuée à l'électricité et celle de la chaleur est donc comptée à zéro.

*Analyse de sensibilité des résultats (CHF/$Nm_3$ de biogaz brut)*

| | | Valeur attribuée au carbone *(CHF/$tCO_{2eq}$)* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 49 | 96 | 290 |
| Facteur d'émission *(kg$CO2_{eq}$/kWh PCS)* | 0,099 | 4,4 CHF/$Nm^3$ *(55 kCHF/an)* | 8,7 CHF/$Nm^3$ *(107 kCHF/an)* | 26,2 CHF/$Nm^3$ *(324 kCHF/an)* |
| | 0 | 6,1 CHF/$Nm^3$ *(=75 kCHF/an)* | 12,0 CHF/$Nm^3$ *(148 kCHF/an)* | 36,3 CHF/$Nm^3$ *(449 kCHF/an)* |

Selon les hypothèses retenues on observe ainsi une forte variabilité, illustrant notamment les différentes approches possibles en matière de valorisation monétaire des émissions évitées.

Les valeurs hautes, reposant sur un prix du carbone très élevé de 290 CHF/$tCO_2$eq peuvent difficilement constituer la base d'un système de rétribution (au moins à court terme) mais ont pour avantage de représenter le service rendu selon un autre angle de vue (coûts évités grâce à la réduction des émissions de $CO_2$).

Le scénario nominal, reposant sur l'utilisation du facteur d'émission non nul (et donc conservateur) et du montant actuel de la taxe carbone nationale donne une valeur malgré tout significative de 8,7 CHF/$Nm^3$ (soit 107 kCHF/an), illustrant la contribution importante de la méthanisation à la baisse des émissions nationales.

### *ENV.2 – Impact sur la pollution azotée des eaux*

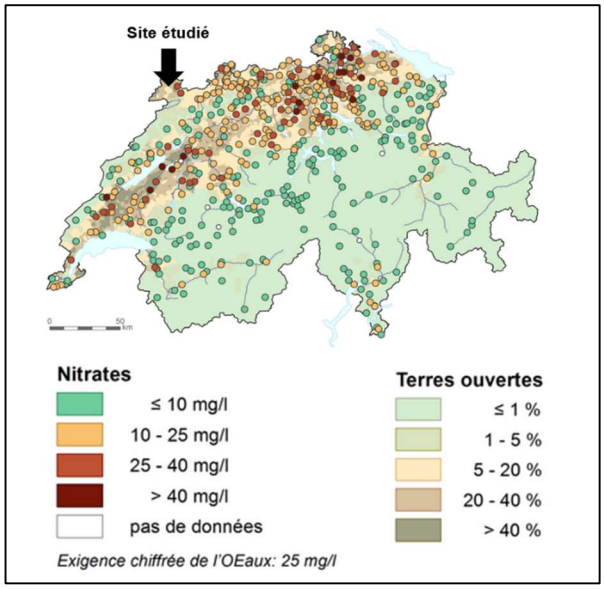
L'introduction d'un projet de méthanisation entraine plusieurs modifications à même d'impacter la qualité des ressources en eau (nappes phréatiques en l'occurrence). En particulier, le projet de méthanisation implique une évolution des pratiques agricoles, des flux d'azotes à l'échelle des exploitations et parcelles, ou encore parfois du matériel d'épandage, etc.

Les porteurs de projet ne disposent pas d'un historique de mesures (reliquats d'azote en champ) qui permettrait d'attester d'une évolution (à la hausse ou à la baisse) du risque de pollution des eaux. Une évaluation théorique a donc été proposée, sur la base d'hypothèses et d'échanges avec l'exploitant de l'unité.

L'impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau dépend de très nombreux facteurs, pour certains très complexes à capter (pratiques agricoles, type de sol, proximité des nappes, etc…) et peut donc varier sensiblement entre les sites.

**L'approche proposée a vocation à illustrer un potentiel de réduction ou d'augmentation du risque de lixiviation de l'azote. Il ne s'agit pas d'une quantification directe de l'impact de l'unité sur la qualité des masses d'eau avoisinantes, qui nécessiterait une approche méthodologique plus précise, et menée sur le long terme.**

La concentration en nitrates des eaux souterraines constitue un enjeu particulier en Suisse, notamment au niveau du Jura et du Plateau. Selon l'OFEV, 15% des stations NAQUA [37] (plus de 600 sur le territoire) dépassent le seuil de 25 mg/l donné dans l'ordonnance sur la protection des eaux (OEaux). Dans les zones cultivées ce taux grimpe à 40%, représentant l'enjeu particulier de l'encadrement des pratiques agricoles (cf. carte ci-contre)




Le site étudié et les parcelles agricoles associées se trouvent dans le Jura, sur une zone S3 de protection éloignée (classé en secteur Au lors du développement du projet)[10]. Le Jura présente de plus un sol karstique[11], pouvant augmenter le risque de lessivage de l'azote vers les nappes.

Au regard de son emplacement, l'exploitation agricole était déjà tenue de respecter un certain nombre d'obligations avant même l'introduction du projet de méthanisation, afin de préserver les ressources en eau voisines (encadrement des pratiques d'épandage d'engrais liquide, de fumier, etc.).

L'introduction du projet de méthanisation a toutefois nécessairement provoqué une évolution des pratiques agricoles et des bilans azotés des exploitations impliquées :

- Les engrais de ferme et autres intrants sont digérés de manière centralisée au sein de l'unité (avec maintien des quantités d'azote avant/après digestion, mais évolution de la forme de l'azote, avec une augmentation de la proportion d'azote minéral)
- Des matières auparavant non épandues sont maintenant méthanisées, constituant de fait un apport supplémentaire d'azote
- Une réduction de consommation d'engrais minéraux est constatée
- Le digestat obtenu est séparé en deux phases distinctes (solide, liquide) aux vertus complémentaires, et dont les caractéristiques sont connues car mesurées régulièrement. L'exploitation effectue à minima 3 analyses de digestat par année (obligation réglementaire). Ces analyses portent sur la teneur en nutriments, en métaux lourds, et en indésirables.
- Les capacités de stockage de digestat excèdent les capacités de stockage des effluents (dans le cas sans méthanisation) permettant d'épandre aux bonnes périodes. Ce point a été confirmé par l'exploitation.
- Selon le porteur de projet, l'épandage de digestat est plus contraint que l'épandage de fumier, qui peut être fait à l'automne. Le digestat est épandu aux périodes les plus adéquates, en fonction des besoins des cultures.

L'absence de mesures terrain ne permet pas de trancher sur l'impact qu'a effectivement eu l'unité sur la qualité des eaux. Les évolutions ci-dessous, couplées à un respect des bonnes pratiques et des obligations en vigueur dans les zones de protection des eaux doivent permettre à minima d'avoir un impact neutre, voire positif. La mise en place d'un projet de méthanisation peut simplifier la mise en œuvre de telles pratiques. Selon le porteur de projet, les points évoqués ci-dessus peuvent

[10] Pour plus de détails sur les cartes de protection des eaux, voir la documentation OFEV sur la protection des eaux souterraines.
[11] Karst : structure géomorphologique résultant de l'érosion hydrochimique et hydraulique de roches solubles. Les sous-sol karstiques présentent notamment de nombreuses cavités.

effectivement permettre une mise en œuvre améliorée des plans de fumure, en particulier pour les exploitations qui utilisaient des engrais de ferme non digérés en cas de référence.

En prenant des hypothèses de lixiviation standards, une analyse de sensibilité a ainsi été réalisée pour représenter l'impact d'une baisse de la qualité de l'eau (-25% par rapport au cas de référence) ou d'une hausse (jusque 50%). Les échanges avec l'exploitant semblent aller vers le sens d'un maintien de la qualité de l'eau, voire d'une amélioration. Une hypothèse négative a tout de même été intégrée dans l'analyse dans une logique conservatrice, afin de refléter la criticité du sujet et l'incertitude autour de son évaluation.

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/MWh de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | -7,8 | 7,8 | 15,6 | - 96 000 | 96 000 | 192 000 |

L'analyse met en avant des valeurs particulièrement importantes, de -7,8 à 15,6 CHF/Nm$^3$ de biogaz brut selon la variation (à la hausse, à la baisse) de la qualité de l'eau. Sur l'unité concernée, cela représente de -96 000 à 192 000 CHF/an. L'approche théorique retenue implique un fort degré d'incertitude mais illustre l'enjeu du lien entre agriculture et qualité des eaux souterraines.

Les résultats importants mis en évidence dans l'analyse s'expliquent par :

- Les quantités importantes de produits épandus
- Le coût conséquent de traitement des eaux polluées aux nitrates

Finalement, il convient de noter que l'exploitant concerné effectuait déjà des cultures intermédiaires avant implantation du projet de méthanisation. Dans certains cas, la méthanisation peut favoriser le développement de telles pratiques (pour un usage énergétique des cultures), dont le caractère positif en matière de préservation de la qualité de l'eau est admis.

***SE.1 – Création d'emploi et d'activité économique***

Propriétaire d'une exploitation céréalière, le porteur du projet de méthanisation a également développé plusieurs services. L'ensemble des activités représente ainsi 17 emplois au total. Si seuls 2 des emplois sont exclusivement dédiés à l'unité de méthanisation, il importe de rappeler les synergies pouvant exister entre les différentes activités (exploitation agricole, prestations d'épandage, etc…).

On recense ainsi 2 emplois directs dédiés à l'opération et la majorité de la maintenance de l'unité de méthanisation. Au-delà des emplois générés à l'échelle du site et directement quantifiables, une approche complémentaire a été proposée afin de prendre en compte :

- Les emplois directs hors exploitation et maintenance (études et ingénierie, génie civil et VRD, équipements et pose, gestion des intrants, …) et couvrant donc les emplois associés directement à la branche biogaz
- Les emplois indirects, liés aux consommations intermédiaires effectuées par la branche biogaz (ex : fourniture du béton ou de la tuyauterie pour la construction) (voir fiche SE.1)

En l'absence de données identifiées dans le contexte Suisse, ces informations ont été extrapolées (de manière conservatrice) à partir d'une étude réalisée sur le périmètre français par le cabinet Transitions, pour le compte du gestionnaire de réseau GRDF [29], pour mener une analyse de sensibilité :

- Scénario minimum. : prise en compte de 2 emplois uniquement, correspondant aux deux salariés du site, en charge de l'exploitation et la maintenance

- Scénario nominal : 4 emplois (2 emplois directs sur site + 0,9 emploi direct hors site + 1,1 emploi indirect) (*)
- Scénario maximum : 6 emplois (2 emplois directs sur site + 1,7 emplois directs hors site et 2,3 emplois indirects). (**)

(**) Scénario maximum : calcul du nombre d'emplois directs (hors exploitation et maintenance) et d'emplois indirects par site de méthanisation, dans le scénario 1 (conservatif) de l'étude Transitions [29].

(*) Scénario nominal : moitié du scénario maximum (approche conservatrice, pour prendre en compte la taille inférieure de la branche Suisse par rapport à la branche Française),

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/Nm³ de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | 8,1 | 16,2 | 24,2 | 100 000 | 200 000 | 300 000 |

En prenant en compte le coût de prise en charge d'une personne au chômage comme valeur monétaire de référence, l'analyse met en évidence des résultats conséquents, allant de 8,1 à 24,2 CHF/Nm3, soit 100 000 à 300 000 CHF annuels. Ces chiffres mettent en exergue la capacité de la filière méthanisation à créer des emplois, qui s'avèrent de surcroit majoritairement non délocalisables (notamment pour l'exploitation et la maintenance). La Suisse étant frontalière de pays présentant des filières industrielles fortes en matière de biogaz (Allemagne, France, Italie …) certains des emplois couverts dans la présente analyse (ingénierie, construction) peuvent en partie provenir de l'étranger.

***ENER.3 – Production d'une énergie non variable et stockable***

Au contraire des énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien) amenées à se développer de manière importante en Suisse, la production d'électricité à partir de biogaz a pour caractéristique d'être globalement stable dans le temps, et en partie flexible. Les unités de méthanisation en cogénération peuvent effectivement participer aujourd'hui aux mécanismes de flexibilité, sous certaines conditions.

L'unité de méthanisation agricole étudiée participe au mécanisme d'énergie de réglage par le biais d'un agrégateur. Elle perçoit à ce titre une rétribution pour la mise à disposition de la partie flexible de sa production. Les quantités appelées et les prix sont très variables, et l'évaluation a donc été effectuée en s'appuyant sur des hypothèses moyennes communiquées par un agrégateur opérant sur le territoire national.

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/Nm³ de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | 0,4 | 0,7 | 1,1 | 4 400 | 8 700 | 13 000 |

L'analyse donne lieu à des résultats relativement faibles, de l'ordre de 0,4 à 1,1 CHF/Nm³ de biogaz brut produit (soit 4 400 à 13 000 CHF par an). Bien que les montants puissent varier largement, ces

résultats mettent en évidence une rémunération relativement faible des services de flexibilité, qui est probablement le reflet des besoins limités à ce jour de flexibilisation complémentaire à ce qui existe déjà (capacités hydrauliques).

Pour rappel, le service est ici évalué en prenant en compte la rétribution d'ores et déjà offerte dans le cadre du mécanisme. Il ne répond donc pas à la définition stricte d'une externalité, mais met en évidence la capacité de la filière biogaz à participer à la flexibilisation du réseau.

***ENER.5 – Effacement d'énergie fossile***

L'injection d'électricité produite à partir de biogaz donne lieu à la création de garanties d'origine, attestant le caractère renouvelable de l'énergie produite.

L'installation agricole étudiée bénéficiant du SRI, la garantie d'origine ne revient pas au propriétaire de l'exploitation (qui bénéficie déjà d'un soutien à son activité), mais est tout de même émise et peut être valorisée auprès de clients finaux.

Ces clients peuvent donc souscrire à des offres d'électricité renouvelable via ce mécanisme, et ont donc la possibilité d'effacer une partie de leur consommation d'énergie fossile. La vente de chaleur permet également à des clients proches de bénéficier d'une source de chaleur décarbonée.

| | Valeur relative *(CHF/Nm³ de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | | 11,8 | | | 146 000 | |

Le résultat obtenu comprend à la fois la valeur de la garantie d'origine, et à la valeur associée à la vente de chaleur.

Le service étant associé à un mécanisme de marché, il ne répond pas à la définition stricte d'externalité, mais illustre la possibilité offerte à des consommateurs finaux d'effacer des consommations d'énergie fossile, grâce au développement de l'unité. Ce sujet se recoupe en partie avec l'externalité ENV.1 (réduction des émissions de gaz à effet de serre) mais est exprimé de manière différente.

#### *3.4.1.3. Qualification de deux externalités non monétarisables : SE.2 et ENER.4*

Deux externalités – SE.2 : Résilience des exploitations et ENER.4 : Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires – ont été abordées de manière qualitative uniquement, sans proposition d'une méthodologie de quantification et/ou monétarisation. Cette absence de monétarisation ne préjuge pas d'une importance plus faible, mais plutôt d'une absence de référentiel méthodologique auquel se rattacher pour effectuer de tels calculs. Au contraire, ces deux externalités ont été évaluées comme importantes.

Afin de qualifier ces externalités sur les deux sites concernés, les questionnaires présentés dans les fiches méthodologiques (§3.3.7 et §3.3.11) ont été adressés aux porteurs de projet. Les réponses brutes aux questions sont disponibles dans l'annexe 1, et les résultats analysés sont détaillés ci-dessous.

**SE.2 – Résilience des exploitations agricoles**

L'unité de méthanisation étudiée contribue à plusieurs titres à améliorer la résilience des exploitations agricoles y étant associées.

- **Le porteur de projet, également à la tête d'une exploitation céréalière, bénéficie d'un revenu stable et prévisible dans le temps, lié à la valorisation de l'énergie**. Celle-ci s'appuie sur deux contrats offrant une bonne visibilité :
    - Un contrat de type SRI pour l'électricité produite
    - Un contrat de rachat en gré-à-gré avec la caserne avoisinante pour la chaleur
- **En complément de sources de revenus supplémentaires, l'exploitation observe des baisses de charge liées à la méthanisation** (60 000 CHF de diminution de consommation d'engrais minéraux, autoconsommation de biogaz).
- **Le porteur de projet confirme avoir développé de nombreuses compétences parallèlement au développement du projet**, en lien avec le biogaz et les projets de décarbonation des activités agricoles. En particulier, plusieurs activités ont été lancées ou sont envisagées par le porteur de projet (lancement d'une société de recherche et distribution de co-substrats, réflexions sur des projets de bioGNV, participation à des projets de méthanisation, etc.).
- **La méthanisation a également accompagné la transition de l'exploitation vers l'agriculture biologique, en permettant notamment de se passer d'engrais minéraux de synthèse.**
- **Plusieurs partenaires sont par ailleurs impliqués dans le projet de méthanisation pour la fourniture d'intrants et l'épandage de digestat.** Ces derniers bénéficient donc de l'installation de méthanisation, qui permet un traitement de leurs engrais de ferme et un épandage par conséquent optimisé (voir fiche AGR.1 et ENV.2).

**ENER. 4 – Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires**

L'unité de méthanisation agricole étudiée contribue de manière active au développement des dynamiques d'économie circulaire et de transition énergétique au sein du territoire où elle est implantée. Construite dans une zone frontalière, des liens existent également avec la France voisine.

- **L'unité de méthanisation répond au principe d'économie circulaire, et crée du lien entre les acteurs du territoire**. Le porteur de projet est notamment associé avec 6 agriculteurs fournisseurs d'intrants, et 7 autres agriculteurs pour l'épandage de digestat. Bien que minoritaires en proportion, des cosubstrats sont également récupérés et amenés vers l'unité pour traitement en méthanisation. La matière traitée est restituée au sol et est amenée à nourrir la terre et les cultures exploitées par les parties-prenantes du projet.
- **Le projet de méthanisation catalyse les réflexions et les initiatives de transition énergétique**. Le développement du projet de méthanisation par le porteur de projet constitue la traduction de la volonté de ce dernier à réduire l'empreinte environnementale de l'agriculture. Ce projet ne constitue ainsi pas une finalité et plusieurs initiatives en lien plus ou moins direct avec la méthanisation sont ainsi développées et/ou envisagées par le porteur de projet. Tout d'abord, le site intègre des panneaux photovoltaïques sur les toitures de ses hangars. Le porteur de projet envisage également de développer des projets de stations bio-GNV (biométhane carburant pour véhicules) alimentés par des unités de méthanisation agricoles, dans des zones non couvertes par le réseau de gaz. Le porteur de projet a également développé un service d'épandage clé en mains, ainsi qu'une société de recherche et de distribution de cosubstrats. De manière générale, l'unité de méthanisation constitue également un pas vers la décarbonation du secteur agricole, secteur particulièrement émissif.

- **L'unité valorise son digestat, mais également une partie de son énergie localement.** La chaleur produite par le moteur de cogénération est utilisée à plusieurs fins : autoconsommation, séchage de luzerne, mais également revendue à un acteur tiers. En effet, un contrat d'achat en gré-à-gré a été signé avec une caserne militaire avoisinante, créant une boucle locale de consommation.
- **En créant des emplois locaux directement sur le territoire, l'unité contribue à renforcer la résilience de ce dernier.**
- **L'unité de méthanisation ouvre régulièrement ses portes à des acteurs extérieurs et contribue au développement de la filière méthanisation.** Des visites sont régulièrement organisées avec des écoliers, ou encore des étudiants ingénieurs. Des formations sont également dispensées à des (futurs) exploitants d'installations de biogaz.
- **Le projet contribue à favoriser l'acceptabilité locale des projets de méthanisation.** Bien que soumis à une opposition relativement marquée à son lancement, le projet de méthanisation est aujourd'hui bien perçu par les riverains selon l'exploitant.

### 3.4.2 Unité de méthanisation de biodéchets valorisant le biogaz en injection Ecorecyclage SA (Lavigny, VD)

#### *3.4.2.1. Présentation du site et des hypothèses spécifiques au site*

L'installation régionale de méthanisation et de compostage de Lavigny est exploitée par la société Ecorecyclage SA. Elle a été mise en service en 2008 sur un site jusqu'alors utilisé pour le seul compostage de déchets verts. A présent cette installation traite environ 30 000 tonnes de déchets organiques par année. L'unité de méthanisation permet de digérer la part de la biomasse humide et facilement biodégradable de ce gisement. La fraction solide du digestat issu de la filière méthanisation est mélangée avec la biomasse ligneuse dans une unité dédiée pour son compostage et sa maturation. La fraction liquide du digestat issu de la méthanisation est valorisée en agriculture.

Le biogaz est produit à partir des matières fermentescibles réceptionnées (déchets organiques ménagers, déchets verts d'entretien de parcs et jardins, biodéchets de restauration, sous-produits de l'industrie agroalimentaire et des invendus de marchés). Il est ensuite conditionné et enrichi en biométhane pour être finalement injecté dans le réseau de gaz naturel de Holdigaz, propriétaire de l'installation.

A peu près une centaine d'agriculteurs bénéficient du retour au sol du digestat et du compost produit par l'installation. Paysagistes et privés reprennent également du compost.

La rentabilité de l'installation est atteinte grâce aux redevances pour le traitement des déchets communaux réceptionnés ; à la vente du biométhane ainsi qu'à la vente du digestat et du compost.

**Données et chiffres :**

Mise en service : Compostage dès 1992, méthanisation dès 2008

Capacité nominale méthanisation : 16 000 T/an (70% déchets organiques issus de collecte séparée ; 8% biodéchets de restauration ; 19% déchets de l'industrie agroalimentaire ; 3% invendus emballés)

Technologie : méthanisation en voie solide à flux piston (Axpo Kompogas)

Production de biométhane : environ 1 100 000 $Nm^3$/an ; 11 790 $MWh_{PCS}$/an

Production de digestat liquide : 6 500 $m^3$/an

Production de compost : 17 000 $m^3$/an

**Explication des externalités évaluées**

Sur l'ensemble des 18 externalités identifiées dans le présent rapport, seule une partie a été évaluée sur le cas biodéchets en injection. En effet :

- 18 externalités ont été identifiées, et ont chacune fait l'objet d'une fiche descriptive (cf. 3.2.2)
- Parmi ces 18 thématiques, 10 d'entre-elles ont été considérées comme prioritaires et retenues pour la phase d'étude de cas (cf. 3.4.2).
    - Parmi les 10 thématiques prioritaires, seules 7 sont applicables au cas de l'unité biodéchets en injection étudiée et ont donc été évaluées. En effet les externalités ENV.2 (Qualité de l'eau), SE.2 (Résilience des exploitations agricoles) et SE.3 (charges liées au traitement des déchets) ne concernent pas les unités traitant des biodéchets

Parmi les 7 sujets couverts, 6 ont fait l'objet d'une quantification, tandis que le dernier a été évalué de manière qualitative.

#### *3.4.2.2. Monétarisation et analyse de sensibilité : présentation des résultats*

***Synthèse des résultats***

Les résultats sont présentés respectivement sous forme de tableau et de graphique, ci-dessous. Les mêmes précautions de lecture que celles présentées en 3.6.1.1 s'appliquent ici. En complément des six externalités monétarisées, une septième externalité a été abordée de manière strictement qualitative. Le détail de l'analyse est précisé dans les paragraphes suivants.

Résultats de l'analyse :

| | | Valeur relative *(CHF/MWh – biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(kCHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Réf | Agricole cogénération | Bas | Nominal | Max | Bas | Nominal | Max |
| AGR.1 | Diminution engrais | 0,7 | 1,3 | 1,8 | 11 | 21 | 30 |
| ENV.1 | GES | 6,5 | 13,9 | 46,9 | 108 | 230 | 778 |
| SE.1 | Emploi | 6,0 | 12,1 | 18,1 | 100 | 200 | 300 |
| ENER.2 | Valorisation des infrastructures gaz | 0,3 | 2,1 | 7,2 | 4 | 30 | 100 |
| ENER.3 | Energie stable et stockable | | 18,6 | | | 259 | |
| ENER.5 | Effacement d'énergies fossiles | | 67,2 | | | 1 115 | |

**Tableau 7.** Résultats des calculs de monétarisation – cas biodéchets en injection

En plus de la vision « tableau », les résultats ont également été présentés de manière graphique, ci-dessous. Cette vue permet de mettre en regard les valeurs obtenues et leurs caractéristiques (ampleur, plage de variabilité).

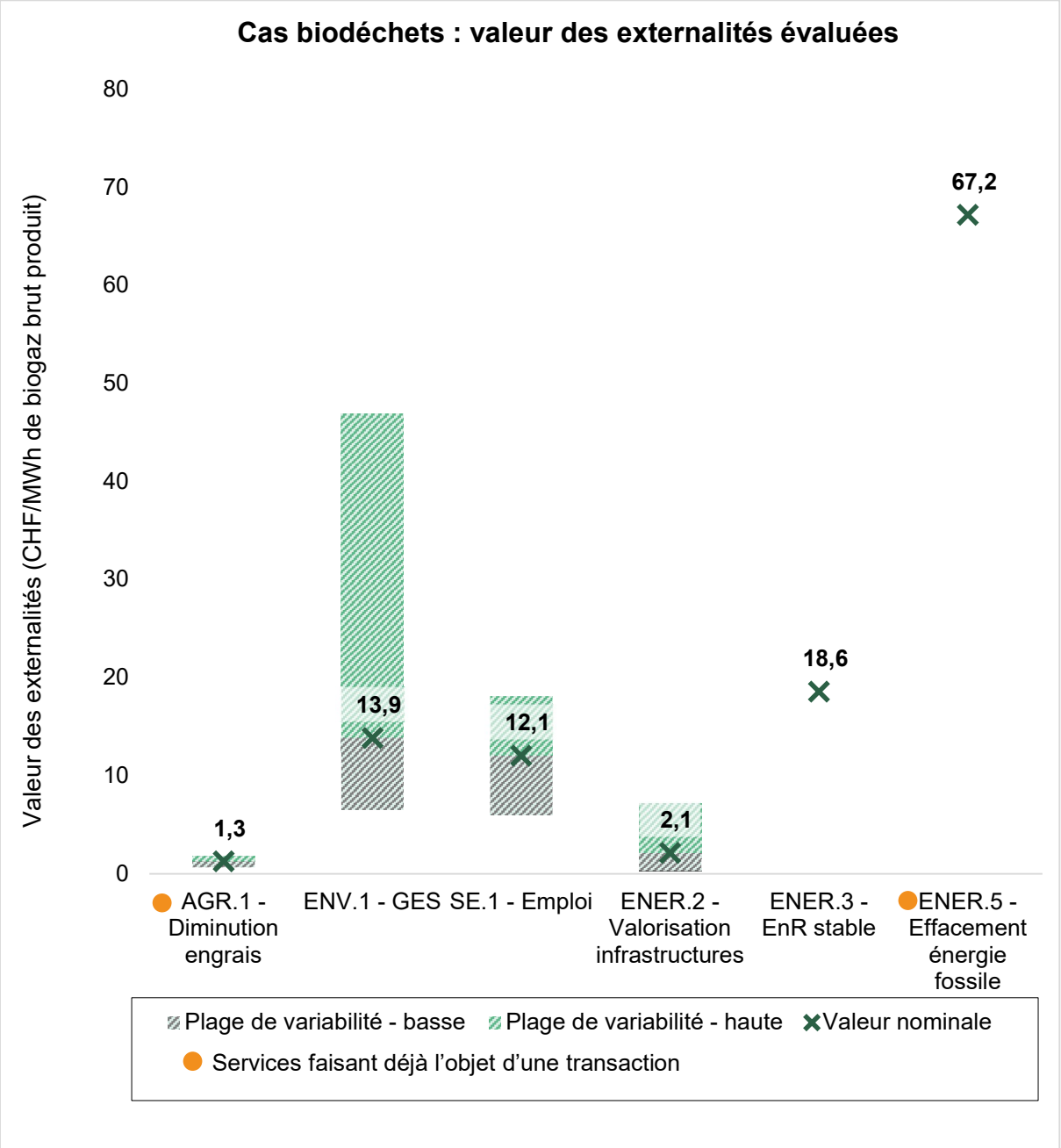



**Figure 10.** Résultats des calculs de monétarisation – cas biodéchets en injection

Le détail des résultats externalité par externalité est donné plus bas dans le texte. A la lecture des résultats globaux, plusieurs enseignements peuvent d'ores et déjà être tirés :

- **L'analyse des 6 externalités monétarisées met en évidence des résultants variant fortement selon les thématiques couvertes**
- **La valeur impressionnante obtenue pour ENER.5 est à relativiser, le résultat découlant du prix actuellement disproportionné des certificats renouvelables en Suisse.** Ce service étant intégré dans les mécanismes de marché, il ne s'agit pas ailleurs pas d'une externalité à proprement parler.

- **Deux des externalités présentent des valeurs particulièrement hautes, ainsi que de fortes plages de variabilité, comme dans le cas agricole :**
    - GES : Avec une valeur de 13.9 CHF/MWh, la valeur obtenue apparait supérieure au cas en cogénération. Il est en effet plus intéressant d'un point de vue environnemental de substituer du biométhane à du gaz naturel, plutôt que de l'électricité produite à partir de biogaz à de l'électricité produite en Suisse. Le caractère vertueux du biométhane fait l'objet d'un consensus. La forte variation des résultats est due au jeu d'hypothèses testé en matière de facteur d'émission et de prix du carbone. (voir ci-dessous)
    - Emploi : Les résultats obtenus sont similaires au cas agricole. La variabilité des résultats découle de l'incertitude entourant la prise en compte des emplois hors site (directs et indirects).
- **De manière générale, les résultats illustrent la diversité et l'ampleur des services pouvant être rendus par les unités de méthanisation traitant des biodéchets.**
- **La thématique « Dynamique de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires » n'a pas été monétarisée, mais fait également l'objet d'une évaluation (qualitative) positive**

***AGR.1 – Diminution du recours aux engrais minéraux***

L'intégration d'une unité de méthanisation à la plateforme de traitement des déchets opérée par Ecorecyclage (qui exploite également une installation de compostage et une déchetterie) permet à l'entreprise de fournir une gamme variée de produits agronomiques :

- Compost agricole
- Compost horticole
- Digestat liquide (engrais)

En particulier, la méthanisation permet de proposer des produits de type engrais. Obtenu par pressage du digestat de méthanisation, le digestat liquide fourni par le site constitue un produit stable et hygiénisé, en conformité avec les normes suisses. Il peut par ailleurs être utilisé dans les exploitations biologiques (inscrit dans la liste des intrants « Bio Suisse »).

Le digestat liquide est revendu à des agriculteurs et peut se substituer partiellement à des apports d'engrais de synthèse. Cette substitution n'est pas directement possible dans le cas où les déchets organiques sont traités par compostage, le compost n'ayant pas les mêmes propriétés agronomiques et n'étant donc pas valorisé de la même manière.

Le potentiel de substitution d'engrais de synthèse a été calculé selon la méthode proposée dans la fiche de quantification, en effectuant des analyses de sensibilité sur :

- Le coefficient d'équivalence d'engrais azoté de synthèse $K_{eq}$ (60%, 70% et 80%)
- Le prix de référence des engrais de synthèse (1,1 - 1,35 et 1,5 CHF/uN)

Au total, ce sont ainsi 21 700 à 30 000 kg d'engrais azotés de synthèse qui pourraient être substitués annuellement grâce au digestat liquide produit par l'unité.

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/Nm³ de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | 0,7 | 1,3 | 1,8 | 10 900 | 21 200 | 30 400 |

En comparant le prix de vente du digestat liquide (2 CHF/m³) pratiqué par l'exploitation et le prix de référence des engrais de synthèse (entre 1,1 et 1,5 CHF/uN), cela se traduit par des économies potentielles pour les agriculteurs de 0,7 à 1,8 CHF/MWh de biogaz brut, avec une valeur nominale de 1,3 CHF/MWh. En tout, cela représente un total de 10 900 à 30 400 CHF annuels. L'évaluation a été faite en prenant en compte les prix des produits uniquement, sans inclure les prix de main d'œuvre liés à l'épandage. L'épandage du jus de presse est réalisé par pendillard, via l'association « Distri-compost » composée de plusieurs agriculteurs partenaires. La prestation est proposée à un montant de 240 CHF/ha (20 m³/ha à 12 CHF/m³)

Dans ses communications, l'entreprise met en avant la richesse du produit en nutriments, au-delà de la seule teneur en azote. Selon cette dernière, le jus de presse présente une valeur en N, P, K, Ca, Mg de 18,4 CHF/m³ (en prenant en compte le prix de référence des éléments considérés et les quantités présentes dans le produit).[12]

Comme précisé dans la partie méthodologique, le digestat liquide fait l'objet d'une transaction commerciale. La réduction d'engrais minéraux évaluée ne répond donc pas à la définition stricte d'une externalité. Le développement de la méthanisation permet toutefois malgré tout de :

- Réduire les consommations d'engrais minéraux de synthèse à l'échelle du territoire (et de la Suisse), ce qui représente un enjeu à plusieurs niveaux (environnement, balance commerciale, etc.)
- Potentiellement réduire les coûts de fertilisation des agriculteurs, en fonction des prix proposés.

De plus, les digestats de méthanisation peuvent être utilisés par des exploitations en agriculture biologique, pour lesquels ils constituent des alternatives intéressantes et économiques aux engrais de synthèse. Une étude du FIBL réalisée en 2020 [19] a ainsi mis en évidence des économies potentiellement importantes (voir fiche AGR.1).

***ENV.1 – Réduction des émissions de Gaz à Effets de Serre***

La méthanisation des biodéchets permet d'obtenir un gaz renouvelable, et présentant une empreinte carbone réduite (de par son caractère biogénique). L'installation Ecorecyclage valorise le biogaz produit en l'enrichissant et en l'injectant sur le réseau de gaz.

Une étude a été réalisée sur l'installation pour évaluer son bilan carbone. La valeur obtenue par cette étude est très proche de la valeur proposée dans l'approche théorique (issu de la Base Carbone ® française). Il est donc proposé de prendre comme référence la valeur spécifique au site.

[12] Ecorecyclage SA, Fiche produit : Jus de presse Elite

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/Nm³ de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | 6,5 | 13,9 | 46,9 | 107 800 | 230 100 | 778 000 |

Les hypothèses retenues pour la valeur monétaire du $CO_2$ sont les mêmes que celles présentées dans le cas agricole. Le lecteur est donc invité à s'y référer pour accéder au détail.

Les facteurs d'émissions utilisés pour l'analyse de sensibilité sont :

- Valeur donnée par le site : 0,031 $kgCO_{2eq}$/kWh PCS. Cette valeur est relativement proche de la valeur avancée dans la Base Carbone ® française utilisée dans le cas agricole (0,039 $kgCO_{2eq}$/kWh PCS). Les périmètres couverts sont toutefois différents. L'étude spécifique au site couvre l'ensemble des activités de la plateforme, mais rentre moins dans le détail du fonctionnement de l'unité de méthanisation que le facteur d'émission Base Carbone ® spécifique au biométhane.
- Facteur d'émission nul (explications similaires au paragraphe sur le cas agricole)

| | | Valeur attribuée au carbone *($CHF/tCO_{2eq}$)* | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 49 | 96 | 290 |
| Facteur d'émission *($kgCO2_{eq}$/kWh PCS)* | 0,031 | 6,5 CHF/MWh *(107 kCHF/an)* | 13,9 CHF/ MWh *(230 kCHF/an)* | 39,7 CHF/ MWh *(659 kCHF/an)* |
| | 0 | 7,7 CHF/MWh *(=127 kCHF/an)* | 16,4 CHF/ MWh *(271 kCHF/an)* | 46,9 CHF/ MWh *(778 kCHF/an)* |

Selon les hypothèses retenues, les résultats varient de 6,5 à 46,9 CHF/MWh, avec une valeur nominale à 13,9 CHF/MWh. On constate donc que les résultats sont plus importants que dans le cas en cogénération. Il est en effet plus avantageux de substituer du gaz naturel (par injection de biométhane), que de l'électricité issue du mix suisse (cogénération) et qui présente déjà une empreinte carbone relativement faible.

### *SE.1 – Création d'emploi et d'activité économique*

Au total, on recense 9,3 équivalents temps plein sur la plateforme de traitement, répartis de la manière suivante :

- Exploitation : 5 plein temps + 1 temps partiel (80%)
- Chauffeur : 1 plein temps
- Secrétariat : 2,5 plein temps

Ces emplois couvrent les différentes activités du site, dont la méthanisation. Au total, 2 pleins temps sont considérés comme dédiés à la méthanisation et sont donc considérés comme additionnels (par rapport à la situation initiale).

Les opérations de transport (intrants, produits agronomiques) sont en très grande majorité effectuées par d'autres organisations, et non par des employés du site. Ces emplois ne sont pas comptabilisés dans l'approche, car ils étaient globalement déjà valables dans le cas de référence sans méthanisation.

De la même manière que pour l'unité agricole, les données collectées au niveau du site ont été croisées avec une approche théorique ayant pour but de prendre en compte :

- Les emplois directs hors exploitation et maintenance (études et ingénierie, génie civil et VRD, équipements et pose, gestion des intrants, …) et couvrant donc les emplois associés directement à la branche biogaz
- Les emplois indirects, liés aux consommations intermédiaires effectuées par la branche biogaz (ex : fourniture du béton ou de la tuyauterie pour la construction) (voir fiche SE.1)

| | Valeur relative *(CHF/MWh de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | 6,0 | 12,1 | 18,1 | 100 000 | 200 000 | 300 000 |

En l'absence de données plus précises sur les emplois directs (hors site) et les emplois indirects, les résultats obtenus sont similaires au cas agricole, avec 6 à 181 CHF/MWh (soit 100 000 à 300 000 CHF/an).

Bien que les déchets étaient déjà valorisés avant mise en place de la méthanisation (par compostage), l'intégration de l'unité a permis de créer de nouveaux emplois.

### *ENER.2 – Valorisation des infrastructures gazières*

Le site concerné valorise le biogaz en biométhane, pour injection sur le réseau de gaz naturel. L'externalité ENER.2 n'est pas calculée à l'échelle du site, mais à l'échelle du pays, et à l'horizon 2030.

En effet, l'injection de biogaz permet de valoriser les infrastructures gazières existantes, dans un contexte de diminution structurelle de la consommation de gaz, en maintenant un certain niveau d'utilisation de ces actifs. En considérant des coûts de gestion de réseaux fixes, une consommation supérieure dans un cas avec développement de la méthanisation permet de minimiser la hausse des taxes réseau pour les consommateurs finaux.

Les résultats ci-dessous constituent l'application de la méthodologie proposée dans la fiche ENER. 2.

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/MWh de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Echelle Suisse | 0,3 | 2,1 | 7,2 | 275 000 | 7 000 000 | 47 450 000 |
| Echelle de l'unité | | | | 3 800 | 29 900 | 100 200 |

Les résultats sont calculés à l'échelle de la Suisse, puis une valeur est déduite à l'échelle du site en multipliant la valeur relative obtenue par la production effective du site.

Une analyse de sensibilité à deux paramètres a été réalisée afin de prendre en compte la forte incertitude entourant le caractère « additionnel » (cf. fiche de monétarisation ENER.2) et les différents scénarios de développement de la filière biométhane en Suisse :

- Quatre taux d'additionnalité ont été modélisés : 30, 50, 70 et 100%.
- Trois scénarios de développement de biométhane à l'horizon 2030 : 1, 3,3 et 6,6 TWh.

Les hypothèses de développement des capacités d'injection sont déduites d'études de potentiel, également présentées dans la partie méthodologique (fiche ENER.2).

Pour rappel, un taux d'additionnalité de 100% signifie que toute production de biométhane supplémentaire s'ajoutera aux volumes de gaz naturel circulant dans les réseaux et augmentera donc la quantité de gaz circulant dans les réseaux. Un taux de 0% signifie au contraire que tout volume de biométhane injecté dans les réseaux se substitue totalement à du gaz naturel, ne modifiant pas la consommation totale de gaz.

| | | Quantité de biométhane en 2030 (TWh) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3,3 | 6,6 |
| Taux d'additionnalité (%) | 30% | 0,4 | 1,3 | 2,5 |
| | 50% | 0,7 | 2,1 | 4,0 |
| | 70% | 0,9 | 2,9 | 5,4 |
| | 100% | 1,3 | 4,0 | 7,2 |

Les résultats varient très largement selon les hypothèses retenues, allant de 0,4 CHF/MWh dans le cas avec faible taux d'additionnalité et faible pénétration du biométhane, jusque 7,2 CHF/MWh dans les situations les plus optimistes.

La question de la hausse des charges supportées par les consommateurs d'énergie constitue donc un sujet important, qu'il convient d'anticiper.

***ENER.3 – Production d'une énergie non variable et stockable***

Dans la même logique que l'externalité précédente, l'évaluation de ENER.3 est effectuée à l'échelle de la Suisse. Les résultats sont issus du calcul présenté dans la fiche correspondante. Il s'agit d'un calcul effectué de manière prospective, sur des hypothèses fixées à l'horizon 2050.

Le choix d'une stratégie énergétique reposant fortement sur les gaz renouvelables pourrait permettre des économies substantielles en matière de renforcement des réseaux électriques (en comparant notamment les coûts d'adaptation des réseaux de gaz par rapport aux réseaux électriques).

Résultats de l'analyse :

| | Valeur relative *(CHF/MWh de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Echelle Suisse | | 18,6 | | | 668 000 000 | |
| Echelle de l'unité | | | | | 258 600 | |

Les résultats sont calculés à l'échelle de la Suisse, puis une valeur est déduite à l'échelle du site en multipliant la valeur relative obtenue par la production effective du site.

Les résultats sont issus d'une seule étude [55], dont les hypothèses ne sont pas toutes disponibles. La situation ne permet donc pas d'effectuer des analyses de sensibilité.

La valeur obtenue (18,6 CHF/MWh) illustre l'enjeu potentiel que représentent les coûts d'adaptation des réseaux attendus dans le futur pour intégrer efficacement les énergies (électricité et gaz) renouvelables. Les coûts d'adaptation seront portés par les consommateurs d'énergies ou les contribuables de manière générale.

***ENER.5 – Effacement d'énergie fossile***

L'injection de biométhane sur le réseau de gaz donne lieu à la création d'un certificat renouvelable, attestant le caractère renouvelable du gaz injecté. Dans le cas de l'unité étudiée, le certificat n'est pas propriété des exploitants, mais de la société Holdigaz, qui rachète l'énergie injectée.

Le certificat renouvelable peut être utilisé au sein d'offres de fournitures de gaz, et permet à des clients finaux de décarboner une partie de leur consommation de gaz, en effaçant des consommations de gaz fossile au profit de biométhane.

Le prix du certificat est très élevé en Suisse (environ 8 ct/kWh, soit la différence entre prix de marché et coûts de production), et la demande s'avère particulièrement faible. Il existe une demande pour des garanties d'origines gaz étrangères, moins chères (en raison notamment de l'existence d'autres mécanismes de soutien).

| | Valeur relative *(CHF/MWh de biogaz brut)* | | | Valeur absolue *(CHF/an)* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min. | Nominal | Max | Min. | Nominal. | Max. |
| Calcul théorique | | 67,2 | | | 1 114 000 | |

Comme dans le cas de l'électricité, le service modélisé ici n'est pas une externalité car un mécanisme de marché le régit déjà. Cette approche permet toutefois d'illustrer la possibilité pour des clients finaux d'effacer toute ou partie de leur consommation d'énergie fossile.

#### *3.4.2.3. Qualification de l'externalité non monétarisable ENER.4*

***ENER. 4 : Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires***

La plateforme de traitement des déchets gérée par Ecorecyclage, et en particulier son unité de méthanisation, contribue aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire à l'échelle du territoire.

- **L'unité de méthanisation vient compléter les solutions de traitement des déchets organiques de la plateforme.** Cette dernière est utilisée de manière complémentaire avec l'unité de compostage afin de traiter les déchets et permettre leur valorisation en une gamme de produits agronomiques complémentaires (engrais, compost agricole, compost horticole…). La plateforme permet un traitement régional des déchets, et leur valorisation par des acteurs locaux.
- **La plateforme est ancrée dans le territoire et en lien avec des acteurs nombreux et variés, aussi bien pour la fourniture d'intrants que pour la valorisation des produits :**

- Fourniture d'intrants : 70 communes, 2 grands distributeurs du secteur alimentaire, plusieurs structures de taille moyenne, 200 établissements de restauration, industries variées…
- Valorisation agronomique :
  - Digestat : 30 agriculteurs, 2 maraichers
  - Compost agricole : 88 agriculteurs, 1 maraicher
  - Compost horticole : 30 paysagistes, 500 privés

- **La structure accueille très régulièrement des visites organisées pour des acteurs variés. Elle contribue ainsi à la sensibilisation aux problématiques de traitement et valorisation des déchets, et du développement durable.** Les acteurs bénéficiant des visites sont variés : écoliers, étudiants, communes, porteurs de projets suisses et étrangers, associations professionnelles, professionnels du secteur des déchets ou gazier, etc.
- **L'installation de l'unité de méthanisation fait suite à plusieurs projets sur la plateforme**, officiant initialement comme décharge communale avant de développer des activités de compostage, déchetterie, puis méthanisation.
- **Le développement de l'unité de méthanisation s'est accompagné de l'installation de panneaux photovoltaïques en autoconsommation, permettant à la plateforme de consommer une majorité d'électricité d'origine renouvelable.**
- **Le projet de méthanisation a déclenché plusieurs réflexions complémentaires auprès des porteurs de projet.** En effet, une valorisation du CO2 (issu de l'épuration du biogaz) est aujourd'hui envisagée par les exploitants. A plus long terme, l'intégration d'un module de power-to-gas pourrait également être envisagé.

**Le projet a rencontré des oppositions locales, mais plusieurs améliorations ont été apportées afin d'apporter des réponses aux sollicitations** (optimisation du module de traitement de l'air, confinement de la place de compostage, etc.)**.**

# 4 Plan d'actions

## 4.1 Introduction

La présente étude a mis en évidence que la méthanisation – quel que soit l'usage fait du biogaz cogénération et biométhane – comporte des externalités, majoritairement positives. Ayant trait à des domaines variés, ces externalités ne sont que partiellement reconnues à l'heure actuelle. S'il est communément admis que la méthanisation assure plusieurs fonctions allant au-delà de la production d'énergie, les différents services rendus ne sont en effet ni abordés dans leur globalité, ni intégrés explicitement aux mécanismes de soutien et de marché. La méthanisation est aujourd'hui appréhendée principalement sous un angle strictement économique, selon les coûts de production de l'énergie (CHF/MWh). De cette approche, il ressort effectivement que les unités de production de biogaz présentent un coût significatif :

- Le MWh d'énergie produite (électricité ou biométhane) est encore aujourd'hui largement supérieur aux prix de marché de l'électricité et du gaz
- Le soutien à consentir pour développer la méthanisation est aujourd'hui supérieur au soutien nécessaire pour développer d'autres énergies renouvelables, solaire ou éolien en tête

Si ces affirmations sont exactes, elles ne constituent qu'une vision partielle de la problématique, et font abstraction de l'ensemble des services rendus par la méthanisation. L'exercice de caractérisation et de monétarisation poursuivi dans ce rapport permet ainsi d'apporter un angle de vue complémentaire, en démontrant notamment le nombre et l'importance des externalités. En ce sens, la démarche permet de nourrir les réflexions sur les potentialités de contribution du biogaz à la politique énergétique et climatique de la Suisse.
La présente étude ne peut se substituer au nécessaire travail concerté à encourager et guider par les offices fédéraux pour envisager une intégration des externalités dans les modèles de méthanisation. Dans l'optique d'un choix politique d'intégrer les externalités aux modèles d'affaires des unités de méthanisation, cette dernière phase de recommandations a ainsi plutôt pour objectif de :

1. **Proposer un plan d'action concret à destination des Offices fédéraux**, leur permettant de s'approprier pleinement la problématique (*chapitre §4.2*)

2. **Dresser un état des lieux des approches envisageables** pour intégrer les externalités dans les modèles de méthanisation (*chapitre §4.3*).

3. **Fournir des recommandations** sur les approches apparaissant comme les plus pertinentes vis-à-vis des enjeux nationaux (*chapitre §4.4*)

Le travail introduit en particulier un certain nombre de principes directeurs nécessitant d'être pris en considération lors du développement d'une approche consistant à intégrer les externalités. La construction de ce plan d'action s'est ainsi notamment faite à la lumière du contexte politique Suisse, appréhendé à travers la réalisation d'entretiens [9,16,56–58] et l'analyse des textes pertinents [8,49,59] ou encore les contraintes associées au développement des projets de méthanisation [10,60].

## 4.2 Plan d'action : approche d'ensemble

Le plan d'action proposé s'articule autour de quatre grands principes, exposés ci-dessous. Ceux-ci décrivent non pas les mécanismes concrets à mettre en place pour intégrer les externalités, mais plutôt la marche à suivre pour structurer une réflexion dédiée et cohérente sur le sujet. Un panorama des solutions possibles sera effectué dans un second temps (§4.3), avec mise en avant de celles considérées comme les plus pertinentes par les auteurs (§4.4).

**Synthèse du plan d'action : principes et mesures**

Le plan d'action s'articule autour de 3 grands principes (**en rouge**), décrits succinctement (*en italique*) et adossés à des recommandations concrètes (**en gras**).

**A. Consolider la compréhension et la quantification des externalités**

*S'il apparait clairement que la méthanisation est à l'origine de nombreuses externalités, majoritairement positives, l'approfondissement des connaissances reste nécessaire pour légitimer la prise en compte de ces dernières.*

- ➔ **ACTION 1 : Poursuivre, de manière continue, ou lancer des travaux visant à approfondir les connaissances sur les thématiques identifiées comme prioritaires.**
- ➔ **ACTION 2 : Lancer une (des) campagne(s) de suivi de moyen-long terme sur des installations de biogaz, avec pour objectif de quantifier et suivre les externalités.**
- ➔ **ACTION 3 : Lancer un appel à projets visant à identifier et caractériser une/des unités de méthanisation « à impact positif », pouvant servir de base à l'évolution des mécanismes de soutien.**

**B. Structurer une réflexion concertée et coordonnée au niveau fédéral et cantonal concernés par le sujet**

*La méthanisation est située à la croisée de plusieurs spécialités, couvertes par différents Offices Fédéraux possédant chacun leurs enjeux propres. L'évolution efficace des mécanismes entourant la méthanisation passe nécessairement par un travail concerté et coordonné des Offices sur la définition des modèles et leur déclinaison opérationnelle.*

- ➔ **ACTION 1 : Assurer la reconnaissance politique et administrative et veiller au fonctionnement régulier et organisé d'une cellule de structuration et de coordination regroupant les principaux Offices concernés par le sujet et impliquant des personnes dotées de pouvoir décisionnel.**
- ➔ **ACTION 2 : Pour assurer une concertation entre le niveau fédéral et le niveau cantonal, intégrer le thème de la méthanisation (et des usages énergétiques impactés par le développement de la méthanisation) dans l'ordre du jour des institutions de coordination existantes.**

**C. Clarifier le rôle de la méthanisation dans la transition énergétique climatique et énergétique nationale, et offrir de la visibilité à la branche**

*Si le biogaz et le biométhane sont identifiés comme des solutions pertinentes pour participer à la transition énergétique et climatique Suisse, les perspectives et le cadre de développement de ces énergies est aujourd'hui encore flou.*

- ➔ **ACTION 1 : Identifier, prioriser et valider les usages prioritaires pour le biogaz et le biométhane, au regard des ambitions climatiques nationales et des solutions alternatives disponibles.**
- ➔ **ACTION 2 : Donner des perspectives de développement claires et partagées entre les différents acteurs publics impliqués dans la mise en œuvre de la politique énergétique de la Suisse, permettant à la branche de s'organiser au regard des objectifs énoncés, notamment dans la perspective d'un remplacement, à terme, des mécanismes de soutien public par des mécanismes de marché encadrés par l'Etat fédéral.**

Les principes présentés dans la synthèse ci-dessus, sont détaillés dans les paragraphes suivants.

#### 4.2.1 Consolider la compréhension des externalités

A la lecture des trois premières phases de l'étude, il est clair que le sujet des externalités nécessite d'être approfondi. En particulier, le niveau de connaissances sur les différentes thématiques peut varier largement : certaines sont d'ores et déjà bien caractérisées, tandis que d'autres n'ont fait l'objet que de peu de travaux.
En parallèle, il ressort également que l'exercice de quantification – et encore plus celui de monétarisation – est un exercice complexe (lorsqu'il est possible), reposant parfois sur des hypothèses ou des méthodologies qui mériteraient d'être consolidées.
La consolidation des connaissances sur les externalités, et la consolidation des méthodes de quantification (et monétarisation) sont nécessaires pour :

- Continuer à identifier des leviers permettant d'atténuer les externalités négatives, et maximiser les externalités positives
- Renforcer la légitimité de la prise en compte de ces externalités dans les futurs mécanismes de soutien
- Mieux calibrer les potentiels mécanismes de soutien visant à intégrer et reconnaitre les externalités

**Action 1 :** Poursuivre, de manière continue, le lancement de travaux visant à approfondir les connaissances sur les thématiques identifiées comme prioritaires.

- Ces travaux pourront être pilotés par les Offices concernés (OFAG, OFEN, OFEV, etc).

La conduite de la présente étude a permis de mettre en évidence un certain nombre de sujets, dont l'approfondissement pourrait permettre de contribuer au développement de la filière méthanisation et tendre vers une meilleure reconnaissance de ses externalités. Ces sujets incluent :

1. **Conduire une étude sur l'impact des différents scénarios énergétiques sur l'évolution des coûts de gestion des réseaux (gaz et électricité) et *in fine* des prix pour les consommateurs finaux.**
2. **Mener une Analyse de Cycle de Vie (ACV) détaillée selon les différentes voies de production de biogaz et les différentes voies de valorisation, dans le contexte Suisse, afin de déterminer clairement le potentiel de contribution de ces énergies à la stratégie de décarbonation nationale.** Une telle étude pourra notamment prendre en compte un périmètre large, incluant notamment les enjeux liés au stockage du carbone dans les sols.
3. **Mener une réflexion nationale sur la valeur du $CO_2$.** Au-delà de la taxe carbone et de sa valeur, il pourrait être pertinent de mener une réflexion sur la valeur (le coût) d'une $tCO_2$ émise ou évitée. Une telle approche permet notamment de donner une valeur à l'action pour le climat, et peut permettre d'arbitrer les investissements de décarbonation.
4. **Evaluer l'évolution du besoin en flexibilité du réseau électrique suisse, et la potentielle contribution des installations de biogaz à cette flexibilité.** Dans un contexte de fort développement des énergies renouvelables intermittentes en Suisse (décarbonation totale en 2050), une étude sur le rôle possible et l'intérêt comparatif vis-à-vis d'autres systèmes de stockage, du biogaz dans la stabilisation et la flexibilisation du réseau électrique serait intéressante.

5. **Evaluer les propriétés agronomiques liées aux digestats, ainsi que l'impact de leur utilisation sur les propriétés du sol (évolution de la teneur en matière organique, reliquats azotés…).** Il n'existe pas réellement d'étude de référence sur le sujet dans le contexte Suisse.

En parallèle des études spécifiques mentionnées ci-dessus, deux autres actions concrètes sont proposées ci-dessous ; elles ne sont pas considérées comme strictement nécessaires, mais peuvent constituer des outils efficaces pour approfondir la thématique des externalités.
La première d'entre elles relève du constat que l'une des principales difficultés liées à la caractérisation des externalités réside dans l'évaluation de ces dernières à partir de données et méthodes théoriques. En effet, un grand nombre de facteurs interviennent dans certaines externalités, dont la situation de référence avant méthanisation, l'évolution des itinéraires techniques, voire de l'assolement. De plus, les pratiques effectivement constatées peuvent être différentes de celles attendues.
La mise en place d'un suivi de long terme sur plusieurs unités pourrait permettre :

- De caractériser finement la situation de référence
- D'identifier les évolutions introduites suite au projet de méthanisation
- D'effectuer des mesures en champ (reliquats d'azote, matière organique, etc) avant et après développement de l'unité

**Action 2 :** Lancer une (des) campagne(s) de suivi de moyen-long terme sur des installations de biogaz visant à quantifier et suivre les externalités, et communiquer les résultats. Une telle campagne :

- Pourrait cibler en priorité des unités agricoles, qui présentent les externalités les plus complexes à caractériser et quantifier
- Pourrait concerner des nouvelles unités, afin de permettre une caractérisation fine de la situation de référence (matériel, pratiques, affectation des sols, avant développement du projet)
- Pourrait être mené sur un échantillon de plusieurs unités

La seconde action complémentaire vise à encourager les producteurs de biogaz à s'inscrire dans une logique de pilotage dynamique de leurs pratiques de manière à maximiser les externalités positives et minimiser les externalités négatives, dans une logique proche du mécanisme des paiements directs agricoles en vigueur en Suisse (ou d'un label « externalité positive »). En effet, les externalités étant pour la plupart dépendantes du contexte du projet, du matériel, et des pratiques, il est possible pour les producteurs d'influencer leur ampleur.
De tels producteurs pourraient par exemple :

- Tirer le meilleur parti du digestat en pratiquant une fertilisation de précision, et en abandonnant les engrais de synthèse
- Favoriser des itinéraires techniques permettant d'augmenter le stockage de carbone dans les sols (ex : augmentation de la restitution de matière organique via l'épandage de digestat, généralisation des cultures intermédiaires, …)
- Favoriser les itinéraires techniques et culturaux offrant des services écosystémiques (ex : cultures intermédiaires multi-services)
- Valoriser le $CO_2$ issu de l'épuration du biogaz (si projet en injection)
- Etc.

Cette approche pourrait permettre d'identifier la faisabilité, l'impact et les éventuels surcoûts/bénéfices associés à de telles pratiques, par des mesures concrètes.
En parallèle, l'unité pourrait être financée à l'aide d'un mécanisme de soutien pilote, testé avant une éventuelle généralisation à l'ensemble des actifs (voir partie recommandations plus bas).

**Action 3 :** Lancer un appel à projets visant à encourager les producteurs de biogaz à maximiser les externalités positives (notamment celles qui ne leur apportent pas de bénéfice direct) et/ou minimiser les externalités négatives. Cet appel à projets pourrait :

- Concerner des unités en fonctionnement
- Permettre d'identifier la faisabilité, l'impact et les éventuels surcoûts/bénéfices associés à de telles pratiques, par des mesures concrètes.
- Reposer sur un (des) mécanisme(s) de soutien pilote
- Regrouper plusieurs acteurs publics et de la branche

#### 4.2.2 Structurer une réflexion concertée et coordonnée au niveau fédéral et cantonal concernés par le sujet

Le travail effectué sur les externalités illustre la diversité des services offerts par la méthanisation : traitement et recyclage de la matière organique, production d'engrais, production d'énergie, réduction des émissions de gaz à effets de serre, etc. Les bénéficiaires de ces externalités sont multiples, et peuvent être des acteurs privés, la collectivité ou encore les consommateurs d'énergie. Ces services touchent ainsi à des problématiques couvertes par différents Offices Fédéraux : OFEN, OFAG et OFEV sont naturellement les plus en lien, mais d'autres Offices peuvent être concernés par des sujets spécifiques (ex : ARE).

La très grande majorité du soutien consenti à la branche cogénération est toutefois aujourd'hui assurée par le SRI(financée par un prélèvement sur les factures d'électricité), alors même que les retombées concernent d'autres acteurs et Offices. La pertinence de la méthanisation dans le contexte helvétique ne peut être qu'appréciée de manière globale, et non selon le seul point de vue d'un unique Office.

Force est de constater que les enjeux propres à chacun des offices précités vis-à-vis de la méthanisation peuvent également être contradictoires : l'OFEN cherchera à développer les énergies renouvelables de la manière la plus économique possible, l'OFAG cherchera à capter un maximum de valeur pour les agriculteurs et limiter l'emprise de non-agriculteurs sur les exploitations, l'OFEV cherchera à renforcer la durabilité des systèmes de méthanisation, l'ARE cherchera à maintenir les zones agricoles et éviter le mitage du territoire, etc.

La méthanisation peut contribuer à répondre aux enjeux de plusieurs Offices Fédéraux. Bien que divers groupes de travail existent reliant ces différents organes, il ne semble pas qu'un objectif commun soit poursuivi. C'est ainsi que plusieurs projets de méthanisation n'arrivent pas à se réaliser, car des incohérences entre les retours des différents offices finissent pour bloquer leur développement. A titre d'exemple, on peut nommer les projets de méthanisation suivants, qui démontrent que l'efficacité de l'activité coordonnée existante n'est pas optimale et peut être améliorée :

- *Recours projet Gassmann, Murist (FR), au Tribunal fédéral. Jugement défavorable conduisant à l'abandon du projet.*

  Pour ce projet d'une capacité de 22'250 t/an (dont 20'250 d'engrais de ferme) le seul opposant argumentait autour des nuisances habituellement soulevées et notamment celle du trafic. Dans sa prise de position l'ARE (Office fédéral du développement territorial), qui a été déterminante pour le Tribunal fédéral, suggère une nouvelle prescription qui contraindrait des installations agricoles, en zone agricole, à passer par une planification dès que le projet est soumis à EIE (étude d'impact sur l'environnement), soit dès 5'000 t/a.

  L'apparition de cette nouvelle exigence administrative a-t-elle fait l'objet d'une consultation auprès de l'OFEV et de l'OFEN ? Ses répercussions sur le développement de nouveaux projets de biogaz agricole ont-elles été analysées par l'ensembles des offices concernés ? Dans un contexte où il n'y a plus de soutien financier de la Confédération (plus de SRI), augmenter les coûts d'investissement avec une

procédure de planification (coût : environ 100'000.- à 200'000.-) n'est pas de nature à encourager de nouveaux projets.

- *Recours projet Cosandey, Chessel (VD), au Tribunal fédéral. En attente du jugement.*
  Ce projet d'une capacité d'environ 4'500 t/a de substrats essentiellement agricoles a fait l'objet d'oppositions collectives de la part d'habitants de la commune bien qu'il bénéficie du soutien clair et affirmé du Canton de Vaud (Direction de l'énergie et Direction de l'agriculture, notamment). Les opposants se fondent principalement sur une étude d'Agroscope de mars 2018 qui développe un modèle de calcul dont le résultat est de fixer à 200 mètres la distance à respecter entre les installations de biogaz et les habitations. Dans sa prise de position l'ARE critique de façon virulente l'étude d'Agroscope dont il est dit qu'elle n'a fait l'objet d'aucune concertation entre les offices fédéraux ni d'une procédure de consultation ; elle critique également la méthodologie appliquée pour l'étude et les conséquences d'une telle obligation de distance pour l'aménagement du territoire (risque de mitage du territoire). Pour sa part l'OFEV maintient que l'étude Agroscope est à considérer comme une règle reconnue au sens de l'OPair (chiffre 512, annexe 2).
  Tout ceci démontre l'absence de concertation et de vision commune entre certains offices fédéraux et la non-prise en compte des objectifs politiques en matière de recours aux énergies renouvelables.

- *Affaire Bio Energétique, Bure (JU).*
  Ce porteur de projet est soumis aux tracas administratifs de la Direction générale des douanes (DGD-OZD). Un enchaînement de procédures juridico-administratives fait qu'il se voit maintenant menacé par Pronovo de devoir rétroactivement rembourser le montant dont il a bénéficié, au titre de la SRI/RPC, en 2015, pour un total de plus d'un million de francs.
  L'absence de coordination et de définition d'objectifs prioritaires en matière énergétique et climatique, admis par l'ensemble des offices a conduit à un foisonnement de prescriptions (liste des déchets OFEV, liste des matières au sens de la Limpmin édictée par la DGD,…) qui placent les exploitants dans des situations pouvant devenir dramatiques (faillite et arrêt d'installations).

Le besoin d'une approche coordonnée et concertée aussi efficace que possible reste nécessaire, que ce soit pour envisager une évolution des mécanismes de soutien ou pas. Si la mise en place d'un système visant à rétribuer les externalités de manière explicite serait concevable, une telle approche permettra :

- De définir une approche cohérente avec les enjeux de chacun des offices
- De redéfinir l'origine des soutiens (financement) par les offices
- D'envisager l'élaboration d'un mécanisme unique, transverse aux différents offices

**Action 1 :** Assurer la reconnaissance politique et administrative et veiller au fonctionnement régulier et organisé d'une cellule de structuration et de coordination regroupant les principaux offices concernés par le sujet (à minima OFEN, OFAG, OFEV, ARE) et impliquant des personnes dotées de pouvoir décisionnel. Ladite cellule aurait vocation à :

- Analyser les externalités identifiées et leur contribution aux enjeux de chacun des offices
- Conclure sur la pertinence d'un soutien à la méthanisation par chacun des offices, et les conditions à un tel soutien
- Proposer un mécanisme de soutien répondant aux besoins identifiés
- Assurer les conditions de la mise en œuvre du (des) mécanisme(s) de soutien
- Associer les acteurs de la branche (Ökostrom Schweiz, Biomasse Suisse, Kompost Forum, VSA/ASPEE…) aux réflexions sur les mécanismes de soutien, de manière à sonder la pertinence des mécanismes envisagés, au regard des pratiques de terrain.

Les cantons et communes sont également impliqués dans la mise en œuvre de la politique énergétique à l'échelle de leur territoire. L'évolution vers un soutien à la prise en compte devrait donc être concertée à l'échelle territoriale entre les acteurs publics. Parmi les canaux mobilisables, on recense notamment :

- Les conférences intercantonales des directeurs de l'énergie, de l'environnement et de l'agriculture
- Les commissions cantonales de l'énergie, réunissant élus, fonctionnaires et acteurs de la branche.

**Action 2 :** Pour assurer une cohérence (ou *a minima* une coordination) entre les politiques définies et mises en œuvre au niveau fédéral et celles qui ont vocation à l'être au niveau cantonal, il est nécessaire que le thème de la méthanisation (et plus spécifiquement des usages énergétiques impactés par le développement de la méthanisation[13]) soit intégré à l'ordre du jour des institutions de coordination existantes, au même titre que le thème de l'efficacité énergétique.

#### 4.2.3 Clarifier le rôle du biométhane et de la production d'électricité/chaleur issue de biogaz dans la stratégie énergétique et climatique Suisse

La méthanisation possède à l'heure actuelle une place relativement ambigüe dans la stratégie énergétique Suisse.
Le rôle du biogaz (utilisé en cogénération ou épuré en biométhane) et sa contribution possible à la décarbonation des activités nationales est explicité dans le *Position Paper* de l'OFEN [49], publié en 2019 :

- Ce dernier met en avant le besoin de progressivement diminuer la consommation de gaz fossile, tout en développant les gaz renouvelables et autres énergies renouvelables, afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050.
- Ouvrant la porte à l'importation de biogaz depuis d'autres pays européens via l'harmonisation prévue des systèmes de garantie d'origine, l'Office fixe toutefois comme priorité de développer les capacités de production de biogaz indigènes.
- Le document précise également à juste titre que le gaz (et a fortiori le gaz renouvelable) devront être utilisés de manière judicieuse, en visant les usages les plus complexes à décarboner (chaleur industrielle haute température, transport lourd, etc.)

Ces constats apparaissent effectivement cohérents avec les ambitions de neutralité climatique fixées pour 2050. Les *Perspectives Energétiques 2050+* [8] introduisent plusieurs scénarios de développement, qui devront être en partie transposés dans les révisions de la loi sur l'énergie (LEne) et la loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEl).
Si la contribution possible du biogaz et du biométhane à l'atteinte de ces objectifs est mentionnée, aucune perspective claire ne transparait pour l'instant pour la branche (même si des motions parlementaires défendant le principe d'une rétribution à la production d'électricité ont été approuvées récemment [61]). Les *Perspectives Energétiques 2050* donnent le détail de l'évolution de la production d'électricité à partir de biogaz, mais ne spécifient par exemple pas de volumes prévisionnels de biométhane. Ce dernier apparait toutefois comme un vecteur à même de décarboner efficacement certains secteurs qu'il sera trop complexe ou trop onéreux d'électrifier :

- **Chaleur industrielle haute température.** Si certains procédés thermiques pourront effectivement être électrifiés, il est difficile d'envisager une électrification totale :

[13] On pense notamment aux usages énergétiques qui requièrent une approche territoriale concertée, car faisant appel à des infrastructures s'appuyant sur un maillage territorial, comme les réseaux de chaleur ou les réseaux de gaz.

- Les usages haute température sont particulièrement complexes à électrifier (contraintes techniques et forte demande en énergie)
- Certaines solutions d'électrification présentent des coûts bien plus importants que les solutions traditionnelles (ex : four à arc électrique)
- L'électrification soulève par ailleurs plusieurs problématiques :
  - Intégration des solutions dans le processus
  - Disparition des sources de chaleur fatale
  - Besoin de renforcement de la connexion au réseau électrique
- Le secteur industriel consomme aujourd'hui environ un tiers du gaz naturel utilisé en Suisse, soit environ 11 des 31 TWh totaux [49]. Cette valeur est largement supérieure au potentiel de production indigène de biométhane, proche évalué autour de 4 TWh. L'industrie Suisse comporte certains usages difficilement électrifiables (production de verre, métallurgie, etc), dans des proportions restant à confirmer.

- **Mobilité lourde**. Si l'électrification des véhicules légers s'avère pertinente, tant d'un point de vue économique qu'environnemental, peu de solutions existent pour les véhicules lourds (tracteurs, porteurs, bennes à ordures ménagères). Les véhicules électriques et à hydrogène sont encore à l'état de pilotes, et présentent des coûts conséquents. La mobilité au gaz naturel est quant à elle mature et compétitive. Elle présente également pour caractéristique de permettre une réduction importante des émissions de polluants atmosphériques par rapport au diesel.

A court terme, le biométhane peut également être utilisé en substitution à du gaz naturel, pour décarboner certains usages toujours en cours d'amortissement, en attendant leur future électrification. Le biogaz peut également être utilisé pour alimenter des réseaux de chaleur, en remplacement progressif ou complet du gaz naturel.
Ainsi, si la Suisse veut décarboner la totalité de sa consommation énergétique en 2050, il est fondamental d'entrer dans le détail des moyens pour y parvenir : quels sont les usages qu'il ne sera pas pertinent d'électrifier, et quelle stratégie adopter pour arriver à assurer ces besoins avec 100% de gaz vert (ou alternatives) ? A l'heure actuelle, la politique énergétique de la Suisse est largement orientée vers les solutions électriques, et la problématique du gaz renouvelable se cantonne au bois-énergie et aux réseaux de chaleur industriels. Le biogaz et notamment le biométhane constitue toutefois une solution technologiquement mature, éprouvée et mobilisable dès à présent.
Au gré de l'implémentation de la stratégie énergétique nationale, de nombreuses questions devraient par ailleurs émerger, qu'il sera nécessaire d'anticiper. Au regard du potentiel limité de production de biométhane indigène par rapport aux consommations actuelles, et le coût considéré prohibitif des gaz de synthèse [49], l'OFEN envisage notamment la désaffection de certaines infrastructures gazières, en particulier les réseaux de distribution. Si de telles fermetures n'auront pas lieu à court terme, il convient d'anticiper les adaptations technologiques et/ou réglementaires qui devront être introduites pour permettre le développement de la méthanisation dans ce contexte (privilégier la cogénération dans les zones concernées par la fermeture des infrastructures gazières, développer la liquéfaction et l'injection portée du gaz, etc).

**Action 1 :** Identifier, prioriser et valider les usages prioritaires pour le biogaz et le biométhane, au regard des ambitions climatiques nationales et des solutions alternatives disponibles.
- Ces cas d'usage sont en partie spécifiés dans les Perspectives Energétiques 2050 ou le Position Paper de l'OFEN, il semble toutefois nécessaire de les caractériser finement et de les valider.

Lorsqu'une vision partagée des cas d'usages pertinents sera validée, la mise en œuvre concrète nécessitera d'offrir un cadre et une visibilité suffisante à la branche, notamment dans la perspective d'une suppression à court terme (2022) du système de rétribution de l'injection. Etant donné :

- D'une part, l'absence de rentabilité pour les installations de méthanisation sans ce mécanisme, et ce même si l'ensemble des externalités identifiées était monétarisé (comme les auteurs l'ont montré dans le rapport),
- Et d'autre part, l'orientation des politiques publiques vers la création d'un marché permettant, à moyen ou long terme, de se passer de mécanismes de soutien public,

il importe de définir et d'encourager des mécanismes de marché par lesquels le prix du biogaz sera défini par les acteurs privés. Toutefois, pour que ce prix permette aux producteurs de biogaz de rentabiliser leur installation, il est nécessaire que ces marchés soient impulsés et encadrés par l'Etat fédéral. Les auteurs du rapport présentent un mécanisme possible de marché encadré (à savoir l'obligation d'incorporation pour les fournisseurs d'énergie, d'une part d'énergie verte : cf. les mécanismes d'orientation de la demande présentés en §4.3.2.2, et les recommandations proposées en §4.4), mais d'autres mécanismes pourraient être envisagés, qu'il faudrait identifier et évaluer.

**Action 2 :** Donner des perspectives de développement claires, permettant à la branche de s'organiser autour des objectifs énoncés, notamment dans la perspective d'un remplacement, à terme, des mécanismes de soutien public par des mécanismes de marché encadrés par l'Etat fédéral :

- Annoncer des objectifs de développement chiffrés pour la production de biogaz et de biométhane, en lien avec l'analyse des usages prioritaires
- Travailler à la construction d'un cadre permettant de flécher le biogaz/biométhane vers les usages souhaités (mécanismes de soutien, réglementation incitative, etc).

Ces questions dépassent très clairement le cadre des externalités, mais elles semblent constituer un préalable majeur à traiter, sans quoi il ne fait que peu de sens de s'intéresser aux mécanismes de soutien à la prise en compte des externalités.

## 4.3 Panorama des solutions possibles

### 4.3.1 Principes directeurs : facteurs à prendre en compte dans l'évolution des modèles de méthanisation

Le passage à un modèle économique intégrant tout ou partie de la valeur des externalités constitue un changement important par rapport à la situation actuelle. Il est ainsi nécessaire que toute évolution soit faite en pleine considération des enjeux et contraintes des différentes parties-prenantes impliquées. Les paragraphes à suivre détaillent ainsi un certain nombre de principes directeurs, qui devraient guider toute réflexion visant à intégrer les externalités dans les modèles de méthanisation. Ceux-ci sont répartis en trois catégories :

| | | |
|---|---|---|
| **a.** Enjeux et contraintes liées au contexte politique fédéral et des cantons | **b.** Contraintes inhérentes au développement des projets de méthanisation | **c.** Enjeux liés à la prise en compte des externalités |

L'ensemble des facteurs identifiés sont détaillés dans les paragraphes ci-dessous :

#### *4.3.1.1. Enjeux et contraintes liées au contexte politique et réglementaire fédéral*

La méthanisation est en lien avec les enjeux de différents Offices Fédéraux. De la même manière, on recense plusieurs lois ayant une influence plus ou moins forte sur le développement de la méthanisation. Ce cadre réglementaire constitue la traduction des volontés politique du parlement, mais également du Peuple, s'exprimant par le biais des initiatives populaires fédérales et cantonales.
Des entretiens ont été menés avec l'OFEN et l'OFAG afin de comprendre les enjeux de ces Offices, et leur positionnement vis-à-vis de la méthanisation :

- Il ressort notamment que l'OFAG articule son action autour de plusieurs objectifs (*diminution de l'impact des activités agricoles, soutien à la diversification des activités, sécurisation et augmentation de la valeur ajoutée captée par les acteurs agricoles,* …) sur lesquels la méthanisation peut apporter des réponses concrètes à condition que les conditions de son développement soient encadrées.
- L'OFEN a pour mandat de développer les énergies renouvelables. Sans tenir compte des externalités, le SRI actuellement accordé aux unités en cogénération est perçu comme trop important par rapport au soutien accordé à d'autres énergies. Le rapport coût/production n'est pas favorable à la méthanisation. Or la loi sur l'énergie contient des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables alors que le fonds alimenté par le supplément perçu sur le réseau est plafonné. Si la méthanisation veut continuer à jouer un rôle important à l'avenir, alors une baisse des coûts rapportés à la production énergétique doit être envisagée. Cette baisse pourrait être compensée par une meilleure valorisation financière des autres externalités.

Plusieurs lois en vigueur (ou en instruction) peuvent influencer le développement d'unités de méthanisation : Loi sur le Gaz (pas encore passée en première lecture au Parlement), LAT/OAT (concernant principalement les installations agricoles : interdiction de construire hors zones à bâtir), etc. Certaines des dispositions contribueront à favoriser le développement de la méthanisation, tandis que d'autres peuvent s'avérer contradictoires avec le souhait de développer la branche.

**En synthèse :**

- Les Offices fédéraux présentent des objectifs distincts, pouvant parfois même s'avérer contradictoires. Sous réserve de mise en place d'un cadre approprié, la méthanisation semble à même d'apporter des solutions concrètes à certains de ces enjeux.
- Une attention particulière pourra être portée à l'articulation des différentes lois fédérales, certaines dispositions pouvant parfois apparaitre en contradiction.

#### *4.3.1.2. Contraintes inhérentes au développement des projets de méthanisation*

Le développement d'une unité de méthanisation constitue un projet conséquent, nécessitant notamment un important volume d'investissement. Pour concrétiser le développement d'un tel ouvrage et notamment pour sécuriser son financement auprès des banques, il est ainsi crucial que le porteur de projet :

- Bénéficie d'une visibilité suffisante sur ses futurs revenus, ainsi que leur évolution dans le temps
- Puisse sécuriser un maximum de ces revenus suffisamment tôt dans le processus de développement
- Ne soit pas confronté à un (des) mécanisme(s) trop complexe(s) (mécanismes de soutien ou de marché)

Par rapport à d'autres actifs de production d'énergie renouvelable (solaire, éolien…), la méthanisation a pour caractéristique de présenter des coûts d'exploitation sensiblement plus importants. La durée de

vie et d'amortissement des unités est par ailleurs longue (environ 20 ans), ce qui a tendance à accroitre le besoin en visibilité.
Le système de rétribution de l'injection offert aux producteurs de biogaz en cogénération permettait d'offrir ces conditions. L'évolution à venir des mécanismes de soutien à la filière devra également prendre en compte ces critères, au risque de limiter le développement de projets.

**En synthèse :** nécessité de privilégier des solutions simples, offrant suffisamment de visibilité aux porteurs de projet, et ce le plus tôt possible dans le processus de développement des projets.

#### *4.3.1.3. Enjeux liés à la prise en compte des externalités*

Intégrer les externalités dans les modalités de soutien à la filière et dans les mécanismes de marché présente plusieurs difficultés, liées notamment à la variété et la diversité de celles-ci.

- **Les externalités sont nombreuses, et touchent à des domaines variés :**
  - Les externalités varient entre différentes typologies d'unités
  - Pour un même type d'unité, on recense également plusieurs externalités

- **Les bénéficiaires de ces externalités varient également selon les thématiques :**
  - Les bénéficiaires peuvent être : la collectivité, des acteurs privés, les consommateurs d'énergie, les agriculteurs impliqués dans un projet, etc.
  - La collectivité est notamment bénéficiaire de plusieurs externalités, qui touchent aux responsabilités de plusieurs Offices distincts

- **Le statut des externalités (qualifiable, quantifiable, monétarisable) varie selon les sujets, et n'est pas forcément corrélé à leur importance**
  - Certaines thématiques ne sont pas monétarisables en l'état, car il n'existe pas de référentiel permettant d'effectuer l'exercice. Celles-ci peuvent malgré tout s'avérer importantes, et répondre à des enjeux nationaux structurants (exemple : amélioration de la résilience des exploitations agricoles)

- **L'ampleur des externalités peut varier de manière significative selon le contexte des projets et les pratiques mises en œuvre**
  - Dans certains cas extrêmes, une même externalité peut être positive ou négative selon les différentes situations (exemple : l'impact de la méthanisation sur la qualité de l'eau dépend des pratiques mises en œuvre)
  - Certaines externalités peuvent être renforcées, en mettant en œuvre des actions ciblées (ex : stockage de carbone dans les sols *via* des pratiques agricoles spécifiques ou *via* un plus grand recours aux cultures intermédiaires)
  - Diverses réglementations existent, et ont pour objectif de limiter les impacts négatifs (ex : Plans de fumure HODUFLU, épandage par pendillard obligatoire, ..)

**En synthèse :** à la lecture des éléments précités, il ressort que :

- La construction de nouveaux mécanismes pourra permettre de faire contribuer les différents bénéficiaires (via des soutiens ou des mécanismes de marché)
- Une intégration efficace des externalités dans les mécanismes de soutien et de marché relèvera d'un arbitrage entre le nombre et la complexité des mécanismes
- Les mécanismes devront idéalement prendre en compte la variabilité des externalités aux pratiques et contextes sous-jacents, dans une logique de contrôle et de maximisation des externalités (garantir l'absence d'externalités négatives, renforcer les positives)

- L'exercice de monétarisation peut servir de base à la construction et au calibrage de certains mécanismes, mais ne doit ni être une condition nécessaire au soutien d'une externalité, ni le seul argument à prendre en compte.

### 4.3.2 Détail des mécanismes possibles

De très nombreux dispositifs intégrant les externalités peuvent être mis en œuvre pour prendre le relais des mécanismes actuels. Avant d'entrer dans le détail des possibilités, ces mécanismes sont caractérisés selon leurs typologies, et l'origine des financements possibles.

#### *4.3.2.1. Sources de financement*

Comme explicité plus haut dans le document, la rentabilité des unités de méthanisation repose aujourd'hui principalement sur :

- **Les revenus de leurs activités** *(seuls les principaux sont mentionnés)* **:**
  1. Les revenus liés à la vente d'énergie (électricité, chaleur, biométhane) aux prix de marché
  2. Les redevances liées au traitement des déchets pour les unités concernées
  3. Dans certains cas : les revenus liés à la commercialisation du digestat

- **Les mécanismes de soutien en place** *(seuls les principaux sont mentionnés)* **:**
  1. Système de rétribution de l'injection (SRI) pour les unités en cogénération
  2. Aide à l'investissement de l'ASIG
  3. Prêts sans intérêts de la confédération (pour les projets agricoles)
  4. Le système des garanties d'origine et des certificats renouvelables, lorsqu'ils sont valorisés

Les revenus liés aux activités des unités (hors soutien) sont aujourd'hui généralement insuffisants pour couvrir l'ensemble des coûts [62], justifiant l'existence des mécanismes de soutien. Parmi ceux-ci :

- Le SRI (financée via les factures d'électricité) apporte la majorité de l'aide, alors que les externalités touchent différents domaines, et bénéficient à plusieurs acteurs.
- Le système de garanties d'origines/certificats a vocation à répercuter une partie des coûts sur les consommateurs d'énergie. Ces derniers sont aujourd'hui toutefois très chers, notamment dans le cas du biométhane où la valeur du certificat vert compense l'absence de mécanisme de soutien. Au regard de leur valeur élevée, ces certificats ne sont toutefois que difficilement valorisables.

La structure et l'articulation actuelle des mécanismes de soutien fait porter une part disproportionnée de l'aide par un seul et unique budget, (provenant du domaine de l'énergie) alors même que les externalités sont multiples et touchent plusieurs domaines. L'identification des bénéficiaires permet de mettre en évidence les sources de financement possibles de la méthanisation et ses externalités :

| Bénéficiaires | Sources de financement envisageables |
|---|---|
| Collectivité | Offices fédéraux concernés |
| | Acteurs privés souhaitant s'investir dans une démarche RSE |
| Consommateurs d'énergie | Fournisseurs d'énergie / Consommateurs d'énergie |
| Autres acteurs privés (industriels, producteurs de déchets) | Acteurs concernés |

On pourra donc distinguer les mécanismes de soutien plutôt portés par les offices fédéraux, des mécanismes de marché, visant à intégrer la valeur des externalités dans les marchés concernés.

**En synthèse :** L'évolution des mécanismes de soutien pourra permettre de ré-équilibrer l'origine des financements en fonction des bénéficiaires.

- Une telle évolution pourrait notamment permettre de mieux répartir l'origine des fonds fédéraux (et réduire la contribution faite via les prélèvements sur les factures d'électricité), et d'identifier des sources additionnelles.
- En fonction notamment de l'ambition Fédérale pour développer la méthanisation, un poids plus ou moins fort pourra être donné aux différentes sources de financement.

#### *4.3.2.2. Types de mécanismes*

Une multitude d'instruments de soutien peuvent être mis en place pour soutenir une activité, en l'occurrence la méthanisation. Il est notamment possible de distinguer les mesures venant directement en soutien au développement d'une unité ou la mise en place de pratiques, et les mesures visant à stimuler la demande en biogaz ou digestat par exemple.

Soutien direct au développement et à l'opération d'unités de méthanisation

Ces mécanismes permettent de soutenir l'émergence de l'offre en biométhane ou en biogaz, en participant au financement (CAPEX ou OPEX) des unités de méthanisation. Concernant les soutiens « directs » au développement des projets, on distinguera notamment :

- **Les rétributions à l'injection**
- **Les contributions à l'investissement**
- **Les paiements directs**

Rétribuer l'injection d'une énergie donnée nécessite d'engager des fonds sur le long terme, et n'est pour cette raison plus considéré comme une option privilégiée. Les contributions à l'investissement sont des outils classiques pour promouvoir les énergies renouvelables. La branche par le biais de ses associations faîtières (Ökostrom Schweiz, Biomasse Suisse) ont démontré qu'une contribution à l'investissement seule n'était pas suffisante pour la méthanisation [59,63]. Les paiements directs constituent en revanche une forme de soutien particulièrement appréciée à l'heure actuelle, et mise en œuvre pour les activités agricoles.

Visant à rétribuer des prestations répondant à des enjeux considérés comme prioritaires, ces mécanismes présentent des caractéristiques pouvant inspirer le développement de mécanismes de soutien aux externalités. L'octroi du paiement est en effet subordonné à la réalisation des prestations concernées, et le respect d'autres exigences prédéfinies.

Du point de vue du porteur de projet, ces mesures de soutien « direct » ont pour avantage d'apporter une visibilité importante. Du point de vue de la collectivité, ces mécanismes permettent de piloter activement le développement d'un marché donné, et peuvent être conditionnés à un certain nombre de critères (permettant par exemple d'assurer que le porteur de projet mette en place un certain nombre de prestations écologiques).

Mesures visant à orienter la « demande »

Des instruments peuvent être mis en place par les pouvoirs publics de manière à stimuler la demande en biogaz/biométhane, digestat ou autres services, et permettre *in fine* une valorisation de ces éléments à un prix plus élevé. Ceci peut être fait de différentes manières :

- Imposer à des acteurs donnés d'incorporer une part d'énergie renouvelable dans leur approvisionnement (ex : imposer aux transporteurs d'incorporer des carburants renouvelables dans leur flotte sous peine de pénalité, imposer aux distributeurs d'incorporer une part de gaz vert ou d'électricité renouvelable donnée dans leurs offres, etc.)
- Rehausser l'obligation de reprise de l'électricité et du biométhane par les entreprises de distribution (et notamment imposer un seuil supérieur au prix de marché)

- Favoriser le développement d'usages ciblés consommant du gaz (ex : soutien à l'achat de véhicules roulant au GNV, en complément du soutien octroyé par la branche gazière, exonération de la RPLP)
- Pénaliser l'utilisation d'énergies fossiles (ex : via la taxe sur le $CO_2$) pour améliorer la compétitivité relative du biogaz/biométhane
- Reconnaitre et faciliter la vente de digestat comme produit fertilisant, et taxer les engrais de synthèse

**Rôle des dispositifs de certification :** les mécanismes présentés ci-dessus sont envisageables grâce à l'existence des dispositifs permettant d'attester et comptabiliser le caractère renouvelable de l'énergie produite (garantie d'origine, certificat). Dans le cas du biogaz, mais surtout du biométhane, le système des garanties d'origine ne permet aujourd'hui pas réellement de stimuler le développement de projets de méthanisation. Dans le cas du biométhane :

- Les garanties d'origine présentent un coût très élevé. En l'absence de source de revenus complémentaire à la vente de gaz au prix de marché, la valeur de la garantie est globalement égale à la différence entre le prix de marché et le coût de production. Ce coût est notamment largement supérieur aux prix constatés dans d'autres pays Européens.

- La réglementation actuelle ne pousse pas les acteurs à acheter ces garanties d'origine, dont le prix s'avère de surcroit conséquent.

Les mécanismes visant à orienter la demande permettent pour la plupart de contribuer à l'atteinte des objectifs environnementaux et énergétiques nationaux sans mobiliser directement le budget de l'Etat. Lorsqu'ils prennent par exemple la forme d'obligations contraignantes, ces mécanismes font ainsi porter le coût aux consommateurs. L'intérêt pour la collectivité des obligations d'incorporation est de générer des contrats d'achat de l'électricité / du gaz entre un producteur et un fournisseur. Cela permet de donner une rentabilité et de la visibilité au producteur, et une garantie au fournisseur. Par contre, il est peut-être plus difficile d'introduire de la conditionnalité dans les contrats d'achat (contrairement aux soutiens octroyés par l'Etat).

Autres mesures :

En complément des éléments présentés ci-dessus, d'autres dispositifs peuvent permettre d'apporter un soutien de manière plus ou moins directe à la méthanisation, en prenant en compte la valeur des externalités. Par exemple :

- Soutien aux programmes d'innovation et de recherche visant à maximiser les externalités, ou à mieux les valoriser (ex : utilisation du $CO_2$ issu de l'épuration, flexibilisation de la production de biogaz / d'électricité, procédés de post-traitement, etc). Cette maximisation génèrera des revenus complémentaires pour les producteurs de biogaz, permettant de diminuer le prix de vente du biogaz (sans mécanisme de soutien du type SRI) nécessaire pour couvrir le coût de production, et ainsi de diminuer le prix du gaz vert pour le consommateur final.
- Mise en place d'un cadre permettant aux acteurs privés de financer des pratiques génératrices d'externalités dans le cadre d'engagements liés à leur politique de responsabilité sociétale ou de développement durable

**En synthèse :** une évolution des mécanismes de soutien à la méthanisation relèvera de l'articulation de différents types de soutien, de manière équilibrée.

#### *4.3.2.3. Analyse détaillée des différentes externalités*

En complément des principes énoncés dans les parties précédentes, une analyse externalité par externalité est proposée dans le tableau ci-dessous. Pour chacune des thématiques sont ainsi détaillés :

- **Le(s) bénéficiaire(s)** afin d'identifier les potentielles sources de financement des externalités
- **Variabilité de l'externalité aux pratiques/contexte** : pour caractériser si la mise en place d'un mécanisme de soutien nécessite de porter une attention particulière aux conditions d'octroi dudit soutien.
- **Exemples de mécanismes permettant de valoriser l'externalité**

| Externalité | Bénéficiaires | Variabilité de l'externalité | Mode de soutien / Qualification de l'externalité |
|---|---|---|---|
| **AGR.1 :** Diminution du recours aux engrais minéraux | Agriculteurs, collectivité | Variabilité liée aux pratiques de fertilisation, au post-traitement et au type d'intrants | Le recours aux engrais minéraux est diminué grâce à l'utilisation de digestats. Cependant, l'utilisation de digestats est limitée par leur caractère de sous-produit (et non de produit comme pour les engrais) et par la présence d'éventuels éléments indésirables.<br><u>Modes de soutien public</u> :<br>- Reconnaitre le digestat comme un « produit » (au lieu d'un « sous-produit » comme actuellement) afin de permettre une valorisation à un niveau plus élevé. Nécessité de définir un cadre précis, permettant notamment de garantir la qualité du digestat.<br>- En parallèle, introduire une taxe sur les engrais de synthèse, notamment importés. Les recettes pourraient être fléchées vers le soutien à la production de biofertilisants.<br>- Soutien amont à des programmes de recherche visant à produire des engrais à haute valeur ajoutée : fertilisants verts/ biofertilisants à partir de digestats<br><br><u>Modes de soutien privé</u> :<br>- Encourager les industriels de l'agroalimentaire à privilégier le recours, à travers des chartes, à des agriculteurs qui substituent des digestats (ou des biofertilisants) aux engrais minéraux. Ceci pourrait se traduire en bénéfice pour l'agriculteur producteur, au travers de contrat d'approvisionnement de durée plus longue qu'un contrat « classique » |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **AGR.2** Bénéfices agronomiques liés aux cultures intermédiaires | Collectivité, agriculteur | Variabilité selon le type de culture, les pratiques d'irrigation et de fertilisation, et l'articulation avec les cultures principales | Comme cela a été rappelé lors de la Phase 1, les cultures intermédiaires apportent des bénéfices agronomiques (AGR.3) et environnementaux (ENV.5). Elles pourraient être davantage utilisées, sous réserve :<br>- De respecter un cadre strict (et notamment de respecter la hiérarchie des usages des cultures, encadrer ou interdire l'irrigation, etc. )<br>- De respecter une part maximale dans le mix d'intrants<br>- De viser des bénéfices agronomiques ou environnementaux et de démontrer (voire de vérifier ex post) en quoi le projet permet de dégager ces bénéfices<br><br><u>Modes de soutien public</u> :<br>- Vu les réserves qui doivent conditionner le soutien aux cultures intermédiaires, il semble préférable d'envisager un soutien qui soit conditionné à l'atteinte de résultats (exemple utilisation de systèmes de suivi type Swiss Bilanz), ou à la mise en œuvre des pratiques qui permettent d'assurer ces bénéfices (contribution à l'investissement ou paiement direct).<br><br><u>Modes de soutien privé</u> : Développement d'un label permettant de certifier le caractère durable de l'usage fait des cultures intermédiaires (projet par projet) |
| **AGR.4** Levier de transition vers l'intégration de pratiques agroécologiques | Collectivité | N/A | Cette externalité est déjà abordée à travers d'autres sujets, liés à des impacts concrets (eau, émissions de GES, teneur en carbone de sols , etc.).<br><br><u>Mode de soutien public :</u><br>La méthanisation peut constituer un levier de transition vers l'intégration de pratiques agroécologique, ce qui justifie un soutien au développement des unités. Les soutiens fédéraux à la méthanisation pourraient être conditionnés au respect de certains critères permettant de valider l'externalité (ex : matériel d'épandage, technologie de post-traitement, etc..). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ENV.1** Réduction des émissions de gaz à effet de serre | Collectivité | Variabilité liée au matériel, installations, et intrants. | Cette externalité est aujourd'hui prise en compte à travers l'exemption de la taxe sur le $CO_2$ pour le biogaz et le biométhane. La compétitivité relative du biogaz/méthane est donc directement influencée par l'évolution de la taxe.<br><br>Mode de soutien public :<br>- L'évolution de la taxe sur le $CO_2$ mériterait d'être clarifiée, de manière à offrir plus de visibilité aux producteurs de biogaz. Suite au rejet du référendum de la loi sur le $CO_2$, il s'avère important de redessiner les perspectives et les conditions d'une politique fiscale incitative sur le CO2 pour soutenir la croissance de la demande en biogaz/biométhane. *Exemple : proposer une approche par palier de 5 ans, avec une taxe fixe sur 5 ans, et réajustée à la hausse à chaque début de nouveau palier si les objectifs ne sont pas atteints, permettrait de donner cette visibilité.*<br><br>- Au-delà de la taxe sur le $CO_2$, l'accent pourrait être mis spécifiquement, pour la prise en compte de cette externalité, sur les secteurs difficiles à décarboner, la mobilité lourde par exemple, où l'électricité est moins pertinente que le gaz vert (éventuellement liquéfié). Un mécanisme d'orientation de la demande pourrait être mis en place, obligeant les fournisseurs de carburants à mettre sur le marché une certaine quantité de carburants verts, en fonction du volume total de carburants fossiles qu'ils mettent sur le marché. Libre à eux ensuite de s'organiser avec les producteurs de biogaz (par exemple en signant des contrats de fourniture de gaz de longue durée) pour s'assurer d'une fourniture de gaz vert leur permettant de répondre à leurs obligations |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ENV.2** Impact sur la pollution azotée des eaux | Collectivité | Variabilité liée aux pratiques, au type de sol, au matériel d'épandage. | L'impact de l'épandage de digestats sur la pollution azotée des nappes phréatiques (cf. Phase 1) est relativement peu caractérisé, et peut être variable selon les projets et les pratiques mises en œuvre. Bien encadrée, la méthanisation peut constituer un levier de préservation des ressources en eau.<br><br><u>Modes de soutien public</u> :<br>- Octroi d'un soutien (contribution à l'investissement ou paiement direct) aux unités mettant en œuvre les pratiques agricoles contribuant à réduire le risque de pollution azotée des eaux. Nécessité de vérifier que les pratiques mises en œuvre sont bien en ligne avec l'objectif ciblé.<br>- En complément, la mise en œuvre de telles pratiques pourraient aussi faire partie d'un label « bio » pour les agriculteurs méthaniseurs (à intégrer par exemple dans le cahier des charges de l'agriculture bio), de manière à valoriser ces pratiques vertueuses – même si cette valorisation ne se traduit pas par une rémunération directe supplémentaire.<br><br><u>Modes de soutien privé</u> :<br>- Encourager les industriels de l'agroalimentaire à faire appel à des agriculteurs dont les pratiques agricoles contribuent à réduire le risque de pollution azotée des nappes phréatiques |
| **ENV.5** Bénéfices environnement aux liés aux cultures intermédiaires | Collectivité | Variabilité selon le type de culture, les pratiques d'irrigation et de fertilisation, et l'articulation avec les cultures principales | Voir AGR.3. Par souci de simplification, les deux sujets pourraient être regroupés. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **SE.1** Création d'emploi et génération d'activité économique | Collectivité | N/A | La méthanisation est une filière de production d'énergie renouvelable particulièrement créatrice d'emploi, ce qui s'explique notamment par le besoin de main d'œuvre au jour le jour sur les unités.<br><br><u>Modes de soutien public :</u><br><br>- Cette externalité justifie que le développement de la méthanisation soit soutenu de manière générale, par une subvention ou un crédit à l'investissement.<br>- Si la Confédération souhaitait conditionner ce soutien, elle pourrait différencier le montant de la subvention en privilégiant les zones géographiques où l'emploi est une préoccupation forte. |
| **SE.2** Contribution à la résilience des exploitations agricoles | Agriculteurs | N/A | Cette externalité est en adéquation avec les orientations de la politique agricole mise en œuvre par l'OFAG. Le développement d'une unité de méthanisation permet la diversification des activités et peut améliorer la résilience des exploitations agricoles. Un soutien à la méthanisation se justifie donc.<br><br>Par ailleurs, l'OFAG soutient les projets d'énergie renouvelable si ceux-ci génèrent une énergie auto-consommée représentant plus de 50% de la consommation de l'exploitation agricole (ce qui ne correspond généralement pas aux unités de méthanisation)<br><br><u>Modes de soutien public</u> :<br>- Octroi d'un soutien financier (contribution à l'investissement ?) en vertu de l'externalité présentée<br>- Subvention à l'investissement (ou crédit à taux 0) : dans le cas de projets de méthanisation, la condition mentionnée ci-dessus pourrait être révisée – en demandant par exemple, dans le cas de la cogénération, à ce que la chaleur produite soit consommée à l'échelle territoriale (et non à l'échelle de l'exploitation) à hauteur de 50% minimum : cela pourrait contribuer à l'ancrage des exploitations agricoles sur le territoire, et permettre aux unités de méthanisation de prétendre à l'aide existante.<br>- Orientation de la demande : la Suisse souhaitant développer massivement les réseaux de chaleur sur la base d'une |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | approche décentralisée (à travers les plans directeurs communaux de l'énergie et les lois cantonales sur l'énergie), la valorisation de l'externalité SE.2 pourrait passer par l'obligation d'étudier, en amont de tout projet de réseau de chaleur, le raccordement au réseau de chaleur de toute unité de méthanisation agricole présente dans un rayon à déterminer ; ce raccordement pourrait être subventionné (ou donner lieu à des certificats renouvelables bonifiés pour le porteur du projet de réseau de chaleur). |
| **ENER.2** Valorisation des infrastructures gazières existantes | Consommateurs d'énergie | N/A | Le développement du biométhane permet de valoriser les infrastructures gazières existantes dans un contexte de diminution des consommations de gaz.<br><br><u>Modes de soutien privé</u> :<br>- Faire porter une partie du coût de développement de la méthanisation aux bénéficiaires (ie. consommateurs d'énergie). Ceci peut être effectué en augmentant le niveau de reprise offert par les distributeurs aux producteurs, ou en contraignant les distributeurs à incorporer une certaine part de gaz renouvelable. Le surcoût perçu par les distributeurs, sera *in fine* répercuté sur les usagers. |
| **ENER.3** Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable *(cogénération)* | Consommateurs d'énergie | N/A | La nécessité de soutenir ou non cette externalité dépend de l'évolution du besoin en flexibilisation du réseau électrique suisse dans les prochaines années.<br><br><u>Modes de soutien public</u> |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | - Des mécanismes existent déjà pour valoriser la flexibilité des actifs de production d'électricité. |
| **ENER.3** Production d'une énergie renouvelable non variable et stockable *(biométhane)* | Consommateurs d'énergie | N/A | L'analyse précise des coûts d'adaptation des réseaux de gaz et d'électricité reste à mener dans le contexte suisse. Cette approche permettra d'identifier et comparer les « coûts cachés » des solutions électrique et gaz. Cette externalité peut justifier l'octroi d'un soutien à la méthanisation. |
| **ENER.5** Effacement d'énergies fossiles | Consommateurs d'énergie | N/A | Ce service s'opère aujourd'hui via le système de garantie d'origine / certificat renouvelable. Une manière de soutenir la méthanisation repose dans le soutien l'émergence d'une demande en certificats, couplée à une offre à un prix raisonnable (voir chapitre 2.B.b et chapitre 3). |

**Tableau 8.** Analyse des modes de soutien possibles par externalité

## 4.4 Recommandations

L'évolution des mécanismes de soutien à la méthanisation, et la définition des modalités de prise en compte des externalités nécessiteront un important travail de coordination et de concertation de la part des Offices Fédéraux, idéalement en lien avec la branche et les cantons. De cette concertation déboucheront des mécanismes dont il est aujourd'hui compliqué voire impossible de prédire la forme.
Au regard de leur compréhension des enjeux des différentes parties prenantes, des objectifs climatiques nationaux et des résultats de la présente étude, les auteurs détaillent ci-dessous l'approche leur paraissant comme la plus à même de répondre à la problématique :

1. **Identification des usages prioritaires de la méthanisation sur chacun des trois vecteurs du gaz, de l'électricité et de la chaleur :** la méthanisation, en cogénération comme en injection, est une solution pertinente pour atteindre les objectifs énergétiques et climatiques nationaux. Son développement, encadré de manière à garantir sa durabilité, devrait être encouragé et fléché vers les usages les plus pertinents d'un point de vue économique et environnemental (cf. partie I.B.). Il est donc essentiel d'identifier ces usages de manière à ce que l'objectif de neutralité carbone de la Suisse en 2050 puisse être respecté, donc en prenant en compte la difficulté à décarboner les différents secteurs d'activité économique et en identifiant, par secteur, les bons vecteurs de décarbonation. La diversité et l'importance des services rendus par la méthanisation, viennent par ailleurs renforcer la pertinence du développement de la filière.
    - **Parmi ces usages, la mobilité lourde semble être un secteur bien adapté à l'utilisation du biogaz/biométhane, car difficile à décarboner autrement.** Le développement de la mobilité lourde au biométhane pourrait ainsi être favorisé en mettant en œuvre des réglementations incitatives (augmentation de l'exonération partielle de la RPLP) ou contraignant (obligation pour les transporteurs d'atteindre

des réductions d'émissions ou une part d'intégration d'énergies renouvelables donnée)

- 

2. **Maintien d'un soutien fédéral :** la méthanisation offre plusieurs services à la collectivité, et peut permettre de répondre à différents enjeux nationaux. Pour cette raison, le maintien d'un soutien fédéral important est suggéré.
    - **Création d'un guichet unique pour les démarches et l'octroi du soutien :** de manière à contribuer de manière cohérente aux enjeux des différents Offices Fédéraux concernés, et d'éviter la complexité induite par la coexistence de trop nombreux mécanismes, la création d'un guichet unique est proposée.
    - **Au centre de la politique de soutien fédéral, l'orientation de la demande en gaz, en électricité ou en chaleur :** la présente étude a permis de montrer que si la prise en compte des externalités pouvait permettre de générer un revenu pour le producteur de biogaz, ce revenu ne pouvait remplacer à lui seul le soutien financier que représente le SRI ; ainsi, en l'état des soutiens publics existants, en l'état du coût de production du biogaz, et sans remplacement du SRI par un autre mécanisme de soutien à l'offre d'ampleur équivalente, les projets de méthanisation ne pourront se développer, ce qui rend caduque toute réflexion autour de la prise en compte des externalités de la méthanisation. Il est donc nécessaire, si l'on veut bénéficier des externalités de cette filière, de réfléchir à d'autres mécanismes de soutien qu'un soutien à l'offre ; la seule alternative serait d'orienter la demande vers les énergies vertes, par exemple en imposant des taux d'incorporation d'énergie verte aux fournisseurs/distributeurs ; ceci obligerait par conséquent ces derniers à contracter avec les producteurs de biogaz sur la base d'un prix défini de gré-à-gré, permettant d'assurer au producteur un revenu principal, et au fournisseur/distributeur de respecter ses obligations.

      Rappelons que la filière biogaz est engagée, dans les pays où elle se développe, dans une démarche de réduction des coûts (coût d'investissement et d'exploitation), qui entraînera aussi à terme une évolution à la baisse du prix du gaz vert.

      Les subventions à l'investissement, la valorisation monétaire des externalités, seront autant de revenus complémentaires qui permettront d'alléger d'autant le coût du gaz vert (ou de l'électricité ou de la chaleur verte) pour le consommateur, mais elles ne peuvent être la source du revenu principal pour le producteur de biogaz[14].
    - **En complément, l'octroi conditionné d'une subvention à l'investissement, couplé à des paiements directs :** Un soutien financier, apporté sous la forme d'une subvention à l'investissement, couplée à des paiements directs[15], pourrait être proposé aux porteurs de projet. L'octroi de ces aides serait subordonné au respect d'un certain nombre de critères à définir et visant à maximiser les externalités positives et minimiser les externalités négatives.
        i. **Sélection concertée des critères d'octroi:** Un tel mécanisme serait co-construit par les différents Offices, et imaginé de manière à contribuer à leurs enjeux respectifs via la mise en place de critères dédiés (matériel, actionnariat, taille de l'unité, suivi des pratiques..). Les modalités de suivi (déclaratif, audit, etc) seront à définir. Les aides pourraient également être

[14] Rappelons aussi que la garantie d'origine biométhane, dont le prix est très élevé, ne permet pas de créer une demande de biométhane susceptible de soutenir le développement de la production de biogaz.

[15] Les paiements directs pourraient concerner prioritairement les externalités dont le caractère positif/l'ampleur est conditionné au respect de certaines pratiques. Exemple : stockage du carbone dans les sols, qualité de l'eau, cultures intermédiaires multi-services, etc. L'ordonnance sur les paiements directs pourrait être modifiée pour intégrer ces externalités agronomiques.

conditionnées à la réalisation d'une formation des exploitants sur les externalités.

ii. **Financement par les Offices concernés, complété par d'éventuelles fonds complémentaires :** le mécanisme serait abondé par le budget des différents Offices, à hauteur de leurs intérêts à développer la méthanisation (ie. à la valeur perçue ou mesurée des externalités touchant à leurs responsabilités). D'autres fonds et notamment des recettes de taxes reversées dans le financement de la transition énergétique (ex : recette de la loi sur le $CO_2$) pourraient également compléter le système.

3. **Redessiner les perspectives et les conditions d'une politique fiscale incitative sur le $CO_2$ pour soutenir la croissance de la demande en biogaz/biométhane, sur les cas d'usage pertinents :** lors du référendum du 13 juin 2021, les citoyens suisses n'ont pas adopté la loi sur le $CO_2$ ; or la taxe sur le $CO_2$ est un outil essentiel à la fois pour la décarbonation de l'économie, et pour le soutien à la méthanisation : la réduction des gaz à effet de serre est une des externalités pour lesquelles l'impact positif fait l'objet d'un large consensus. Tenter de comprendre ce qui a abouti à ce rejet de la part des citoyens suisses, pour faire évoluer le projet de loi sur le $CO_2$, et ce qui permettrait de le faire accepter, semble une nécessité absolue.
    - Parmi les critères importants d'efficacité d'une taxe $CO_2$, soulignons la visibilité donnée sur sa trajectoire d'évolution : un producteur de biogaz s'engageant sur 15 à 20 ans minimum, une taxe $CO_2$ si elle est élevée, pourrait représenter un revenu que le producteur pourrait prendre en compte dans son plan d'affaires, à condition qu'une visibilité soit donnée sur l'évolution de sa valeur à horizon minimal de 15-20 ans.

4. **Reconnaitre la valeur fertilisante et amendante du digestat et encadrer sa commercialisation, pour permettre une meilleure valorisation**
    - **Travailler à la reconnaissance du digestat en qualité de « produit » et des conditions pour obtenir ce statut.** Le digestat (qui peut être séparé en deux phases aux caractéristiques complémentaires) constitue une alternative crédible et efficace aux engrais de synthèse. Sa reconnaissance comme produit et l'encadrement de ses caractéristiques doit ainsi permettre une valorisation à un prix plus proche de sa valeur réelle. Il s'avère toutefois nécessaire de définir un cadre permettant de garantir la qualité (et l'innocuité) du digestat.
    - **Introduire une taxe sur les engrais azotés de synthèse** progressive, afin d'améliorer la compétitivité relative des alternatives organiques.

# 5 Aperçu et mise en œuvre prochaine

Le plan d'actions défini dans la partie précédente dresse les prochaines étapes à enclencher pour permettre le développement de la prise en compte des externalités de la méthanisation en Suisse. Du point de vue des auteurs, cette prise en compte doit être impulsée de manière concertée par les offices fédéraux et par les acteurs de la branche.

De plus, une note de synthèse accompagnera ce rapport final ; elle a vocation à être publiée et diffusée auprès des acteurs de la branche. Elle permettra de les sensibiliser à l'importance des externalités apportées par la méthanisation.

# 6 Coopération nationale et internationale

EREP s'est associé avec Enea Consulting pour la réalisation de cette étude. Enea Consulting est un bureau de conseil français qui accompagne les collectivités et les acteurs industriels dans la définition et la mise en œuvre de leur stratégie de transition énergétique, environnementale et sociale.

L'association d'EREP, qui connaît bien le contexte de la méthanisation en Suisse, et d'Enea qui connaît bien le sujet des externalités de la filière méthanisation dans le contexte français, est opportune pour la réalisation de cette étude : les externalités caractérisées dans le contexte français pourront être adaptées au contexte suisse, en tenant compte des spécificités suisses liées à la réglementation, à la politique énergétique et à la typologie d'acteurs de la filière méthanisation.

# 7 Communication

Il n'y a pas de communication spécifiquement dédiée à ce projet.

Nous pouvons toutefois mentionner, en lien avec le sujet de ce projet, la présentation faite par Enea Consulting sur les externalités de la filière méthanisation, dans le cadre du webinaire de Biomasse Suisse le 03 décembre 2020, ainsi que la présentation faite par EREP le 25 mai 2021, dans le cadre de la Journée de la recherche sur la bioénergie Suisse, organisée par l'OFEN.

# 8 Bibliographie


[1] P. Mandaliev, K. Schleiss, Installations de compostage et de méthanisation. Recensement en Suisse et au Liechtenstein, 2016.

[2] N. Montpart, Y. Membrez, J. Van Herle, Waste2Watts project: European bio-waste catalogue for SOFC exploitation potential" (Deliverable 1.1), 2019.

[3] Office fédéral de l'énergie, Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien: Ausgabe 2019, 2020.

[4] O. Thees, V. Burg, M. Erni, G. Bowman, R. Lemm, WSL Berichte: Biomassepotenziale de Schweiz für die energetische Nutzung, 2017.

[5] Office fédéral de l'environnement, Déchets 2018: Quantités produites et recyclées, 2019.

[6] Office fédéral de l'environnement, Analyse de la composition des ordures 2012, 2014.

[7] Office fédéral de l'énergie, Statistique globale suisse de l'énergie, 2019.

[8] Office fédéral de l'énergie, Perspectives énergétiques 2050+, 2020.

[9] H.C. Angele, ASIG, Communication personnelle, 28 janvier 2021.

[10] SWI swissinfo.ch, Résultats de la votation du 13 juin 2021. https://www.swissinfo.ch/fre/résultats-de-la-votation-du-13-juin-2021/46651474 (accessed June 17, 2021).

[11] Biomasse Suisse, Statistiques de la filière méthanisation en Suisse, (2019).

[12] Ökostrom Schweiz, Etude Benchmarking du biogaz, 2015.

[13] Energiapro, Communication personnelle, juin 2020.

[14] Biomasse Suisse, Typische Kosten von Biogasanlagen in der Schweiz, 2020.

[15] EREP, Etude de marché concernant le développement de la production de biométhane pour valoriser le biogaz agricole, 2018.

[16] L. Germanier, Ecorecyclage, Communication personnelle, décembre 2020.

[17] Swissgrid, Brochure Prestations de services système. www.swissgrid.ch.

[18] I. O'Conor, I. Erny, F. Ribi, A. Spörri, S. Perch-Nielsen, Stärken und Schwächen von Biogasanlagen, 2020.

[19] J.G. Fuchs, S. Hauenstein, M. Koller, M. Anor, C. Camps, S. Eberle, Y. Fleury, C. Gilli, Biogreenhouse: Optimisation de la fertilisation azotée en maraîchage biologique sous serre avec des sous-produits de la méthanisation, 2020.

[20] ADEME, Qualité agronomique et sanitaire des digestats, 2011.

[21] Solagro, MéthaLAE : La méthanisation, levier de transition agroécologique, 2018.

[22] GERES, Valorisation agricole des digestats: quels impacts sur les cultures, le sol et l'environnement?, 2018.

[23] Thomsen, Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces, Soil Biol. Biochem. 58 (2013) 82–87.

[24] Bodilis et al., Impact de l'introductiond'unités de méthanisation à la ferme sur le bilan humique des sols, (2015).

[25] Gubler et al., Twenty five years of observations of soil organic carbon in Swiss croplands

showing stability overall but with some divergent trends, Env. Monit Assess. (2019).

[26] Levavasseur et al., Programme SOLEBIOM, (2018).

[27] Marsac et al., Project OPTICIVE, 2019.

[28] S. Cordeau, D. Moreau, Gestion des adventices au moyen des cultures intermédiaires multiservices, (2018).

[29] Szerencsits et al., Biogas from cover crops and field residues: effects on soil, water, climate and ecological footprint, Environ. Sci. (2015).

[30] Bertuzzi et al., Effets des cultures intermédiaires sur l'érosion, les propriétés physiques du sol et le bilan carbone, (2012).

[31] R. Justes, Contexte, concepts et définition des cultures intermédiaires multi-services, (2018).

[32] Rossier, Aspects technico-économiques des cultures énergétiques en Suisse, (2011).

[33] Office fédéral de l'environnement, Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990-2019 : National Inventory Report and reporting tables (CRF). Submission of April 2021 under the United nations Framework Convention on Climate Change and under Kyoto Protocol., (2021).

[34] A. Messmer, R. Frischknecht, Umweltbilanz Strommix Schweiz 2014, 2016.

[35] ADEME, Base Carbone, rubrique "biométhane," (2020). https://data.ademe.fr/datasets/base-carbone(r) (accessed December 8, 2020).

[36] Quantis, ENEA Consulting, Evaluation des impacts GES de la production et l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel, (2019).

[37] Office fédéral de l'environnement, État et évolution des eaux souterraines en Suisse. Résultats de l'observation nationale des eaux souterraines NAQUA, état 2016, 2019.

[38] Agroscope, Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse, (2017).

[39] N. Svoboda, F. Taube, B. Wienforth, Nitrogen leaching losses after biogas residue application to maize, Soil Tillage Res. 130 (2013) 69–80.

[40] K. Möller, Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review, Agron. Sustain. Dev. 35 (2015) 1021–1041. https://doi.org/10.1007/s13593-015-0284-3.

[41] Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets, du 4 décembre 2015.

[42] Loi fédérale sur la protection des eaux, du 24 janvier 1991.

[43] Girault et al., Programme MéthaPolSol, (2019).

[44] B. Steiner, M. Keck, M. Frei, Bases relatives aux odeurs et à leur propagation, nécessaires pour déterminer les distances à observer par les installations d'élevage, 2018.

[45] Programme PROBIOGAS, 2007.

[46] Transitions, Etude d'impact de la filière biogaz sur l'emploi en France de 2018 à 2030, (2019).

[47] ADEME, Suivi technique, économique, environnemental et social d'installations de méthanisation, (2014).

[48] Office féderal de la statistique, Rubriques "Energie" et "Approvisionnement".

[49] Office fédéral de l'énergie, Rôle futur du gaz et de l'infrastructure gazière dans l'approvisionnement énergétique de la Suisse, (2019).

[50] Office fédéral de l'énergie, Potentiel hydroélectrique de la Suisse, (2019).

[51] OFATE, Regards croisés sur le biogaz en Allemagne et en France, (2019).

[52] FlecoPower, Communication personnelle, mars 2021, (2021).

[53] ENEA Consulting, Renforcer la compétitivité de la filière biométhane, (2018).

[54] Ökostrom Schweiz, Projets de protection du climat. https://oekostromschweiz.ch/fr/protection-du-climat/projets-de-protection-du-climat-doekostrom-schweiz/?lang=fr.

[55] Frontier Economics, The value of gas infrastructure in a climate-neutral Europe: a study based on eight European countries, (2019).

[56] M. Buchs, OFEN, Communication personnelle, interview du 11.05.2021, (2021).

[57] J. Fleury, OFAG, Communication personnelle, interview du 30.04.2021, (2021).

[58] C. Etique, Communication personnelle, interview du 29 janvier 2021, (2021).

[59] Allianz Schweizer Energiewirtschaft, Allianz Schweizer Energiewirtschaft für ein wirksames Finanzierungsmodell erneuerbarer Energien, 2020.

[60] Contrôle fédéral des finances, Rapport annuel 2018, 2019.

[61] Conséil fédéral, Avis du Conséil fédéral sur l'initiative parlementaire 19.443 "Promouvoir les énergies renouvelables de manière uniforme. Accorder une rétribution unique également pour le biogaz, la petite hydraulique, l'éolien et la géothermie", du 1 juin 2021, (2021). https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/actualites-et-medias/communiques-de-presse/mm-test.msg-id-83790.html.

[62] Contrôle fédéral des finances, Coordination et efficacité des soutiens aux installations de biogaz agricole et rentabilité pour les exploitants - Office fédéral de l'énergie, Office fédéral de l'environnement, Office fédéral de l'agriculture, 2018.

[63] Mutzner, Keel, Utiger, Rhyner, Schildhauer, Nachfolgelösung Einspeisevergütungssystem, 2019.

# 9 Annexes

## 9.1 Annexe 1 : Données brutes – Unité agricole en cogénération

*NB : les informations ci-dessous constituent une synthèse des échanges entre les rédacteurs de l'étude et les porteurs de projet interrogés. Seuls les éléments utilisés pour la quantification et la qualification des externalités sont donc inclus.*

Données générales

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Mix d'intrants | 20 000t par an réparties selon :<br>▪ 80,5% de fumier et lisier<br>▪ 19,5% de co-substrats (*)<br>(*) glycérine, déchets de fève, paille, menue paille, feuilles de betterave, intercultures, … |
| Année de mise en route | 2013 (par Weltec AgriPower) |
| Production annuelle de biogaz | 11 150 MWh PCI |
| Voies de valorisation du biogaz | Cogénération, avec :<br>▪ Electricité (700 $kW_e$ installé, 500 en fonctionnement) : 4 350 000 $kWh_{él}$<br>▪ Chaleur : 5 000 000 $kWh_{th}$ produits dont 4 GWh valorisés (*)<br>(*) autoconsommation (1,5 GWh), chauffage de casernes militaires avoisinantes (1 GWh), déshydratation de luzerne (1,5 GWh). |
| Post-traitement du digestat | Séparation de phases |
| Volume de digestat produit | 18 000 t/an de digestat brut produit, dont :<br>▪ 15% digestat solide<br>▪ 85% digestat liquide |
| Actionnariat de l'unité | Porteur de projet : 75%<br>Energie du Jura : 25% |
| Activité de l'exploitation agricole (associée au porteur de projet) | Production céréalière (agriculture biologique) |

AGR.1 Diminution du recours aux engrais minéraux

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Prix d'achat des engrais azotés de synthèse | Plus aucune utilisation d'engrais minéraux suite à l'introduction du projet de méthanisation |
| Baisse de consommation d'engrais minéraux azotés | 60 000 CHF de baisse de charge grâce à l'utilisation de digestat.<br>L'exploitation agricole a effectué une conversion à l'agriculture biologique en parallèle du développement du projet de méthanisation |
| Impact constaté sur les rendements (ordre de grandeur) | Environ 30% d'augmentation du rendement des cultures et amélioration de la teneur en protéines du blé. |

ENV.1 – Réduction des émissions de gaz à effet de serre

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Le porteur de projet dispose-t-il d'un bilan carbone sur le site | Pas de bilan carbone exploitable pour la présente étude. |

ENV.2 – Impact sur la pollution azotée des eaux

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Le site et les parcelles où le digestat est épandu se situent-elles sur une zone à risque en matière en qualité des eaux | Les terrains se situent dans une zone de protection des eaux (périmètre S3 et secteur Au). Le Jura présente un sous-sol particulièrement karstique. Impose de respecter certaines règles de préservation. |
| Le projet de méthanisation s'est-il accompagné d'une évolution des pratiques agricoles/culturales ? | Utilisation de pendillard obligatoire (avant l'introduction du projet de méthanisation)<br>Pilotage de la fertilisation effectués via bilans de fumure HOUDUFLU déjà avant le projet.<br>Introduction de cultures biologiques. |
| Quelle a été l'évolution de la capacité de stockage avant (effluents) et après (digestat) le projet | N/A : l'exploitation ne possède pas de cheptel. |
| Les porteurs de projet disposent-ils d'historiques de mesures sur les reliquats azotés en champ ? | Non. |
| Utilisez-vous des cultures intermédiaires comme intrants ? | Oui, mais intrant globalement peu régulier. Laissé au champ les années sèches. |
| Surface concernée | 25 ha |

| | |
|---|---|
| Sur cette surface, combien accueillaient déjà des cultures intermédiaires avant le projet de méthanisation ? | 25 ha (pas d'évolution) |

SE.1 Création d'emploi et activité économique

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Nombre d'emplois créés par l'unité | 17 emploi pour l'ensemble de l'exploitation<br>2 emplois plein temps dédiés à l'unité de méthanisation |
| Certains des postes ci-dessous sont-ils externalisés :<br>- Exploitation/maintenance<br>- Gestion/collecte des intrants<br>- Epandage | Aucun (hormis maintenance du moteur par le fournisseur) |

SE.3 Evolution des charges de traitement des biodéchets

Le site ne traite pas ou très peu de co-substrats issus de l'industrie agro-alimentaire.

SE.2 : Résilience des exploitations agricoles

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Chiffre d'affaire de l'unité de méthanisation | 1,5 MCHF (inclus vente d'électricité (qui elle-même inclut la valeur de la garantie d'origine), de chaleur, digestat, énergie de réglage) |
| Structure de revenus de l'unité de méthanisation | Electricité : SRI/RPC (35 ct/kWhe)<br>Chaleur : contrat en gré-à-gré (5,9 ct/kWhth)<br>Digestat : Pour les fournisseurs d'intrants seul l'épandage est facturé (3 CHF/$m^3$), pour les autres repreneurs le digestat et l'épandage sont facturés (8 CHF/$m^3$ et 3 CHF/$m^3$ respectivement).<br>Faible variabilité sur la chaleur, qui est achetée toute l'année par la caserne avoisinante. |
| Structure de revenus de l'exploitation agricole | Production et vente de céréales (en agriculture biologique).<br>Variabilité des revenus liées à la qualité des récoltes. |
| Baisses de charges constatées suite à l'introduction du projet de méthanisation | Economie de 60 000 CHF d'engrais, par rapport à la consommation avant développement du projet de méthanisation. |
| Description des acteurs impliqués dans le projet (fourniture d'intrants et épandage) | Six fournisseurs d'intrants, qui reprennent également du digestat (calculé en fonction des quantités de nutriments apportées). Sept autres agriculteurs reprennent du digestat |

| | |
|---|---|
| Impact de l'introduction du projet de méthanisation sur les activités de l'exploitation agricole (nouvelles activités, synergies avec activités actuelles…) | Parmi les autres agriculteurs engagés dans le projet (via la fourniture d'intrants ou la reprise de digestats), certains ont également effectué leur passage en bio.<br>La société propose également des services annexes (prestations d'épandage clés en main, séchage de produits, etc.<br>Création d'une société de recherche et de distribution de co-substrats. |
| L'exploitation est-elle familiale ? Le projet de méthanisation est-il un projet familial ? | Il s'agit d'un projet personnel. Aucun membre de la famille n'est impliqué. |
| Le projet de méthanisation a-t-il entrainé une motivation de personnes susceptibles de reprendre l'installation dans le futur ? (famille, …) | Bien que la famille soit sensible aux activités de l'exploitation, aucune reprise n'est envisagée. |
| Considérez-vous avoir développé de nouvelles compétences avec ce projet ? | De nombreuses compétences développées avec les projets actuels et futurs (agriculture biologique, gestion des effluents, etc…). |
| Le projet a-t-il permis de créer/renforcer des emplois locaux/agricoles ? | Création de plusieurs emplois locaux et frontaliers. |
| Quelle part des OPEX est-elle reversée à des acteurs du territoire (maintenance, intrants, etc) ? | Part faible : la majorité des opérations sont réalisées par des employés de l'entreprise directement. Seule la maintenance du moteur de cogénération est assurée par le fournisseur. |
| Perception du projet par les riverains | Bonne perception du projet après quelques années d'opération. Une opposition marquée au démarrage du projet, qui s'est depuis dissipée. |

ENER.4 : Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Le développement de l'unité de méthanisation a-t-il déclenché des réflexions sur d'autres projets ? | Oui, de nombreux projets en cours ou futurs :<br>▪ Valorisation du gaz sous forme de GNV pour avitaillement de véhicules (installations biogaz et stations de ravitaillement)<br>▪ Développement d'autres projets de méthanisation et participation à des projets de méthanisation en France et en Suisse<br>▪ Projets de gaz porté<br>▪ Création d'une société de recherche et de distribution de co-substrats |
| Le développement de l'unité de méthanisation fait-il suite à d'autres initiatives proches ? | Pas de projet en particulier. Le porteur de projet a en revanche toujours été convaincu de la capacité du secteur agricole à diminuer son empreinte écologique. |
| L'énergie produite par le site de méthanisation est-elle valorisée | Oui (Cf partie question générales.) |

| | |
|---|---|
| localement (auprès d'acteurs du territoire) | |
| Avez-vous été approché par des acteurs du territoires pour de telles questions par d'autres acteurs du territoire | Pas particulièrement. En revanche, des échanges fréquents avec leurs acteurs du secteur énergétique (Holdigaz, Energie du Jura (EDJ)). |
| L'unité de méthanisation accueille-t-elle des visites / formations ? | Oui, des visites sont régulièrement organisées avec des écoles, ou des étudiants ingénieurs.<br>Des cours sont également dispensés pour des exploitants d'installations de biogaz. |
| Le projet a-t-il le soutien des collectivités et des riverains | Pas de soutien en particulier |

## 9.2 Annexe 2 : Données brutes – Unité biodéchets en injection

*NB : les informations ci-dessous constituent une synthèse des échanges entre les rédacteurs de l'étude et les porteurs de projet interrogés. Seuls les éléments utilisés pour la quantification et la qualification des externalités sont donc inclus.*

Données générales

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Mix de l'intrants | 16 000 t/an :<br>▪ 70% de déchets organiques ménagers issus de la collecte séparée<br>▪ 3% d'invendus emballés<br>▪ 8% de restes de restauration<br>▪ 19% industrie agroalimentaires |
| Année de mise en route | 2008 |
| Production annuelle de biogaz | 2 514 500 $Nm^3$ de biogaz brut |
| Voie(s) de valorisation énergétiques | Enrichissement en biométhane et injection dans le réseau. |
| Types de contrats associés aux voies de valorisation énergétique | Reprise du biogaz par Holdigaz<br>La vente de l'énergie représente environ 30% du chiffre d'affaire lié à l'activité compostage et méthanisation. |
| Autoconsommation sur le site | 973 000 $kWh_{th}$ de chaleur issue de la valorisation du gaz pauvre dans des micro-turbines. Constitue l'unique source de chaleur pour le chauffage du digesteur. |
| Volume de digestat produit (par type) | ▪ Digestat liquide : 6 500 $m^3$/an<br>▪ Compost agricole : 16 000 $m^3$/an |

| | |
|---|---|
| | ▪ Compost horticole : 1 000 $m^3$/an |
| Prix de vente du digestat/compost | ▪ Digestat liquide : 2 CHF/$m^3$<br>▪ Compost agricole : 2 CHF/$m^3$<br>▪ Compost horticole : 55 CHF/$m^3$ (en raison d'un traitement plus complexe et plus long). |
| Actionnariat de l'unité de méthanisation | 100% Holdigaz |
| Nombre d'acteurs fournissant des intrants | ▪ 70 communes<br>▪ 2 GMS et quelques petites structures<br>▪ 200 structures de restauration<br>▪ Industries variées (centre collecteur de céréales, industrie production aromes, etc)<br>▪ 170 clients livrant de la MO |
| Nombre et typologie de clients | Digestat :<br>▪ 29 agriculteurs (90% du volume)<br>▪ 2 maraichers (10% du volume)<br>Compost agricole :<br>▪ 88 agriculteurs<br>▪ 1 maraicher<br>Compost horticole :<br>▪ 30 paysagistes<br>▪ Environ 500 privés |

ENV.1 Réduction des émissions de gaz à effet de serre

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Le porteur de projet dispose-t-il d'un bilan carbone du site ? | Possèdent une valeur : 31,6 $tCO_2$/GWh d'énergie produite (Réalisé sans prendre en compte la valorisation du digestat);<br><br>Selon les estimations des porteurs de projets, une prise en compte des nutriments et de la MO fixé dans le sol aurait tendance à fortement améliorer ce bilan carbone. |

SE.1 Création d'emploi et activité économique

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Nombre d'emplois sur le site | Emplois totaux sur la plateforme :<br>- Exploitation : 5 plein-temps et 1 emploi à 80%<br>- Chauffeur : 1 plein temps<br>- Secrétariat : 2,5 plein-temps<br>Deux emplois sont considérés comme dédiés à l'exploitation de l'unité de méthanisation. |

| | |
|---|---|
| Certains des postes ci-dessous sont-ils externalisés :<br>- Exploitation/maintenance<br>- Gestion/collecte des intrants<br>- Epandage | Exploitation et maintenance : Oui : environ 400 000 CHF externalisés par an (main d'œuvre fournisseurs, changement de matériel, etc.<br>Gestion des intrants et livraison des produits : La quasi-totalité de ces étapes sont effectués par d'autres organismes. En particulier, la distribution du compost est effectuée par l'association « Distri-compost ». |

ENER.4 : Contribution aux dynamiques de transition énergétique et d'économie circulaire dans les territoires

| Question ou thématique | Réponse |
|---|---|
| Le développement de l'unité de méthanisation a-t-il déclenché des réflexions sur d'autres projets ? | Le site de traitement s'est équipe d'une centrale solaire (toiture) en autoconsommation. Des réflexions sont actuellement en cours pour valoriser le $CO_2$ issu de l'épuration et, à plus long terme, sur le Power-to-gas. La construction d'un deuxième digesteur (infiniment mélangé) est en cours.<br>D'autres projets (ex : production de biochar ont été envisagés) sans forcément voir le jour. |
| Le développement de l'unité de méthanisation fait-il suite à d'autres initiatives proches ? | Le développement de l'unité de méthanisation constitue la suite logique des activités du site, qui officiait comme décharge, puis a progressivement mis en place une activité de compostage puis de méthanisation. |
| L'énergie produite par le site de méthanisation est-elle valorisée localement (auprès d'acteurs du territoire) | Un raccordement avec un acteur local avait été envisagé lors du lancement du projet pour valorisation de la chaleur. Les quantités de chaleur résiduelle produites par PSA (système d'épuration mis en œuvre sur le site) étant trop faible, l'idée a été écartée. |
| Avez-vous été approché par des acteurs du territoires pour de telles questions par d'autres acteurs du territoire | N/A |
| L'unité de méthanisation accueille-t-elle des visites / formations ? | Le site accueille une grande variété de visiteurs : écoles, étudiants, porteurs de projets, et plus largement toute personne intéressée. |
| Le projet a-t-il le soutien des collectivités et des riverains | Pas de soutien en particulier.<br>Plusieurs améliorations ont été apportées par l'unité (optimisation du traitement de l'air, confinement de la place de compostage) au gré de son développement pour intégrer les remarques des riverains. |