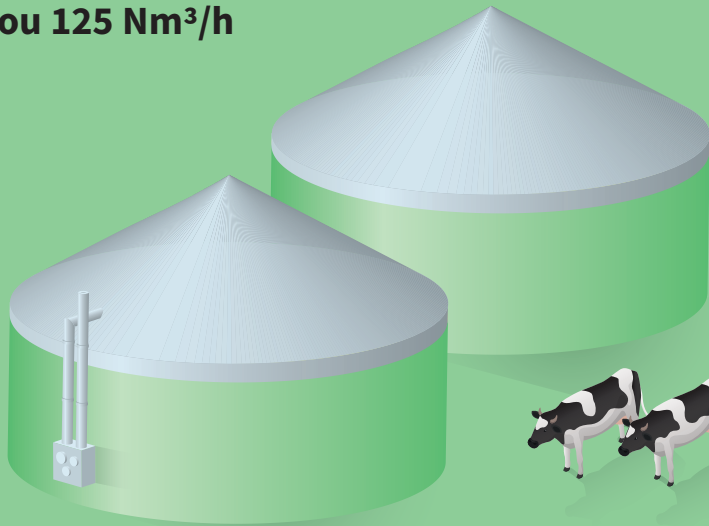
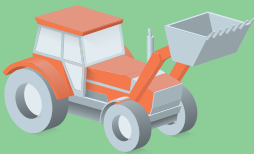




RÉALISER UNE UNITÉ DE MÉTHANISATION À LA FERME

2019

— Projets de moins
de 500 kWé ou 125 Nm³/h



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Ce document est édité par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Coordination technique : Julien Thual, Service Mobilisation et Valorisation des Déchets, Direction Économie Circulaire et Déchets ADEME

Suivi de communication : Agnès Heyberger, Communication Nationale Économie Circulaire et Déchets ADEME

Rédacteurs : Adeline Haumont (association AILE), Aude Richard et Juliette Talpin (Agence Watts-New)

Crédits photo : Berti Hanna & Juliette Talpin (Agence Watts-New), association AILE

Création graphique : Antoine Bourry

Impression : Imprimé en France par Galaxy Imprimeurs, certification FSC, Imprim'Vert, Culture Papier

Brochure réf. 010619

EAN imprimé : 9791029711336 - Janvier 2019 - 3 000 exemplaires

EAN numérique : 9791029711343

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, janvier 2019

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Remerciements au comité de pilotage :

Guillaume Bastide, Lionel Sibue, Thomas Ferenc (ADEME),
Francis Claudepierre, Jean-Marc Onno (AAMF),
Léonard Jarrige (APCA),
Valérie Borroni (AURA Énergie Environnement),
Catherine Loichot (GRDF),
Juliette Chenel (FRCUMA),
Jérémie Priarollo (Solagro),
Arnaud Diara (Club Biogaz)

SOMMAIRE

- 4** Glossaire
- 5** État des lieux de la filière
- 6** Définition et intérêts
- 8** Se poser les bonnes questions
- 10** Les étapes du montage de projet
- 12** Intégration locale et communication
- 14** Les substrats
- 18** La biologie
- 20** Le process
- 24** Le biogaz
- 26** Monter un projet en cogénération
- 28** Monter un projet en injection
- 30** Les digestats
- 33** Économie d'un projet
- 36** Le cadre réglementaire
- 38** Annexe : Le calendrier des démarches





GLOSSAIRE

Atex : zones à atmosphères explosives

Capex : capital expenditure

En français : dépenses d'investissement

DSCR : debt service coverage ratio

En français : taux de couverture de la dette (TCD)

Feder : fonds européen de développement régional

HACCP : hazard analysis critical control point, ou en français, étude des risques et de la maîtrise des points critiques

Matières stercoraires : contenu de panse de ruminants

MO : matière organique

MS : matière sèche

Opex : operating expenses

En français : dépenses d'exploitation

PCI : pouvoir calorifique inférieur

SEM : société d'économie mixte

TRI : taux de rentabilité interne



État des lieux de la filière

La filière méthanisation prend son envol, avec plus de 500 unités en 2018, et dépasse les prévisions de l'État.

Jusqu'en 2017, la méthanisation agricole s'est développée à un rythme d'une cinquantaine d'unités par an¹. Depuis, avec la hausse des tarifs d'achat, ce chiffre atteint environ 80 nouvelles constructions par an, pour atteindre plus de 500 unités en juin 2018. La Figure 1 illustre cette évolution. La stratégie de l'État est d'atteindre un parc d'un millier d'unités soit 8 à 10 sites par département² à l'horizon 2023.

Cette dynamique est le fruit de différentes mesures de soutien :

- **Un tarif d'achat de l'électricité produite par la méthanisation** : initié en 2002, il a été augmenté de 20 % en moyenne en 2011, puis encore revalorisé en 2016. Les contrats d'achat de l'électricité ont été étendus de 15 à 20 ans ;
- **Un tarif d'achat pour le biométhane injecté dans le réseau de gaz** : créé en 2011 (contrat sur 15 ans) ;
- **Des dispositifs de subventions à l'investissement** ;
- **La prise en charge de 40 % du coût de raccordement** des installations de production de biométhane aux réseaux de distribution de gaz naturel depuis décembre 2017, qui permet d'étendre les réseaux jusqu'aux sites de méthanisation ;
- **Des mesures de simplification réglementaire et administrative.**

¹ Hors sites de stockage de déchets ménagers et stations d'épuration.
² Unités moyennes de 300 kWé, dans les 96 départements métropolitains.

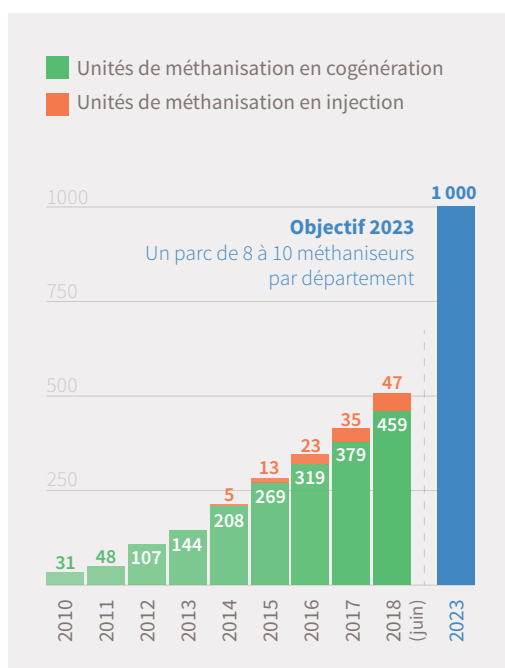


Figure 1 : Evolution du nombre de sites en cogénération et en injection depuis 2010. Objectif 2023.

Source : ADEME

➤ POUR ALLER PLUS LOIN

Carte des unités de méthanisation et de biogaz. *SINOE Déchets.*

Statistiques des installations de biogaz. *Service de la donnée et des études statistiques (SDES), mai 2018*





Définition et intérêts

La méthanisation permet de produire des énergies renouvelables et de répondre aux enjeux du traitement des déchets organiques, de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et de l'intégration de l'agroécologie dans les pratiques.

La méthanisation est un procédé biologique naturel de valorisation des matières organiques en énergie et en fertilisant. Il existe plusieurs types d'installations :

- En fonction de l'activité du porteur de projet (agriculture, industrie, autres déchets, assainissement de l'eau...),
- En fonction de la taille de l'installation (de la micro méthanisation de moins de 70 kWé³ aux « unités territoriales » de plus 1 MWé⁴ ou 250 Nm³/h).

Ce guide se focalise sur les projets de méthanisation agricole, dits « à la ferme », de moins de 500 kWé ou de moins de 125 Nm³/h en injection, portés généralement par un petit groupe d'agriculteurs.

Les atouts pour l'exploitation agricole :

- Créer un revenu complémentaire, stable, sans corrélation avec les cours du lait, de la viande ou des céréales (diversification des activités),
- Produire de la chaleur pour différentes activités (séchage de fourrage, chauffage de bâtiments d'élevage, production d'algues, chauffage d'habitations...),
- Produire un amendement organique (le digestat) qui se substitue aux engrais de synthèse,
- Réduire les odeurs des effluents organiques épanchés,
- Valoriser des cultures intermédiaires par la méthanisation.

Les atouts pour le territoire :

- Valoriser en agriculture les déchets organiques,
- Développer l'autonomie énergétique,
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre par substitution à l'usage d'énergies fossiles ou d'engrais chimiques,
- Créer ou maintenir des emplois sur les exploitations agricoles (un emploi par tranche de 300 kWé en moyenne),
- Améliorer l'image du territoire grâce à la consommation d'électricité ou de gaz issus d'une énergie renouvelable.

³ kWé : kilowatt électrique

⁴ MWé : mégawatt électrique



La méthanisation permet de diversifier le revenu, de réduire la facture d'engrais de synthèse et de produire de la chaleur consommée sur l'exploitation.

“ L'unité de méthanisation équivaut à un second élevage ”

Jacques Wyckaert, éleveur laitier associé avec un autre élevage dans Agri Flandres Énergie à Renescure (Nord), 500 kWé :

« La méthanisation se situe dans la continuité de notre pratique d'une agriculture écologiquement intensive (non labour, pulvérisation à bas volumes). Nous nous sommes entourés de compétences, notamment celles de la chambre d'agriculture, pour monter nous-mêmes le projet et en rester maître.

En terme de travail et de revenu, elle équivaut à un deuxième élevage laitier d'environ 150 vaches. Et le digestat nous a permis de diviser par 3 la facture d'engrais de synthèse, et de réduire les odeurs à l'épandage. »

“ Du biométhane dans nos bus et bennes à ordures ”

Thierry Kovacs, président de Vienne Condrieu Agglomération (90 000 habitants, Isère et Rhône), lauréate TEPCV⁵ :

« Le Plan climat élaboré par notre collectivité en 2012 avait déjà identifié la méthanisation comme une piste majeure d'action pour produire des énergies renouvelables, en particulier du gaz renouvelable, mais aussi réduire nos émissions de gaz à effet de serre. Depuis ce Plan climat, avec nos partenaires nous avons accompagné l'émergence du projet Agrométha à Eyzin-Pinet qui réunit 30 agriculteurs. Les projets à la ferme ont également leur place : l'agglomération souhaite le développement de la méthanisation dans toutes ses composantes car elle y voit un outil de développement économique et de maintien ou de renforcement des exploitations agricoles. »

⁵ Territoires à énergie positive pour la croissance verte

POUR ALLER PLUS LOIN

Avis de l'ADEME sur la méthanisation - 2016.

Guide ADEME « La méthanisation en 10 questions » - 2018.

Plaquette du Club Biogaz

« Vers l'autonomie énergétique des territoires. Méthanisation et biogaz, une filière d'avenir » - 2017.

Programme Methalae sur la méthanisation comme levier de l'agroécologie - 2018.





Se poser les bonnes questions

Avant de se lancer dans le développement d'un projet de méthanisation à la ferme, il est important de bien poser les fondamentaux de son projet.

Bien définir ses objectifs

Il est d'abord important d'exprimer clairement ses objectifs dès le début du projet aux partenaires qui vous entoureront, pour permettre un bon dimensionnement du projet (voir Figure 2). Voici les principaux :

- Diversification/augmentation des revenus de l'exploitation, avec éventuellement l'installation d'un nouvel associé ou la création d'un emploi,
- Meilleure valorisation agronomique des effluents de l'élevage : pour une ferme disposant principalement de fumiers,
- Amélioration du bilan énergétique et environnemental de l'exploitation. À réfléchir si vous avez des bâtiments chauffés qui pourraient bénéficier de la chaleur issue de la cogénération.

La méthanisation ne résout pas un problème d'excédents par rapport au plan d'épandage, mais il est possible d'optimiser les solutions en couplant la méthanisation avec un traitement du digestat par séparation de phases (voir partie digestat). De même, les stockages que l'on crée pour le digestat, peuvent permettre de réaliser la mise aux normes pour une exploitation ne disposant pas assez de capacité de stockage.

Comment dimensionner son projet ?

C'est au porteur de projet, en tant que maître d'ouvrage d'orienter et de valider le dimensionnement du projet. La quantité mensuelle d'effluents d'élevage disponible constitue souvent le socle du gisement. En fonction des objectifs recherchés, on complètera par des co-substrats : végétaux et résidus produits sur l'exploitation, regroupement ou échanges avec des exploitations voisines, déchets organiques du territoire.

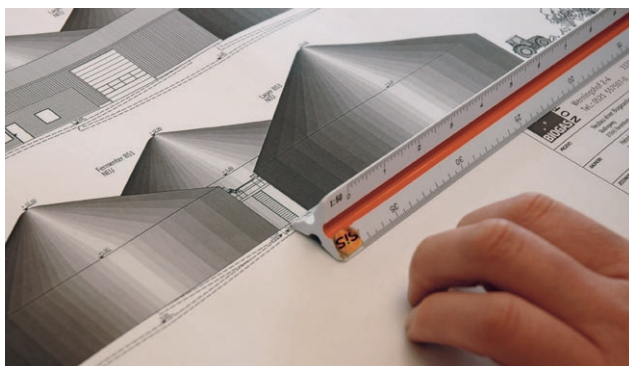
Le débouché énergétique est un des prérequis les plus importants. En cogénération, la valorisation de la chaleur permettra d'obtenir un revenu complémentaire ou de réaliser des économies sur la facture électrique ou de gaz de l'exploitation, mais aussi de renforcer le caractère vertueux du projet pour les demandes de subventions. En injection, il conviendra de s'assurer d'une part que la taille est suffisante pour assurer la viabilité mais aussi que le réseau reste relativement proche du site et en capacité d'accueillir le débit injecté en toute saison.

! POINT DE VIGILANCE

Il est conseillé d'éviter le surdimensionnement du projet dans sa globalité : il peut être tentant sur le papier pour améliorer la rentabilité (théorique) mais peut conduire à l'inverse si l'unité manque de matières ou si elle dépend fortement de matières extérieures dont les prix peuvent être très volatils pendant la phase d'exploitation.

Comment anticiper les évolutions ?

L'anticipation des évolutions se réfléchit dans le choix de l'implantation : possibilité de rajouter des stockages pour recevoir d'autres types de matières, rajouter un post-digesteur ou une fosse de stockage supplémentaire... Il est déconseillé de construire les fosses « trop grandes » dès le début, car cela peut pénaliser l'équilibre technico-économique du démarrage.



Le porteur de projet, en tant que maître d'ouvrage, oriente et valide le dimensionnement du projet.

“ Bénéficiaire du retour d'expériences du réseau ”

Francis Claudepierre, président de l'AAMF⁶, producteur de lait biologique à Migneville (Meurthe-et-Moselle) et exploitant d'une unité de méthanisation de 440 kWé depuis 2009 :

« L'association a pour but de rassembler les méthaniseurs de toutes les régions et toutes les typologies. Le coût de l'adhésion peut être mille fois amorti grâce aux erreurs que l'on va éviter, grâce au retour d'expériences des adhérents et aux échanges entre méthaniseurs lors des rencontres que l'on organise ! »



Figure 2 : Les fondamentaux d'un projet de méthanisation à la ferme

⁶Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France





Les étapes du montage de projet

De l'idée à la mise en service, de nombreuses étapes jalonnent le développement d'un projet de méthanisation.

Il faut entre 2 ans et parfois plus de 4 ans pour mener à bien un projet de méthanisation. Il est nécessaire d'avoir une vision globale du déroulement du projet pour faire les bons choix au bon moment (voir Figure 3).

- **L'accompagnement.** Il est conseillé de se faire accompagner par un prestataire extérieur (bureau d'études indépendant, chambre d'agriculture, CER France, coopérative...) qui suivra le projet tout au long des démarches et assurera la cohérence de l'ensemble jusqu'à la construction. Des dispositifs d'animation existent dans la plupart des régions, qui peuvent orienter les porteurs de projets vers les prestataires existants. Certains constructeurs peuvent intervenir dès le début des projets, mais il est primordial que le porteur de projet garde la main sur le dimensionnement, les choix techniques et ne s'engage pas trop vite sur une technologie.
- **La formation.** Il est conseillé de suivre une formation dès la phase d'études pour avoir une vision globale du projet et appréhender toutes les conséquences sur l'exploitation agricole. Visiter des installations de différents constructeurs est indispensable avant de choisir son entreprise.
- **Les démarches administratives.** Une fois la faisabilité technico-économique du projet avérée, plusieurs dossiers sont lancés : rédaction du dossier ICPE et du permis de construire, plan d'épandage, demande d'agrément sanitaire, dossier de demande de subventions et dossier bancaire. Pour suivre les démarches réglementaires, un guichet unique a été mis en place dans chaque DDT ou DDPP⁷. Anticipez le dépôt de vos dossiers en prenant contact avec les services instructeurs en amont.



Figure 3 : Les grandes étapes d'un projet de méthanisation

⁷ Direction départementale des territoires ou Direction départementale de la protection des populations

■ **Les démarches liées au raccordement et à la vente de l'énergie.** Que ce soit pour injecter de l'électricité ou du biométhane dans les réseaux, la chronologie des démarches est identique :

- Pré-étude (optionnelle) et étude de faisabilité pour évaluer le coût du raccordement,
- Contrats et conventions avec le gestionnaire de réseau pour raccorder votre unité et avoir le droit d'injecter,
- Contrats avec le fournisseur d'énergie pour la vente de l'électricité ou du biométhane.

Ces démarches et les interlocuteurs correspondants sont détaillés dans les chapitres consacrés à la cogénération ou l'injection de biométhane.

■ **Le montage juridique.** Dès le début de la réflexion, se pose la question du portage juridique de l'unité de méthanisation. Est-elle intégrée dans l'exploitation ? Crée-t-on une société dédiée ? Le choix retenu aura des conséquences sur la fiscalité et donc l'analyse économique du projet. Faites-vous conseiller par votre organisme de gestion pour peser les avantages et inconvénients des différentes solutions.

■ **Le montage financier.** Lorsque vous disposez d'un business plan assez abouti, prenez contact avec les organismes bancaires et les financeurs potentiels (ADEME, Région..) pour connaître les possibilités de financement et leurs exigences.

■ **La construction et la mise en service.** C'est une étape cruciale qui nécessitera du temps et du suivi. Vous pouvez vous faire accompagner par un assistant à maîtrise d'ouvrage pour cette étape (obligatoire pour les projets collectifs). Dans le cadre d'un contrat clé en main, le constructeur sera votre seul interlocuteur pendant cette phase de chantier.

■ **L'exploitation et la maintenance.** Il faudra dégager 1 à 2 heures par jour en moyenne pour suivre et exploiter l'unité (en fonction de sa taille), davantage si vous incorporez des gisements exogènes ou fonctionnez en petit collectif.

➔ **Voir calendrier des démarches en annexe.**



Que ce soit pour injecter de l'électricité ou du biométhane dans les réseaux, la chronologie des démarches est identique.

POUR ALLER PLUS LOIN

Guide des démarches administratives pour la réalisation d'une unité de méthanisation à la ferme. *RAEE, 2010.*

Méthanisation, préparer votre projet d'injection et votre demande de financement. *Groupe de travail financement du Comité national biogaz, 2018.*

Chaleur issue de la méthanisation, de réelles opportunités. *Guide ADEME, 2016.*

Pour connaître les relais locaux et les dispositifs d'animation et de formation : contacter la direction régionale de l'ADEME.





Intégration locale et communication

Beaucoup de porteurs de projets hésitent à communiquer localement. Pourtant, même s'il n'existe pas de « démarche-type » pour s'adresser aux élus, aux riverains ou aux associations, il est indispensable d'adopter une posture de dialogue.

La méthanisation est une nouvelle activité sur les exploitations agricoles qui peut susciter des interrogations, voire des craintes, pouvant conduire parfois à une mobilisation locale d'opposition.

Comme l'acceptation de votre projet repose avant tout sur la confiance qui vous est accordée, il est conseillé de se faire connaître et d'échanger dans la durée.

Vers qui communiquer ?

Les élus de la commune et de l'intercommunalité, voire du syndicat d'énergie, constituent des interlocuteurs prioritaires pour échanger notamment sur l'implantation du site. Mais des actions de concertation vers un public plus large - agriculteurs, riverains, associations, journalistes - permettent de montrer votre volonté de dialogue.

MESURES	Amont	Démarches	Démarrage	Activité
Informer le maire de la commune et le président de la communauté de communes	▲			
Faire visiter des unités de méthanisation existantes	▲	▲		
Organiser des réunions d'information / débat	▲	▲	▲	▲
Echanger avec le voisinage, créer un comité de suivi	▲	▲	▲	▲
Organiser des journées portes ouvertes			▲	▲
Développer les relations publiques avec les médias		▲	▲	▲
Publier une brochure sur la méthanisation		▲	▲	▲
Créer et animer un site internet	▲	▲	▲	▲
Faire du sponsoring				▲

Tableau 1 : Actions pour bien conduire la communication autour de son projet

Source : Auvergne-Rhône Alpes Environnement

Impliquer les citoyens

Associer les citoyens au projet est parfois une façon de faciliter l'intégration locale du projet. Il existe plusieurs manières d'impliquer les citoyens :

- **Par la gouvernance** : les citoyens sont alors représentés à hauteur de leur capital dans l'instance qui est responsable du fonctionnement de l'unité,
- **Par le financement participatif** : les citoyens contribuent au financement (emprunt, obligations, actions, etc.), et sont rémunérés pour leur apport financier.

Comment informer ?

Le choix des actions de communication dépend de chaque situation. Une partie d'entre elles est présentée dans le Tableau 1.

Qui peut vous aider ?

Il est possible d'organiser soi-même une démarche d'information et de dialogue, néanmoins cela demande un engagement et du temps. Différents guides peuvent vous aider (*voir Pour aller plus loin*). Des professionnels peuvent aussi accompagner les porteurs de projet.

« L'attention que porteront les porteurs du projet à établir et à maintenir la confiance conditionnera fortement la capacité des parties prenantes à mieux comprendre leur démarche sur le territoire. »

Extrait du guide ADEME Informer et dialoguer autour d'un projet de méthanisation (2018)



Visite de l'unité de méthanisation de Pernay (Indre-et-Loire) organisée par le porteur de projet Alain Daveau pour les élus.

“ Tout passe par les élus ”

Alain Daveau, éleveur laitier à Pernay (Indre-et-Loire), méthanisation de 250 kWé :

« Notre exploitation se trouve dans le bourg de Pernay. Au départ, il y a eu des inquiétudes par rapport au bruit et aux odeurs. Un riverain très proche de la ferme a essayé de créer une association pour empêcher la réalisation du projet mais ça n'a pas marché, et il a été débouté au procès. Dès le lancement du projet, nous avons informé les élus. Ensuite, comme la commune comptait utiliser la chaleur de la méthanisation pour chauffer les bâtiments publics, nous avons emmené le conseil municipal visiter une installation. Ces démarches les ont rassurés et leur ont permis de répondre sereinement aux questions des habitants. Tout passe par les élus. »

POUR ALLER PLUS LOIN

Informier et dialoguer autour d'un projet de méthanisation. *Guide ADEME - 2018.*

Étude Perception sociale de projets de méthanisation agricole en Bretagne. Analyse croisée des regards d'acteurs des territoires, favorables ou opposés aux projets. *Chambres d'agriculture de Bretagne - 2015.*

Étude Méthanisation agricole, retour d'expérience sur l'appropriation locale des sites en injection. *Étude GRDF - 2018.*





Les substrats

Un approvisionnement maîtrisé et une bonne connaissance de ses intrants conditionnent la performance de l'unité.

Les différents types de substrats et leurs qualités

Pour être méthanisable, un substrat doit être riche en matière organique biodégradable, hors matières ligneuses (bois), et ne comporter aucun élément perturbateur de la digestion (indésirables, inhibiteurs...)

■ **Les déjections animales** : Dans un projet à la ferme, elles sont la base du gisement. Elles ont l'inconvénient d'être peu méthanogènes par rapport à d'autres biomasses. Le potentiel méthanogène des lisiers et des fumiers varie beaucoup en fonction de la teneur en matière sèche mais aussi du temps de stockage. Elles sont une source de bactéries méthanogènes et elles ont un pouvoir tampon⁸ important, ce qui stabilise le milieu.

■ **Les matières végétales agricoles** : Il s'agit soit de matières produites sur l'exploitation (ensilages de cultures intermédiaires, cultures fourragères, pailles et menues pailles), soit de résidus de cultures, soit de résidus du tri et du stockage de matières premières (déchets et issues de silo). Les végétaux ont des potentiels méthanogènes intéressants (voir Figure 4). Comme ils sont riches en carbone, ils équilibreront facilement la ration ; ils ont également une bonne dégradabilité et se stockent facilement.

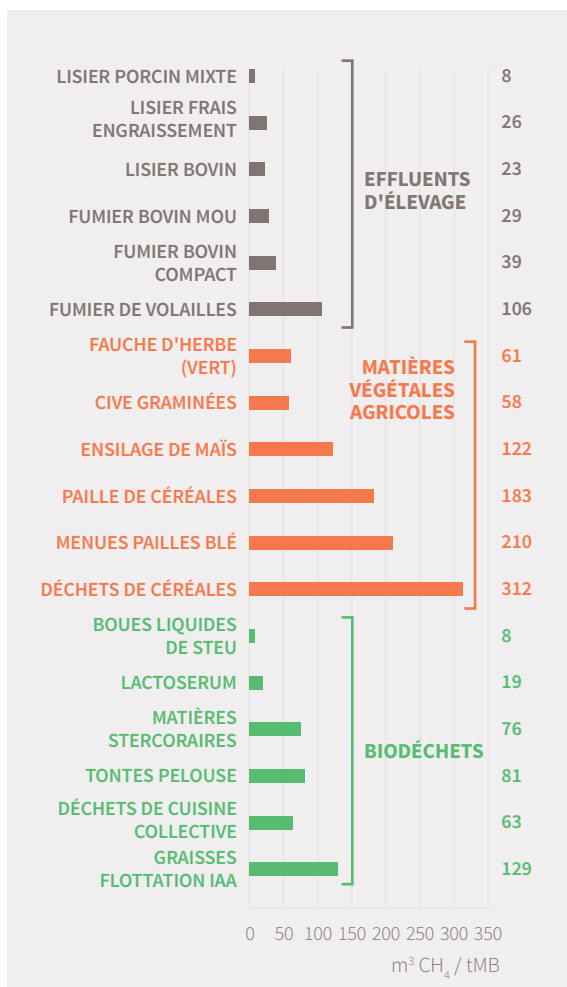


Figure 4 : Potentiels méthanogènes moyens des principaux substrats utilisés en méthanisation en volume de méthane par tonne de matière brute

Source : Base de données Methasim, IFIP 2018

⁸ Pouvoir tampon : assure une stabilité du milieu par rapport aux variations de pH.

*Les biodéchets
(ici des déchets
de poireaux)
ont un potentiel
méthanogène
intéressant.*



La recherche de co-substrats extérieurs peut être une stratégie pour améliorer la rentabilité de l'unité. Néanmoins, il convient d'étudier précisément le contexte environnant : quels sont les exutoires pour ces déchets aujourd'hui ? Existe-t-il d'autres unités de méthanisation à proximité ou en projet qui peuvent venir concurrencer l'approvisionnement ? Il est conseillé de ne pas dépendre trop fortement des gisements extérieurs.

- **Les déchets des industries agroalimentaires** : Ils ont en général un potentiel méthanogène intéressant, mais nécessiteront des stockages appropriés et ne peuvent pas être introduits dans les unités soumises à déclaration ICPE.
- **Les biodéchets des collectivités et de la restauration (tontes, feuillages non ligneux, déchets de restauration...)** : L'incorporation de ces biodéchets dans l'unité apporte une solution supplémentaire au territoire mais peut entraîner des contraintes techniques et réglementaires (hygiénisation des déchets de cuisine, main d'œuvre..)

Produire de la biomasse végétale sur l'exploitation

Il s'agit d'une stratégie à envisager pour la plupart des projets en vérifiant la pertinence agro-environnementale pour l'exploitation.



Les déjections animales sont la base d'un gisement de méthanisation à la ferme.

- **Les cultures énergétiques dédiées** (maïs, herbe, sorgho, betteraves...) sont performantes d'un point de vue énergétique mais concurrencent la production alimentaire. Leur incorporation est limitée par décret⁹ à **15 % du tonnage entrant**, sur une moyenne triennale glissante.

⁹Décret n° 2016-929 du 7 juillet 2016.



- La production de **CIVE (Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique)** : le principe est de produire 3 cultures en 2 ans : 2 cultures alimentaires et une CIVE entre les deux, et ainsi coupler l'intérêt environnemental (et réglementaire) de couverture des sols et de pièges à nitrates avec la production de biomasse.
 - **Quelles espèces choisir ?** Les différences ne sont pas significatives entre les potentiels méthanogènes, c'est essentiellement le rendement par hectare qui fera la différence.
 - **Quels rendements espérer ?** Les rendements sont très dépendants des conditions pédoclimatiques. Le temps de développement du projet doit être consacré à faire des essais en conditions réelles et estimer au mieux le potentiel de production de l'exploitation. Ce sera aussi l'occasion de commencer un stock pour la première année. Il faut néanmoins viser un **objectif minimal de 4 tMS/ha** pour rentabiliser les coûts d'implantation et de récolte. Dans de bonnes conditions, on pourra récolter **6 à 7 tMS/ha** en moyenne.
 - **Quel impact pour les sols ?** Exporter 3 cultures en 2 ans pose la question de l'évolution du stock de matière organique dans les sols. Les travaux menés par Arvalis (projet Opticive et plateformes d'essais Syppre) montrent que le carbone organique restitué au sol à la suite d'une CIVE (chaumes et racines) est au moins équivalent à la biomasse restituée par la destruction d'une CIPAN, sans compter l'apport de carbone organique par les digestats.
- L'intégration de **résidus de culture** peut également être une option :
 - **Les menues pailles** : le rendement méthanogène est très intéressant (voir Figure 4) et la récupération permet également de diminuer la pression d'adventices dans les champs. Compter un rendement moyen de **1 à 2 t/ha** (proportionnel au rendement en paille).
 - **Les pailles de céréales et cannes ou rafles de maïs grain** pourront également compléter une ration, à condition d'être broyées et de soigner leur stockage.

! POINT DE VIGILANCE



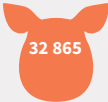







La ration du méthaniseur ne s'improvise pas et doit être réfléchie avec le concepteur puis avec le prestataire qui réalise le suivi ou avec un conseiller.

“ Tester sur plusieurs années ”

Gildas Fouchet, éleveur à Domagné (Ille-et-Vilaine), exploitant d'un méthaniseur de 100 kWé et référent CIVE pour le GIEE¹⁰ des méthaniseurs bretons :

« C'est en testant sur plusieurs années que l'on peut choisir les espèces les mieux adaptées à notre situation. Le GIEE est justement un moyen de progresser techniquement mais aussi de pouvoir faire des échanges de semences. »

¹⁰ Groupement d'intérêt économique et environnemental.

Chiffres clés	Produisent l'équivalent de...	Pour faire 100 kWé, il faut...	Pour faire 50 Nm ³ /h...
Les effluents de 100 vaches laitières	28 kWé	 362	 725
Les effluents de 1000 porcs à l'engraissement	3 kWé	 32 865	 65 730
1 ha d'ensilage d'herbe (1 coupe à 4 tMS/ha)	0,6 kWé	164 ha 	329 ha 
1 ha de CIVE (6 tMS/ha)	0,9 kWé	117 ha 	235 ha 
1 ha de menues pailles	0,2 kWé	672 ha 	1 343 ha 

** fumier mou de stabulation en logettes, présence des animaux 12 mois en bâtiment*

Tableau 2 : Production d'énergie selon la taille de troupeaux et la surface de cultures

POUR ALLER PLUS LOIN

Methasim, Outil de simulation technico-économique pour la méthanisation agricole développé par l'IFIP.

Étude sur champ des potentiels agronomiques, méthanogènes et environnementaux des cultures intermédiaires à vocation énergétique, Rapport du projet ExpéCIVE. Methanéva et Caussade Semences. ADEME, 2013.

Méthanisation agricole et utilisation de cultures énergétiques en co-digestion. APESA, ADEME, 2009.

Projet OPTICIVE. Sur le site d'Arvalis - Institut du Végétal.

Dossier menues pailles des CUMA de l'Ouest.





La biologie

Au cours de la méthanisation, différentes familles de bactéries anaérobies (qui vivent en l'absence d'oxygène) convertissent des chaînes organiques complexes (protéines, sucres, lipides) en éléments simples qui constituent le biogaz et le digestat.

Ce processus de fermentation, comparable à la fermentation entérique des ruminants, se déroule dans le digesteur, la plupart du temps en conditions **mésophiles** (35-42°C). Certains procédés fonctionnent à des températures plus élevées (50-55°C en conditions **thermophiles**).

Maintenir l'équilibre de la digestion

Les différentes familles de bactéries sont interdépendantes : les « rejets » des unes sont les aliments des autres, mais ils peuvent dans certaines conditions inhiber la chaîne de dégradation. Le travail de l'exploitant consiste à maintenir l'équilibre au sein de cette chaîne de dégradation en apportant au digesteur une alimentation stable et équilibrée et des conditions optimales de dégradation. Cette surveillance passe par :

- Un suivi quotidien des paramètres du milieu (pH, température, composition du biogaz et du digestat) avec un étalonnage fréquent des appareils de mesure,
- Des analyses régulières sur les matières entrantes et sur le digestat pour vérifier le niveau de dégradation et l'absence d'inhibiteurs.

La phase de montée en charge est la plus délicate, la population bactérienne n'étant pas encore totalement installée. Le fournisseur du process est là pour vous accompagner pendant cette phase et vous former au pilotage du digesteur.



L'importance d'un suivi quotidien et des outils de monitoring

Même sur une petite installation, il est nécessaire d'être correctement équipé pour suivre les performances de l'installation et pouvoir réagir aux premiers symptômes, en complément des analyses en laboratoire :

- Mesure de la **température** à l'aide d'une sonde de type thermocouple,
- **Débitmètre et analyseur** de la composition du biogaz,
- Mesure régulière du **pH**, en continu ou à l'aide d'une sonde portable sur le digestat.

Il est recommandé de suivre une **formation spécifique** au suivi biologique et souscrire un contrat de suivi biologique auprès de son constructeur ou d'un prestataire spécialisé, au moins les premières années.

Le pilotage de l'unité passe également par le **suivi de la performance** (ratio entre la production de biogaz et la quantité/qualité de la biomasse incorporée). Pour cela, un **logiciel de suivi** est nécessaire. À défaut et pour les plus petites unités, un fichier Excel peut-être développé par l'exploitant.



Le suivi quotidien demande l'utilisation d'un logiciel spécifique.

POINT DE VIGILANCE

Les principaux dysfonctionnements rencontrés :

- *L'acidose : c'est le problème le plus fréquent, notamment pendant la phase de montée en charge. Elle peut être provoquée par l'introduction d'une quantité trop importante de substrats fermentescibles ou être la conséquence d'une inhibition (H_2S , NH_3 , désinfectants...).*
- *L'alcalose provient d'un excès d'ammoniaque dans le milieu, conséquence d'une ration trop riche en protéines.*
- *L'excès de H_2S peut être provoqué par une ration trop riche en acides aminés contenant du soufre (poils, plumes, cornes, crucifères...).*
- *L'excès de certains minéraux (sodium, potassium) ou métaux lourds (Cu, Zn, Ni, Pb) peut engendrer une acidose.*

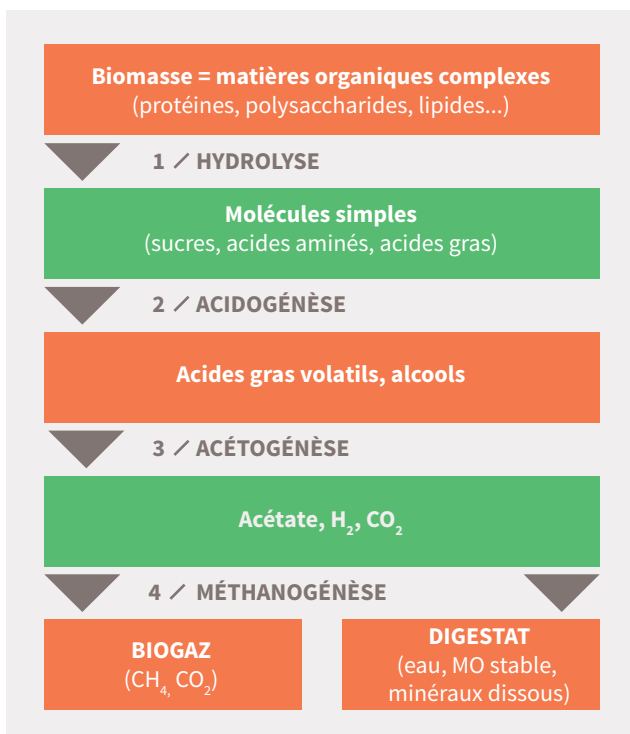


Figure 5 : Schéma des réactions biologiques

Source : AILE

POUR ALLER PLUS LOIN

Biologie des digesteurs, guide complet à destination des exploitants d'unité de méthanisation. S3D et APESA, ADEME Bourgogne-Franche-Comté, 2014.

Guide de suivi de la biologie sur une unité de méthanisation agricole. AILE, 2011.

Guide méthodologique pour le suivi et l'établissement des bilans de performances d'une installation de méthanisation. APESA, Biomasse Normandie, ADEME, 2014.

Mesure des flux de biogaz sur les installations à la ferme et centralisées. ADEME, 2017.





Le process

Le procédé par voie liquide en infiniment mélangé est le plus répandu en méthanisation agricole mais des technologies existent en voie sèche.

Les différents procédés envisageables

Le choix du procédé et du constructeur/fournisseur doit être réfléchi en prenant en compte les spécificités de son projet : il doit être adapté aux matières à traiter et à la typologie de l'exploitation, et non l'inverse (voir Figure 6). L'infiniment mélangé est de loin le procédé le plus répandu, sur lequel on a le plus de retour d'expériences. Il s'adapte à des rations dont la teneur en matière sèche entrante n'excède pas 18-20 %, afin d'obtenir un mélange dans le digesteur brassable et pompable. La recirculation du digestat est possible pour diluer le mélange entrant. Pour des projets valorisant uniquement des fumiers très compacts, le choix de la voie solide (en piston ou en silo) sera plus pertinent.

Le régime de température dit « mésophile » (35-42°) est le plus courant. On trouve également certains procédés thermophiles (50-55°) adaptés à la méthanisation à la ferme.

En infiniment mélangé, de très nombreux constructeurs sont présents sur le marché. Le choix d'une entreprise devra prendre en compte les spécificités techniques proposées, le montant de l'investissement et des coûts de fonctionnement mais aussi la solidité financière de l'entreprise, son expérience et le type de garanties qu'elle propose.

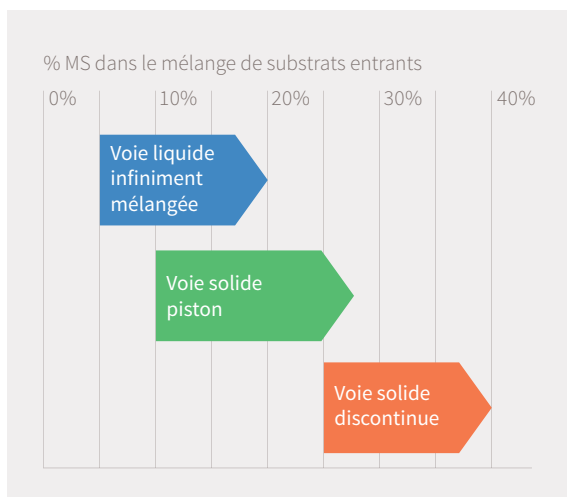


Figure 6 : Choix du type de process selon le taux de matière sèche des substrats entrants

Source : AILE

En voie liquide : les digesteurs infiniment mélangés (Figure 7)

- **L'étape d'incorporation** est à réfléchir avec attention et à adapter au type de matières. Les matières liquides, stockées en cuve sont pompées plusieurs fois par jour par une pompe (à vis excentrée, dilacératrice si besoin ou à lobes pour les effluents visqueux). Les végétaux et fumiers sont chargés dans une trémie reliée au digesteur par une/des vis sans fin ou un piston. C'est lors de cette étape que les indésirables (cailloux, ficelles, métaux..) devront être au maximum éliminés. Il faut donc envisager l'équipement d'un broyeur et d'un piège à cailloux en fonction du type de fumiers incorporés, et réfléchir à des solutions pour les prévenir en amont.

■ **Le digesteur.** Il peut être en béton ou en acier inoxydable et éventuellement (semi-enterré). Les parties en contact avec le gaz sont protégées contre la corrosion (peinture Epoxy, liner...). Le calcul de la taille du digesteur permet un temps de séjour suffisant pour exprimer pleinement le potentiel méthanogène tout en maintenant une charge organique suffisante pour les bactéries (quantité de matière organique par mètre

cube de digesteur et par jour). Il doit assurer les conditions optimales pour le bon déroulement de la digestion : étanchéité, maintien de la température et du pH, absence d'oxygène. Les flux de matières sont quasi-continus : pour chaque mètre cube incorporé, un mètre cube de matière digérée est évacué vers le post-digesteur ou le stockage soit par surverse soit par pompage.

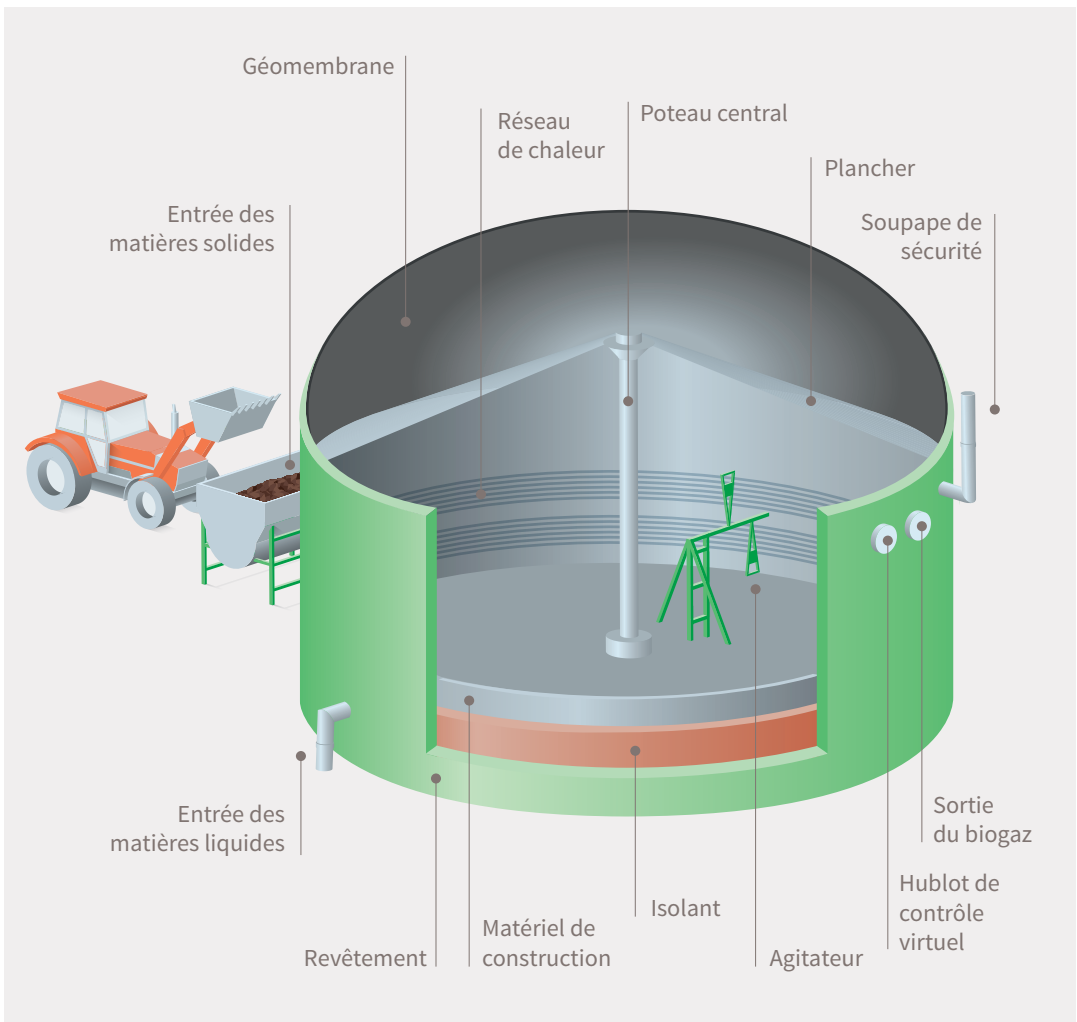


Figure 7 : Vue en coupe d'un digesteur fonctionnant en infiniment mélangé





Incorporation de fumier dans une trémie.

- **Le maintien de la température.** Les matières doivent être maintenues à température constante par un réseau de chauffage, qui peut être coulé dans les parois du digesteur ou fixé contre celles-ci. La chaleur est fournie par le moteur de cogénération ou par une chaudière dans le cas des projets en injection. L'isolation (dalle, murs et toit pour les digesteurs à toit béton) doit être renforcée en climat froid.
- **Le brassage** est un élément important qui permet de mettre en contact les bactéries et les matières en fermentation. Il doit permettre d'éviter la sédimentation et d'homogénéiser la température dans le mélange. Il peut être réalisé mécaniquement (pâles avec moteur externe ou hélices avec moteur immergé) ou hydrauliquement pour les mélanges peu chargés en matière sèche (par injection de biogaz ou recirculation de digestat).

En voie solide continue : les digesteurs piston

Ce type de procédé est adapté aux rations entre 15 et 30 % de matière sèche mais il existe peu de retour d'expériences en méthanisation à la ferme.

En voie solide discontinue : le principe du batch (Figure 8)

Pour les projets dont les substrats sont très secs, la solution en voie solide discontinue avec chargement par batch, peut-être un choix pertinent. Une trentaine de sites fonctionnent en France. Le pilotage des digesteurs et de la biologie s'avère parfois délicat et la gestion du temps de travail doit être anticipée (temps de charge et de vidage des digesteurs). Par ailleurs, il est nécessaire de préparer la matière en amont et être vigilant sur l'épuration du biométhane. À noter aussi que cette technologie assure une moindre expression du pouvoir méthanogène des substrats que la voie liquide.

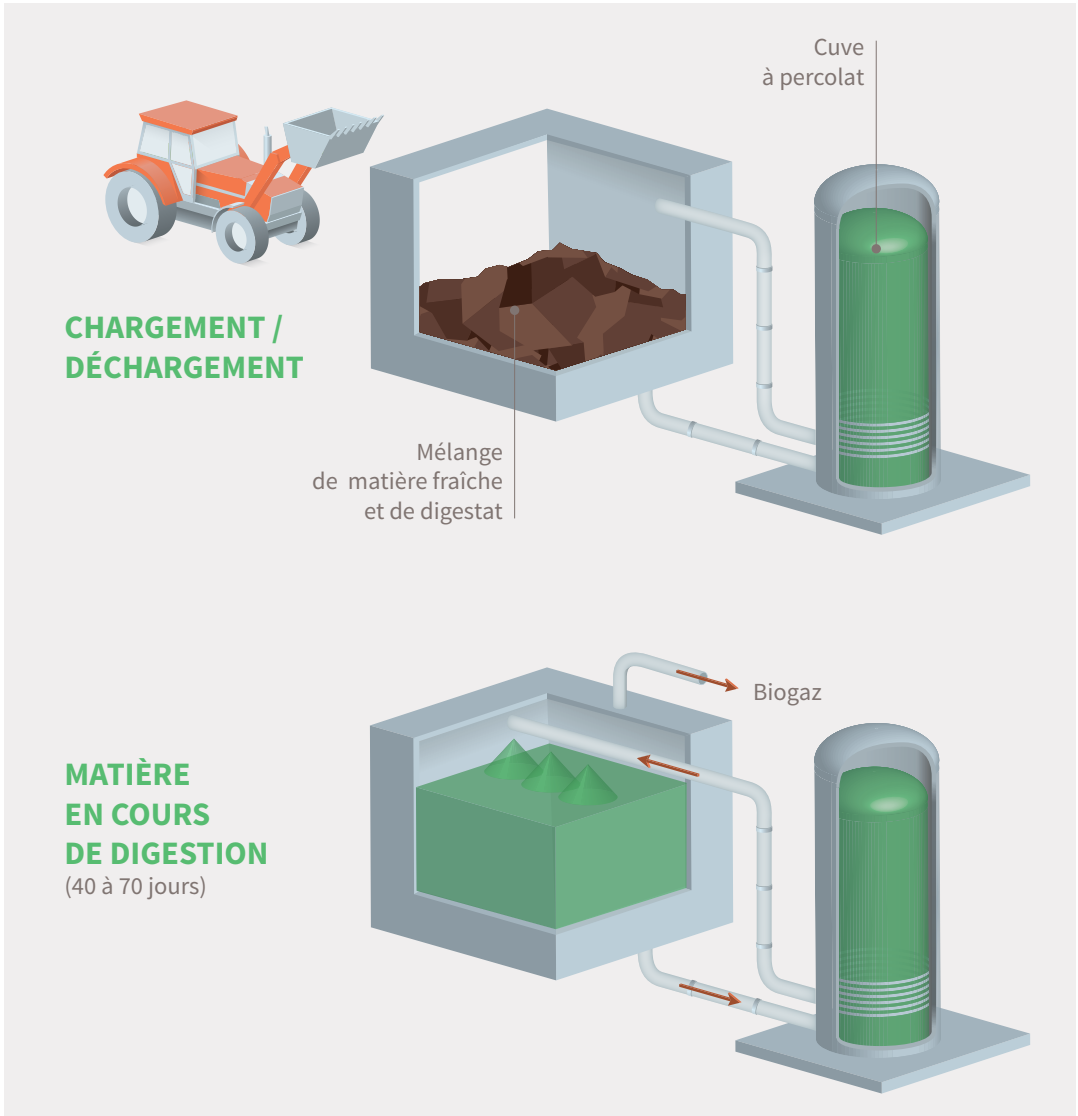


Figure 8 : Schéma d'une installation en voie sèche discontinue

POUR ALLER PLUS LOIN

La méthanisation. René Moletta, ed. Lavoisier, 2008.

Suivi technique, économique, environnemental et social d'installations innovantes de méthanisation à la ferme. ADEME - 2016.

La méthanisation agricole en voie sèche discontinue. ADEME Bourgogne - 2013.



Le biogaz

Le biogaz produit par la dégradation des matières organiques contient surtout du méthane, source d'énergie et du dioxyde de carbone. Ses principaux usages sont la cogénération pour la production d'électricité et l'injection de biométhane dans les réseaux de gaz naturel.

Caractéristiques du biogaz

Le biogaz contient 50 à 65 % de méthane (voir Figure 9). C'est là que se trouve l'énergie qui sera ensuite valorisée. Mais le biogaz contient également du CO_2 , de l'eau et des éléments traces qui peuvent être toxiques et corrosifs comme l'hydrogène sulfuré H_2S (caractéristique de l'odeur d'œuf pourri), ou les siloxanes.

Le stockage

Le biogaz est stocké à faible pression (2 à 3 mbar en général) dans un réservoir appelé gazomètre : il est généralement fixé sur le digesteur et/ou le post-digesteur dans le cas des digesteurs verticaux. Les gazomètres sont constitués d'une membrane (dite simple peau) ou d'une double membrane, ces dernières étant plus résistantes dans le temps. Des torchères puis des soupapes de sécurité permettent d'évacuer le biogaz excédentaire en cas de trop forte pression.

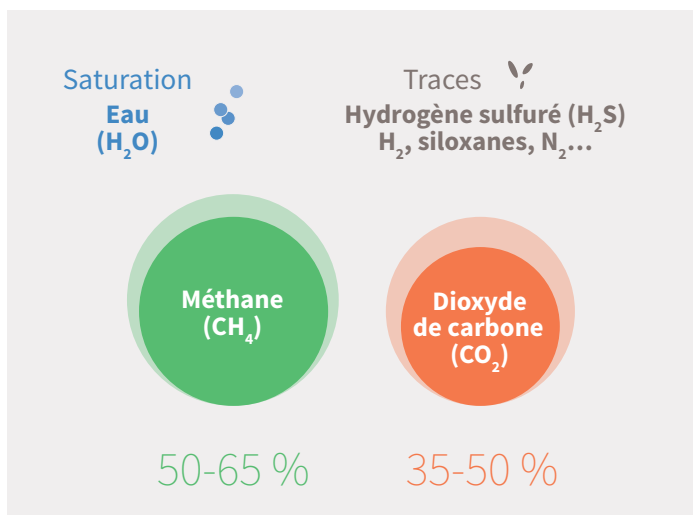


Figure 9 : Composition moyenne du biogaz produit par méthanisation de substrats agricoles



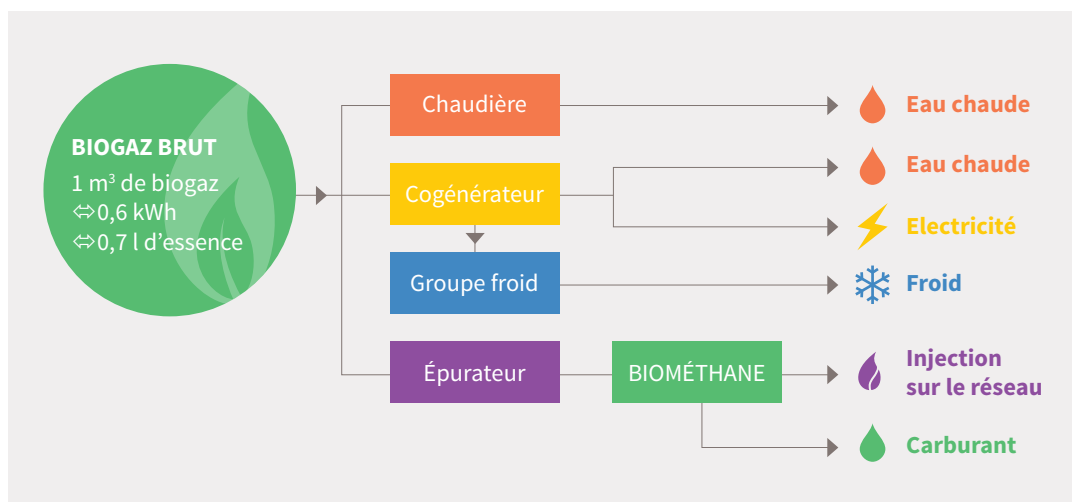


Figure 10 : Les différentes valorisations du biogaz

La cogénération

Le module de cogénération est constitué d'un moteur adapté pour brûler du biogaz, qui entraîne une génératrice de courant. La chaleur est récupérée sur le système de refroidissement du bloc moteur et des fumées de combustion et alimente un circuit d'eau chaude. L'électricité produite peut être injectée sur le réseau et revendue à un acheteur d'énergie.

L'épuration et l'injection de biométhane

L'épuration du biogaz consiste à séparer les éléments inertes ou indésirables tels que le CO_2 , le H_2S , l'eau, les siloxanes, pour obtenir un gaz concentré en énergie, le **biométhane**, de qualité similaire à celle du gaz naturel (plus de 97 % de méthane dans la plupart des régions françaises) pour pouvoir ensuite l'injecter dans les réseaux.

Production de carburant

L'épuration en biométhane ouvre la possibilité de le valoriser en carburant pour les véhicules : sous forme liquide GNL (gaz naturel liquéfié) ou sous forme compressé GNC.

Les autres usages

Il est bien sûr possible d'utiliser directement le biogaz dans une **chaudière** (avec un brûleur adapté au gaz de faible PCI) pour la production d'eau chaude. Mais avec les coûts actuels des énergies fossiles, cette valorisation est difficilement viable économiquement en méthanisation agricole.

Il est également possible d'ajouter un groupe froid à la cogénération (on parle alors de trigénération) pour produire du froid (eau à 4°C).

POUR ALLER PLUS LOIN

Biologie des digesteurs, guide complet à destination des exploitants d'unité de méthanisation. *S3D et APESA, ADEME Bourgogne, 2014.*

Guide de suivi de la biologie sur une unité de méthanisation agricole. *AILE, 2011.*





Monter un projet en cogénération

Pour les projets à la ferme, la cogénération est la voie la plus courante de valorisation du biogaz.

Le cogénérateur, organe clé de l'unité

Le dimensionnement du moteur prend en compte le débit prévisionnel de biogaz à valoriser.

- Les rendements annoncés par les motoristes sont des rendements théoriques obtenus dans des conditions normées de température et de pression. Les rendements réels sont inférieurs de 2 à 5 % par rapport aux rendements théoriques.
- La consommation électrique des auxiliaires du moteur doit être déduite de l'électricité vendue, cela représente de 3 à 5 % de l'électricité totale produite.
- Une maintenance préventive est fortement conseillée. L'usure prématurée et la casse des moteurs représentent la grosse majorité des incidents constatés par les assureurs et les pertes de recettes pour les unités.

La valorisation de la chaleur

De 10 à 15 % de la chaleur produite sert à chauffer le digesteur. La valorisation de la chaleur résiduelle permettra d'améliorer le bilan énergétique de l'unité, d'apporter un revenu complémentaire et donc d'optimiser la rentabilité de l'installation. Par ailleurs, les aides de l'ADEME et potentiellement des autres financeurs sont conditionnées à l'atteinte d'une efficacité énergétique globale en général supérieure à 50 %, ce qui impose de valoriser efficacement la chaleur. En moyenne, un moteur tourne environ 8 000 heures par an (91 % du temps) : il faut donc trouver des débouchés pour la chaleur toute l'année.

La ration produit annuellement

500 000 m³

de biogaz à 55% de CH₄.

L'énergie totale

contenue dans le biogaz est

$500\,000 \times 0,55 \times 9,94$ (PCI du CH₄) =

2 733 500 kWh.

Le moteur tournera en moyenne

8 000 h

dans l'année avec un

rendement électrique de

35 %.

→ $2\,733\,500 \times 0,35 / 8\,000 =$

120 kW électrique

de puissance moyenne.

Il faudra donc installer un moteur

d'une puissance électrique de

120 à 150 kW

électrique environ.

Figure 11 : Exemple de calcul de la puissance électrique nécessaire

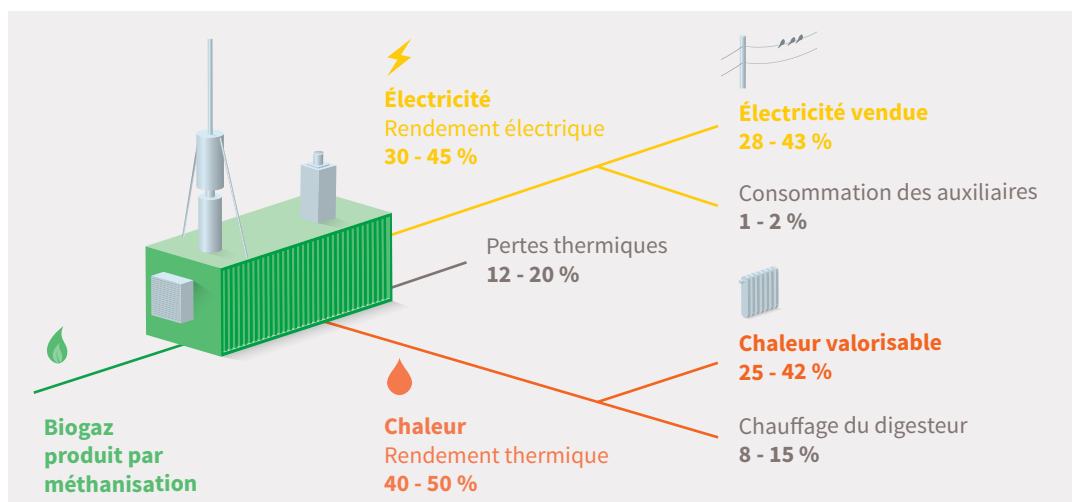


Figure 12 : Valorisations électriques et thermiques du biogaz exprimées sur l'énergie primaire

Pour cela, il est possible de combiner plusieurs usages :

- Chauffage de maisons d'habitations, gîtes...
- Chauffage de bâtiments d'élevages, production d'eau chaude,
- Chauffage de serres maraîchères ou horticoles, production de micro-algues (spiruline),
- Chauffage de bâtiments industriels ou d'établissements publics (EPHAD...),
- Séchage de fourrages, de bois...

Les démarches liées au raccordement

Il est conseillé de se faire accompagner par un prestataire pour gérer les démarches auprès d'Enedis liées au raccordement (constructeur ou un bureau d'études). Pendant la phase d'études, vous pouvez demander une étude de faisabilité à Enedis (payante). Ensuite les démarches commencent dès l'obtention du récépissé ICPE (ou autorisation). La demande de raccordement est à envoyer en même temps que votre demande de contrat d'achat.

➔ Voir calendrier des démarches en annexe.

Les démarches liées à la vente de l'électricité

Votre interlocuteur pour la vente de l'électricité est l'opérateur d'obligation d'achat. Le tarif concerne les unités de moins de 500 kWé. Il est fixé par arrêté pour une durée maximale de 20 ans, plafonné à 140 000 heures (soit environ 17 à 18 ans de production). Il se compose d'un tarif de base (de 15 à 17,5 c€/kWh) et d'une prime pour l'utilisation d'effluents d'élevage qui peut aller jusqu'à 5 c€/kWh au-delà de 60 % d'effluents. Ce tarif est ensuite revalorisé au 1^{er} janvier de chaque année (coefficient L). À partir du 1^{er} janvier 2018, le tarif de base décroît de 0,5 % chaque trimestre.

➔ POUR ALLER PLUS LOIN

Chaleur issue de la méthanisation : de réelles opportunités. Guide ADEME. 2016.

Site d'Enedis pour les démarches raccordement.

Site d'EDF OA pour la vente de l'électricité.





Monter un projet en injection

Pour injecter du biométhane dans le réseau, plusieurs critères sont à respecter. Il est aussi nécessaire de vérifier la capacité du réseau à accueillir le débit souhaité.

Les différentes étapes d'épuration

Pour pouvoir être injecté dans le réseau, le biométhane devra respecter les qualités requises, qui dépendent des régions où l'on se trouve (gaz de type H ou B). Afin de respecter ces critères, le biogaz passe par plusieurs étapes d'épuration :

- Désulfuration,
- Déshumidification,
- Décarbonation.

Plusieurs procédés d'épuration existent pour atteindre 97 % minimum de taux de méthane.

Pour être injecté, le biogaz est acheminé jusqu'à un « poste d'injection » dans lequel ont lieu quatre étapes :

- **L'odorisation** qui permet de donner au biométhane l'odeur caractéristique du gaz naturel et ainsi assurer la sécurité des usagers.
- **Le contrôle de la qualité du biométhane** permettant de vérifier la conformité de ses caractéristiques physico-chimiques aux prescriptions techniques en vigueur.
- **La régulation de la pression** qui permet au biométhane d'être prioritaire à l'injection dans le réseau.
- **Le comptage** permettant de connaître les volumes de biométhane injectés (ou non) dans le réseau.

Le poste d'injection est la propriété de l'opérateur de réseau (GRDF, GRTgaz, Teréga, entreprises locales de distribution) et l'exploitant verse une location annuelle. Si le biogaz est réputé conforme, il est alors mélangé au gaz naturel.

Les démarches pour injecter

Il est nécessaire de démarrer les études en amont des autorisations administratives (ICPE...). L'étude détaillée marque l'entrée dans le registre des capacités, ce qui permet de « réserver » le droit d'injecter dans le réseau. Dans ce registre, les projets sont inscrits en fonction de leur ordre d'arrivée avec l'attribution d'un numéro qui permettra de prioriser, le cas échéant, les allocations de capacité d'injection.

Une fois les autorisations ICPE et l'étude de dimensionnement réalisées, le producteur signe 2 contrats avec le gestionnaire de réseau :

- **Contrat de raccordement** : Il décrit les conditions de réalisation de la canalisation reliant le poste d'injection et le réseau.
- **Contrat d'injection** : Il décrit les relations entre le distributeur et le porteur de projet pendant toute la durée de l'injection.

➡ **Voir calendrier des démarches en annexe.**

La vente de biométhane

Le tarif d'achat du biométhane est fixé par l'arrêté du 23 novembre 2011, pour une durée de 15 ans. Il dépend de la taille de l'installation et de ses intrants (voir Figure 13). L'acheteur doit être un fournisseur de gaz naturel, titulaire d'une autorisation de fourniture.

Lorsque le producteur ne trouve pas d'acheteur, il peut recourir à un des acheteurs de biométhane dits « de dernier recours » désignés par arrêté.

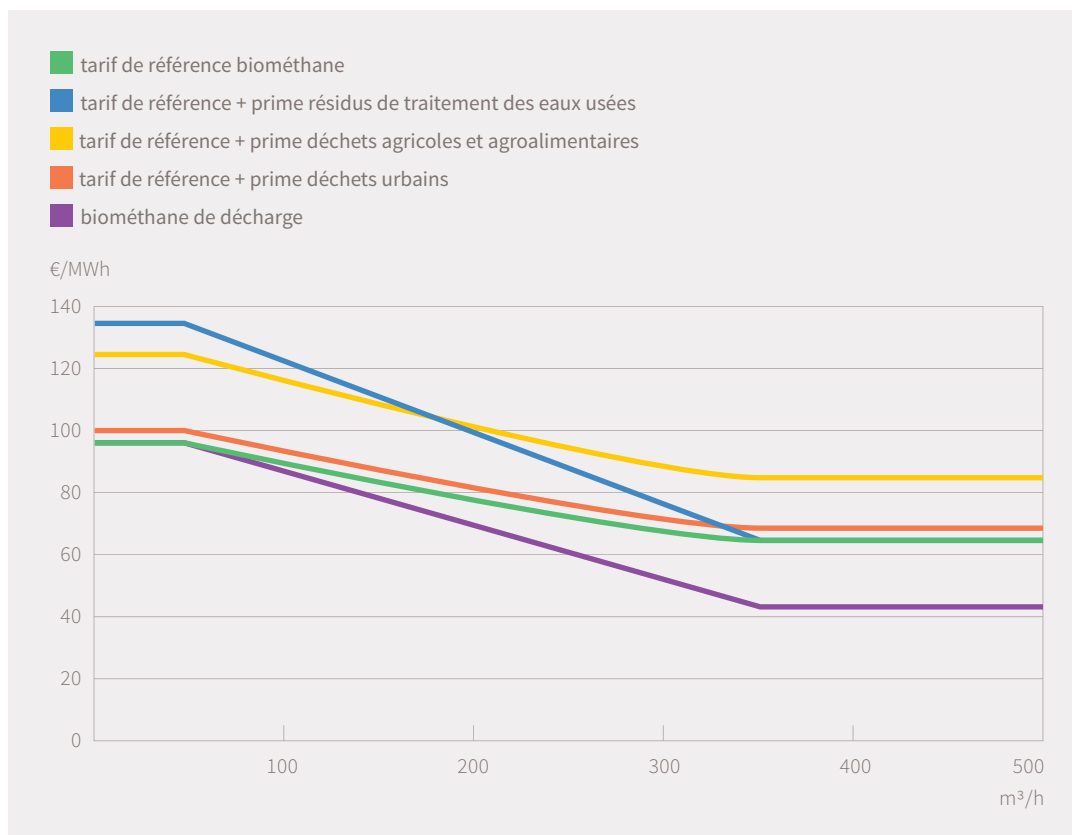


Figure 13 : Tarif d'achat du biométhane en fonction du type de déchets et du débit d'injection

Source : injectionbiomethane.fr

POUR ALLER PLUS LOIN

Le site Injection biométhane.

Biométhane : année 2017. Retour d'expériences GRDF sur l'injection des sites de méthanisation agricole. GRDF, 2018.

Développement de projets biométhane / BioGNV. Etude réalisée par Astrade pour le compte de AILE et RAEE dans le cadre du projet Biomethane Region. 2014.

Site gobiomethane.grdf.fr : Liste des acheteurs de biométhane.

Suivi technique, économique et environnemental d'installations de production et d'injection de biométhane dans les réseaux de gaz naturel. ADEME - 2017.





Les digestats

Le digestat est le produit résiduel issu de la digestion anaérobie. Il contient des éléments fertilisants et de la matière organique stable, ce qui lui confère des propriétés agronomiques intéressantes.

La composition du digestat dépend des matières entrantes et des procédés de digestion (voie liquide/solide) ainsi que de la présence éventuelle de post-traitements.

Les propriétés du digestat

- **Valeur fertilisante** : Les quantités totales en éléments fertilisants N, P, K sont conservées, en revanche leur forme peut être modifiée. L'azote organique se minéralise sous forme ammoniacale, forme plus facilement assimilable par les plantes. En conséquence, la valeur fertilisante peut être améliorée par rapport aux effluents de départ et permettre ainsi de faire des économies d'engrais minéraux, principalement dans le cas des fumiers.
- **Apport de matière organique et valeur amendante** : Seule une partie de la matière organique

« fraîche » est transformée en biogaz, la fraction ligneuse, nécessaire à la fabrication d'humus n'est pas attaquée par les bactéries. Cette fraction labile est en général dégradée naturellement sous forme de CO_2 et CH_4 pendant le stockage, le compostage et à la suite de l'épandage pendant les mois qui suivent la production des effluents. En conséquence, la valeur amendante des matières organiques, nécessaire au maintien de la qualité des sols est préservée. La quantité de matière organique stable restituée au sol est même supérieure dans le cas d'apports de déchets exogènes et de production de CIVE.

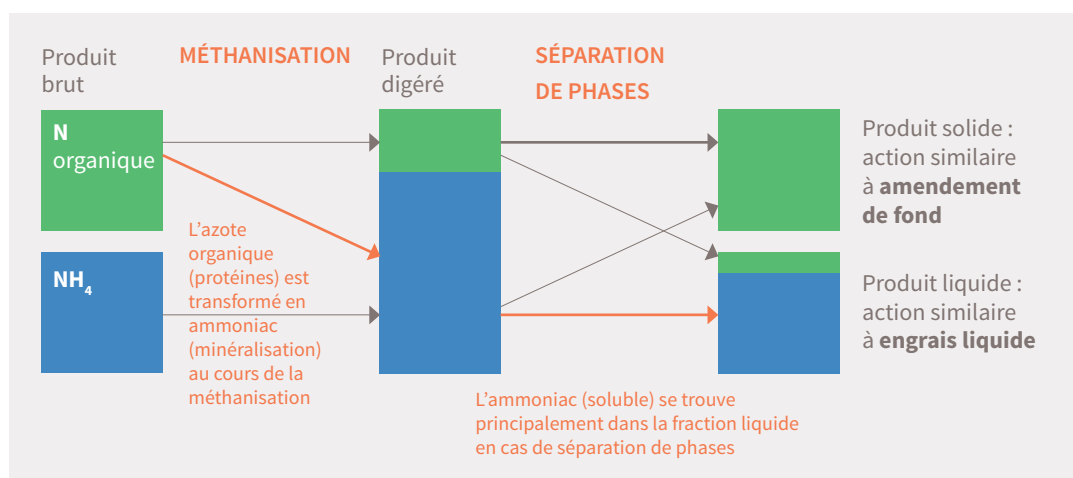


Figure 14 : Évolution de l'azote pendant la méthanisation

Source : Solagro

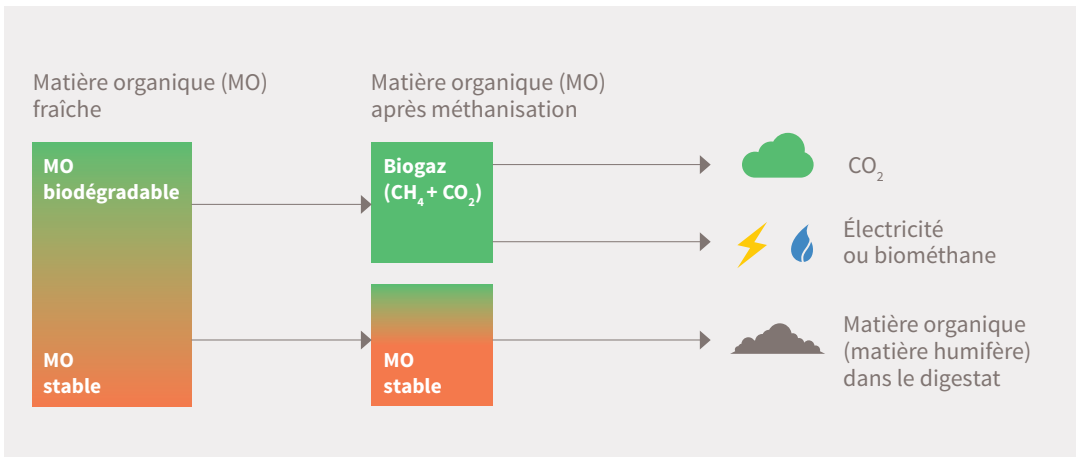


Figure 15 : Évolution de la matière organique avec la méthanisation

Schéma AILE, adapté de Solagro

- **Innocuité** : La qualité sanitaire des digestats de méthanisation est satisfaisante et en général meilleure que celle des déjections animales, notamment sur les Salmonella, E.Coli, de nombreux virus... L'abattement des pathogènes étant fonction du couple temps/température, le procédé en thermophile est plus efficace que le mésophile. Le potentiel de germination des graines d'adventices est annihilé.
- **Diminution des odeurs** : C'est la dégradation des matières organiques qui est responsable des odeurs lors de l'épandage, elles sont donc fortement diminuées avec le digestat.
- **Amélioration de l'épandage** : Le digestat brut est plus fluide, plus homogène et donc plus facile à épandre par pendillards que du lisier brut.

Les bonnes pratiques de stockage et d'épandage

La forte volatilité de l'ammoniac impose une grande vigilance au stockage et à l'épandage du digestat. La réglementation impose de prévoir au

minimum 4 mois de stockage tout en justifiant les périodes d'épandages possibles : ce sont donc en général 6 à 8 mois de stockage qui sont nécessaires, couvertes de préférence. Les matériels et les conditions d'épandage devront permettre de limiter la volatilisation de l'azote (épandage par temps humide, enfouissement...)

Les post-traitements

La séparation de phase peut-être nécessaire pour des besoins d'export de phosphore notamment, mais peut aussi être utile pour gérer un produit amendant d'une part (la fraction solide) et un produit fertilisant (la fraction liquide) d'autre part. Les taux de capture seront bien supérieurs dans le cas des centrifugeuses. Il est également possible de coupler la méthanisation avec d'autres procédés de traitement plus poussés : séchage de la fraction solide, stripping de l'azote, filtration membranaire...



Épandage de digestat liquide
avec un pendillard pour
limiter la volatilisation de
l'azote.



La réglementation encadrant la valorisation des digestats

En règle générale, les digestats sont des **déchets** soumis à **plan d'épandage**. Dans les conditions suivantes, le digestat brut respecte le cahier des charges **CDC Dig Agri1** et ne nécessitera pas de plan d'épandage (il pourra être vendu à un autre agriculteur à des fins d'épandage) :

- Matières premières autorisées : effluents d'élevage, végétaux agricoles et déchets végétaux d'industries agroalimentaires (tontes de pelouses exclues), laits et produits dérivés,
- Respecter 50 jours en mésophile et 30 jours en thermophile de temps de séjour, avoir une fosse de stockage brassée,
- Disposer d'un agrément sanitaire et appliquer un plan de maîtrise sanitaire (mesures HACCP, traçabilité),
- Respecter les seuils fixés sur les pathogènes (E.Coli et Salmonella) et sur les éléments traces métalliques.

Dans les autres cas, l'arrêté ICPE décrit les règles d'épandage. Le digestat brut et la fraction liquide auront un ratio C/N <8 ; ils seront donc considérés comme des fertilisants de type II selon la directive

Nitrates. Une fraction solide ou un digestat issu de voie solide auront un ratio C/N >8, les classant dans les fertilisants de type I. Les calendriers d'épandage régionaux sont à appliquer.

La valorisation du digestat nécessite une **traçabilité** (cahier de fertilisation et bordereaux de livraisons dans le cas de prêteurs de terres).

“ Le digestat liquide est épandu au printemps ”

Cyril Gaimon (associé au GAEC de Vautournon dans l'Indre, élevage de porcs fermiers avec transformation et vente à la ferme et méthanisation de 110 kWé)

« Nous nous sommes équipés d'un séparateur de phase afin de pouvoir gérer deux produits séparément. Aujourd'hui nous en voyons vraiment l'intérêt : le digestat liquide est épandu à l'aide d'un épandeur sans tonne au printemps, ce qui ne serait pas possible avec du digestat brut, et la fraction solide sert pour l'entretien de la matière organique, elle est épandue avant l'implantation des céréales. »



Économie d'un projet

Évaluer la faisabilité économique et définir le plan de financement de son projet est une étape cruciale et délicate dans le développement, qu'il faut anticiper.

Il est important de faire réaliser une étude par un prestataire indépendant de votre constructeur pour évaluer la faisabilité économique et le montage financier adapté à votre situation et à vos besoins.

Les investissements

Les investissements (Capex) dépendent de plusieurs paramètres : le volume d'intrants, la taille de l'unité et le mode de valorisation du biogaz. Les effets d'échelle sont significatifs. Le coût de raccordement au réseau électrique ou gaz peut varier fortement d'un projet à l'autre. Le génie civil est un poste important, qui peut varier d'une région à l'autre avec le prix du béton. Il est d'ailleurs possible de diminuer les postes liés au stockage en réutilisant des ouvrages existants lorsque la situation le permet. Le type de procédé influe également, la voie liquide étant la moins coûteuse sur l'investissement de départ. Le régime ICPE va aussi influencer sur la conception du site et les équipements à prévoir.

Des fourchettes d'investissements sont données à titre indicatif dans le tableau 3 et permettront de se situer par rapport à la tendance actuelle.

EN COGÉNÉRATION	
Fourchettes d'investissements	€/kWé
Micro-méthanisation 30-75 kWé	7 000 ▶ 13 000
Méthanisation à la ferme et petit collectif 80-500 kWé	5 300 ▶ 10 000
EN INJECTION	
Fourchettes d'investissements	€/Nm ³ .h
À la ferme et petit collectif 50-150 Nm ³ /h	30 000 ▶ 50 000

Tableau 3 : Fourchettes d'investissements en cogénération et en injection

Sources des données cogénération :

Analyse des coûts d'investissement d'unités mises en service entre 2010 et 2016.
Rapport de fin d'études de Yoann Courtois (ADEME 2016), Enquêtes PRODIGE (2018)
et étude Elanor Consulting-Strategies (ADEME Bretagne, 2016)

Sources des données injection :

Analyse de 50 dossiers (stade projet) financés par l'ADEME entre 2014 et 2017.
Les ratios ont été établis en retirant les valeurs extrêmes (premier et dernier déciles).



Les recettes

■ La vente d'énergie

■ En cogénération :

Le principal et parfois unique poste de recettes est la vente d'électricité, dont le tarif est fixé par l'arrêté du 13 décembre 2016 (*voir chapitre cogénération*).

En fonction des projets, l'économie liée à la substitution de la chaleur sera comptabilisée en fonction du coût actuel de l'énergie utilisée (gaz, fioul, électricité...). Pour la vente de la chaleur à une nouvelle activité il s'agit de fixer un prix « gagnant-gagnant » qui peut varier de 1 à 3 c€/kWh.

■ En injection :

Les recettes liées à la vente du biométhane sont déterminées par le tarif d'achat fixé par l'arrêté du 23 novembre 2011 (*voir chapitre injection*). La valorisation des garanties d'origine peut parfois améliorer légèrement le tarif, c'est à négocier avec l'acheteur de biométhane.

■ Redevance pour le traitement de déchets

À cela peuvent s'ajouter d'éventuelles redevances pour le traitement de déchets, notamment lorsqu'il s'agit de sous-produits animaux qui doivent être hygiénisés. Ce marché étant concurrentiel et volatil, il convient de minorer la recette liée au traitement de déchets, voire ne pas la compter dans le scénario présenté au banquier.

■ Économies d'engrais

Les économies d'engrais étant difficilement chiffrables et conditionnées à un bon usage du digestat, elles seront un plus pour l'exploitation mais ne sont pas comptabilisées pour étudier la rentabilité d'une installation.

Les charges d'exploitation (Opex)

Que ce soit en cogénération ou en injection, l'analyse économique repose sur le calcul de différents indicateurs. Les organismes bancaires et financeurs publics exigeront :

- Un TRI projet de l'ordre de 7 à 10 % avec aide publique,
- Un DSCR, qui représente la capacité de remboursement de la dette (liée aux fonds propres) de 120 à 140 % en fonction des risques.

Le montage financier devra prendre en compte un budget pour les aléas (de l'ordre de 5 %) ainsi qu'une période de montée en charge (disponibilité de l'installation de 50 à 70 % en année 1).

Comment se finance un projet de méthanisation ?

Il est important de réfléchir assez tôt à la structure du financement :

- L'apport de fonds propres qui pourra représenter entre 10 et 30 % de l'investissement. Les banques pourront exiger un minimum de 10 % d'apport par les associés.
- Les aides à l'investissement peuvent compléter les fonds propres pour atteindre les exigences des organismes bancaires. En fonction des régions, les subventions peuvent avoir plusieurs origines (ADEME, conseils régionaux ou départementaux, Feder...). Solliciter des aides publiques implique de respecter certains critères environnementaux (par exemple un taux d'efficacité énergétique minimal, couvrir la fosse de stockage du digestat).
- Les emprunts bancaires qui peuvent couvrir 70 à 80 % de l'investissement.
- Les projets avec une structure juridique dédiée (SAS, SARL...) pourront faire appel à des tiers investisseurs (constructeurs, SEM, collectivités...) ou des fonds d'investissement citoyens dédiés aux énergies renouvelables.

	COGÉNÉRATION	INJECTION
Main d'oeuvre	0,3 UTH pour 100 kWé	1 UTH pour 80 Nm ³ /h
Production de CIVE à 30% MS (charges mécanisation + semence)	15 - 25 €/t	
Production de cultures dédiées (charges mécanisation + semence)	20 - 25 €/t	
Achat de cultures dédiées (extérieur)	30 - 40 €/t brute départ vendeur	
Transport de matières	2 à 4 €/t	
Entretien, réparations et renouvellement de matériel (P2+P3)	3 à 4 % de l'investissement	
Maintenance cogénérateur	1,5 à 3,0 c€/kWh	NC
Maintenance épurateur	NC	25 - 40 000 €
Redevances ou taxes pour l'injection sur le réseau	TURPE : 1 000 - 1 500 €/an	55 000 €/an
Analyses biométhane	NC	15 000 €/an
Suivi et analyses biologiques	1 500 - 3 000 €/an	
Surcoût lié à l'épandage	2 à 5 €/m ³ supplémentaire épandu	
Électricité process méthanisation	0,5 - 1,0 kWh/ m ³ CH ₄ produit	
Électricité pour la valorisation du biogaz	Conso des auxiliaires : 3 - 5 % (déduits de la vente)	Consommation de l'épurateur : 0,3 à 0,4 kWh/Nm ³ CH ₄ produit
Autres consommables (eau, fioul, charbon actif)	1 000 - 2 000 €/an	
Assurances	0,5 à 1 % de l'investissement par an	
Charges fixes	Comptabilité, abonnements eau, téléphone...	

Tableau 4 : Estimation des charges d'exploitation d'une unité de méthanisation

Sources : Enquêtes Prodige, Rapport de suivis ADEME, bilans de fonctionnement Plan Biogaz Bretagne Pays de la Loire.

POUR ALLER PLUS LOIN

Financer un projet de méthanisation, guide de conseil. *Projet H2020 Biogas Action. AILE, RAEE, janvier 2017.*

Préparer votre projet d'injection et votre demande de financement. *Guide co-rédigé par des représentants bancaires, GRDF et Unica Conseil. 2018.*

Programme PRODIGE des chambres d'agriculture : performance des unités de méthanisation.





Le cadre réglementaire

Plusieurs réglementations encadrent l'activité de méthanisation. Il est conseillé de prendre contact avec le point d'entrée unique de votre préfecture assez tôt dans la réflexion du projet.

Le permis de construire

L'unité de méthanisation relève d'une activité agricole, et peut être construite en zone agricole à deux conditions :

- Tonnage des intrants apportés par la/les exploitations >50%
- Capitaux détenus par le/les agriculteurs >50%

La demande de permis de construire devra être déposée en mairie et sera instruite par la préfecture dans un délai de 3 mois. Le dossier comprend le formulaire Cerfa, les plans visés par l'architecte, l'attestation de dépôt ICPE, la notice paysagère. Il est conseillé de faire attester l'affichage du permis par un huissier et de respecter les délais de recours.

Les Installations classées pour l'environnement (ICPE)

La méthanisation relève de la rubrique ICPE 2781, le régime (déclaration, enregistrement, autorisation) est déterminé par la nature et la quantité d'intrants admis (voir Tableau 6). Les unités en cogénération sont soumises de plus à la rubrique 2910.

Les arrêtés ICPE détaillent les règles de conception, d'implantation et d'exploitation qu'il faut respecter a minima. Tout exploitant doit les connaître.

Principales règles à respecter en déclaration :

- Distance entre digesteurs et habitations > 50 m, 35 m des points d'eau,

- Local cogénération distant d'au moins 10 m des digesteurs,
- Présence d'une clôture autour de l'installation,
- Ventilation des locaux techniques (gainés techniques, local cogénération),
- Étanchéité des zones de stockage et de manipulation des matières, récupération des jus (silos..),
- Merlon de rétention pouvant contenir le volume de la plus grosse fosse,
- À défaut d'ouvrages sur le domaine public, réservoir incendie d'au moins 120 m³,
- Débitmètre et analyseur biogaz CH₄ et H₂S, à faire contrôler tous les ans et étalonner tous les 3 ans,
- Zonage ATEX affiché sur le site et matériels installé en zone ATEX adéquat,
- Formation de l'exploitant et du personnel à la prévention des nuisances et des risques,
- Tenue de registres d'entrée et de sortie matière, archivés pendant 10 ans,
- Mesures de bruit initial et tous les 3 ans, qui ne doit pas dépasser 70 dB (60 dB la nuit),
- Interdiction du rejet direct de biogaz dans l'air. Une torchère est fortement conseillée (obligatoire dès l'enregistrement).

La procédure ICPE est rapide en déclaration (télé-déclaration). En autorisation, l'instruction est contrainte dans un délai de 10 mois, à partir du moment où le dossier est jugé complet et recevable (la recevabilité peut prendre plusieurs mois si votre dossier n'est pas complet au premier dépôt).

	Déclaration (avec contrôle périodique)	Enregistrement	Autorisation
2781-1 Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires et déchets végétaux d'industries agroalimentaires.	< 30 t/j	De 30 à 100 t/j	> 100 t/j
2781-2 Méthanisation d'autres déchets non dangereux.		< 100 t/j	> 100 t/j

Tableau 5 : Les différents régimes ICPE selon les types et volumes de substrats

L'agrément sanitaire

Les déjections animales étant des sous-produits animaux (SPAN) selon le règlement européen 1069/2009, **toutes les unités de méthanisation à la ferme doivent disposer d'un agrément sanitaire**. La demande doit être déposée en même temps que l'ICPE à la DD(CS)PP de votre département. En plus de la présentation des activités, le dossier doit contenir un **plan de maîtrise sanitaire**, qui est basée sur une étude HACCP.

Principales obligations à respecter liées à l'agrément sanitaire (*non exhaustif*) :

- Séparation stricte de l'élevage et de l'unité de méthanisation,
- Circuit des matières selon le principe de « marche en avant »,
- Traçabilité et analyses bactériologiques régulières sur le digestat,
- Nettoyage régulier des matériels et aire de nettoyage/désinfection dans le cas d'apports extérieurs d'intrants SPAN (projets collectifs),
- Suivi rigoureux du fonctionnement biologique du digesteur.

L'arrêté technique national du 9 avril 2018 fixe les conditions de dérogations à l'hygiénisation des SPAN. Les déchets de restauration, et plus largement les SPAN qui n'ont pas subi de traitement thermique (cuisson) pendant la fabrication devront passer par une étape d'**hygiénisation en amont de la digestion** (traitement à 70°C maintenu pendant 1 heure, taille maximum des particules 12 mm).

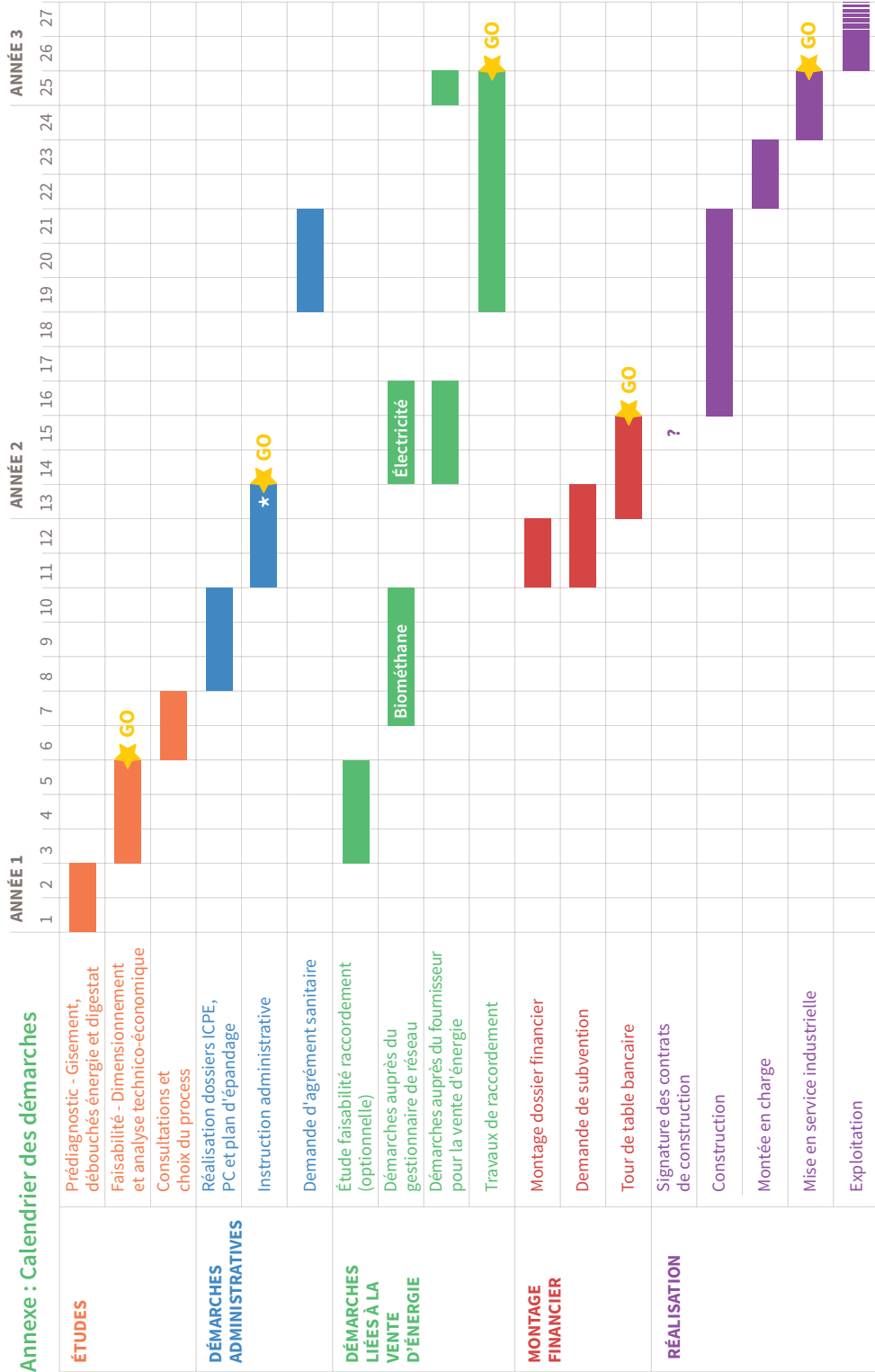
POUR ALLER PLUS LOIN

Le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage. APESA, Biomasse Normandie, RITMO, ADEME, 2015.

Guide d'accèsion à l'agrément sanitaire pour les traiteurs de sous-produits animaux carnés. ADEME, mai 2018.



Annexe : Calendrier des démarches



* En régime ICPE d'autorisation, ajouter 10 mois d'instruction + délai enquête publique

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

www.ademe.fr |  @ademe

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



RÉALISER UNE UNITÉ DE MÉTHANISATION À LA FERME

Ce guide s'adresse aux porteurs de projets en méthanisation de moins de 500 kWé ou 125 Nm³/h en individuel ou petit collectif. La méthanisation à l'échelle de l'exploitation agricole permet de valoriser les effluents d'élevage en produisant des énergies renouvelables et des fertilisants organiques tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Le montage d'un projet intègre de multiples paramètres techniques, réglementaires et financiers.

Ce guide présente les questions concrètes que doivent se poser les porteurs de projet, les étapes à suivre, des conseils. Des témoignages d'agriculteurs viennent illustrer les propos.



POUR EN SAVOIR PLUS

[Valorisation organique](#)

[Méthanisation](#)

[Entreprises et monde agricole](#)

[Optimiser
mes pratiques agricoles](#)

[Injecter du biogaz
dans le réseau](#)



www.ademe.fr



ISBN 979-1-02971-134-3



9 791029 711343