

# Utiliser la méthanisation pour aller vers une autonomie azotée de mon exploitation

La méthanisation peut être utilisée pour optimiser l'autonomie azotée de son exploitation. Une telle stratégie peut permettre de substituer tout ou partie des fertilisants azotés minéraux utilisés. En plus de l'intérêt économique d'une telle substitution, cela permet d'optimiser le bilan de son unité de méthanisation en terme d'émissions de gaz à effet de serre.

Cette fiche fait un focus sur 3 leviers permettant d'améliorer l'autonomie azotée de son exploitation avec la méthanisation :

- **1- utiliser les co-sustrats pour recycler l'azote** des déchets de son territoire
- **2- utiliser des légumineuses** dans les cultures alimentant le méthaniseur
- **3- minimiser des pertes d'azote ammoniacal** sur l'ensemble de la chaîne de gestion du digestat.

En plus de ces trois leviers, il est nécessaire de **piloter le plus finement possible la fertilisation avec le digestat** pour optimiser sa valorisation agronomique.

Projet Fertidig

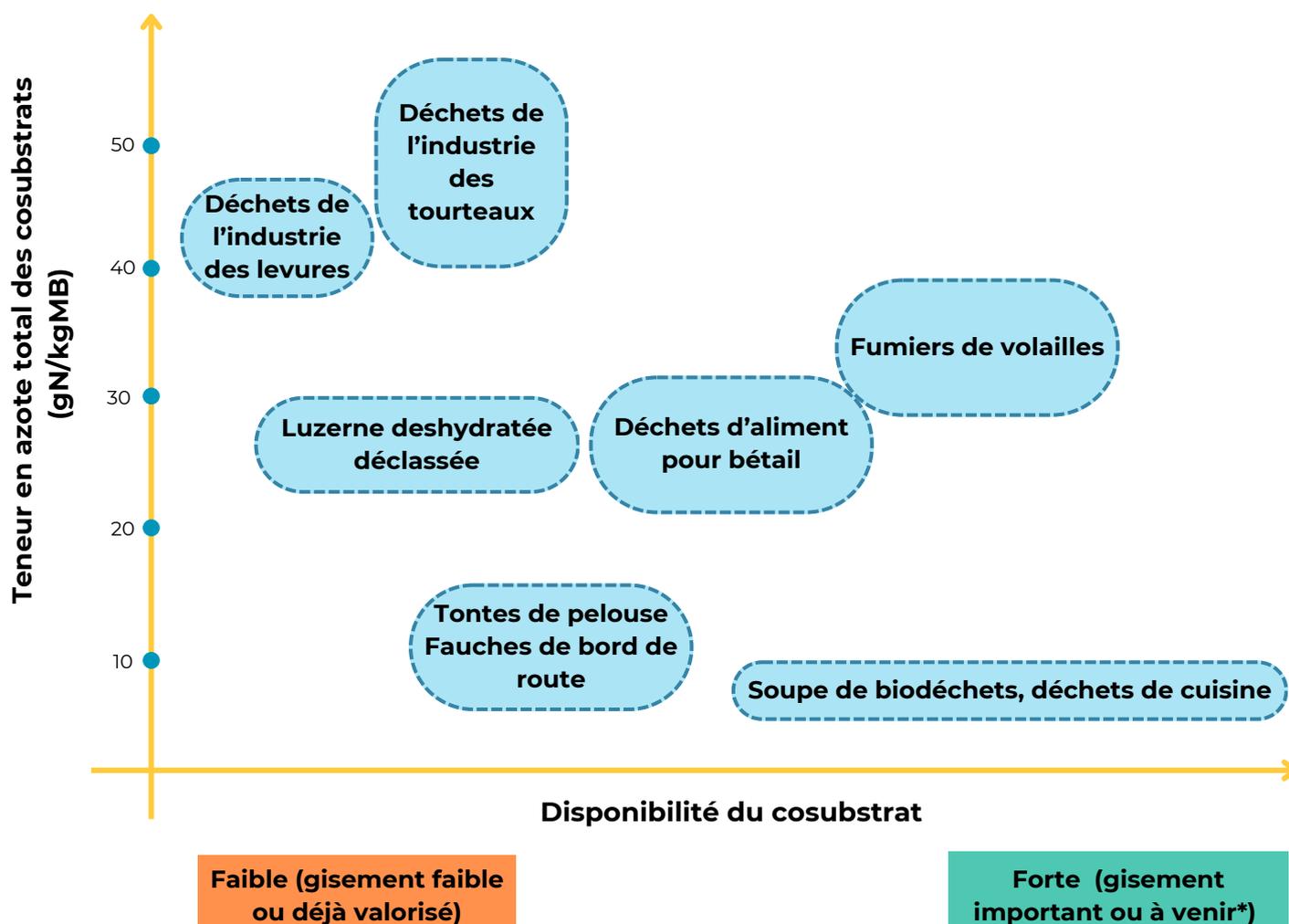


<https://fertiliser-avec-des-digestats.fr>



## UTILISER LES IMPORTATIONS DE CO-SUBSTRATS POUR OPTIMISER LA TENEUR EN AZOTE DU DIGESTAT

Les cosubstrats extérieurs à l'exploitation sont souvent d'abord vu comme une ressource venant compléter la production de biogaz. Mais c'est aussi une **opportunité pour importer des nutriments** (en particulier de l'azote) issus des déchets du territoire afin de permettre d'augmenter la quantité et la concentration en azote du digestat.



\*: cas des biodéchets avec le déploiement du tri à la source)



### Préconisations

Source : Base de données MethaSim et données propres Inrae

- Veiller à rester à une concentration en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) inférieure à **3,5 gN/kgMB** dans les digesteurs pour ne pas risquer de dysfonctionnements liés aux inhibitions par l'ammoniac.
- **Augmenter progressivement la dose de substrat azoté** pour permettre l'adaptation de la flore du digesteur.
- **Veiller à la conformité** des cosubstrats utilisés avec son dossier ICPE et l'agrément sanitaire de l'installation.
- Intégrer les modifications de caractéristiques du digestat dans le **plan de fertilisation**.

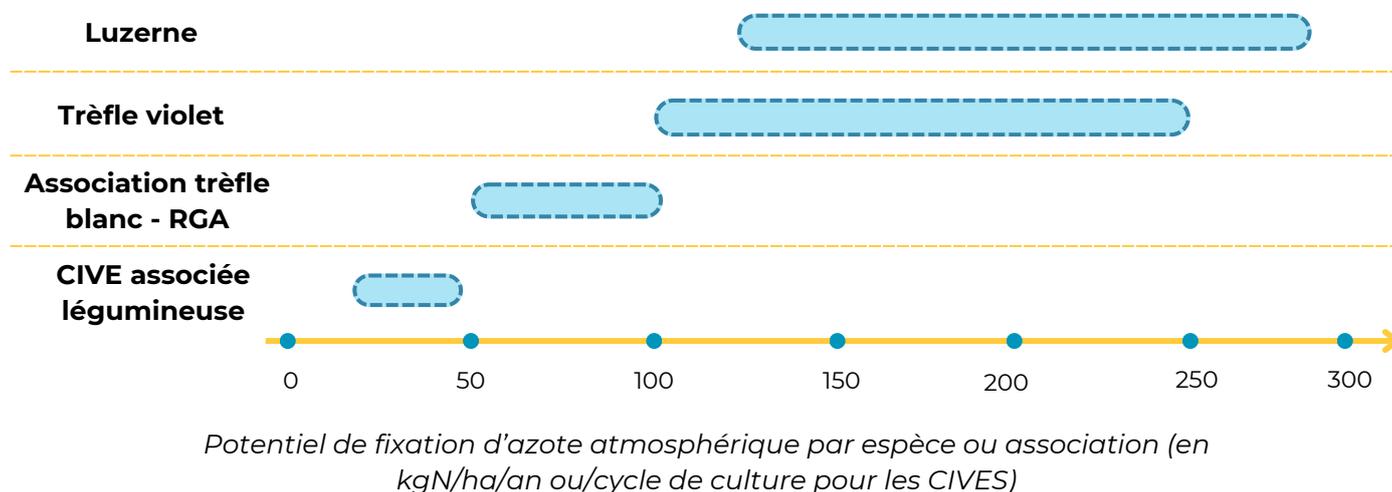
## CULTIVER DES LÉGUMINEUSES POUR ALIMENTER LE MÉTHANISEUR ET ENRICHIR LE DIGESTAT EN AZOTE

La culture de légumineuses, peut être combinée à la méthanisation :

- 1- **en cultivant des légumineuses dans l'objectif d'alimenter le méthaniseur** au travers de cultures dédiées (luzerne, trèfle violet,...) ou de cultures intermédiaires à vocation énergétique associées (mélange avoine-vesce velue..). Des exemples d'associations et d'insertion dans les rotations sont données dans les fiches "CIVE" et "Cultures pérennes" (mettre les vrais nom).
- 2- **en utilisant la méthanisation pour valoriser les surplus d'un système de production dédié à l'élevage** (coupe de luzerne de mauvaise qualité) ou des lots de luzernes dédiés à la filière déshydratation n'atteignant pas le seuil de teneur en protéine demandé.

### Quelles fixations d'azote atmosphérique espérer dans un système de méthanisation mobilisant des légumineuses ?

Les légumineuses, cultivées seules ou en association peuvent fixer des quantités plus ou moins importantes d'azote.



### Quelles contraintes particulières pour ensiler des légumineuses seules ou en mélange ?

Les légumineuses présentent à la récolte une teneur en sucres solubles inférieure aux graminées. Or, ce sont ces sucres qui contribuent à l'acidification nécessaire à la conservation de l'ensilage. De plus, la luzerne présente un pouvoir tampon supérieur aux céréales rendant l'acidification plus difficile.



## Préconisations

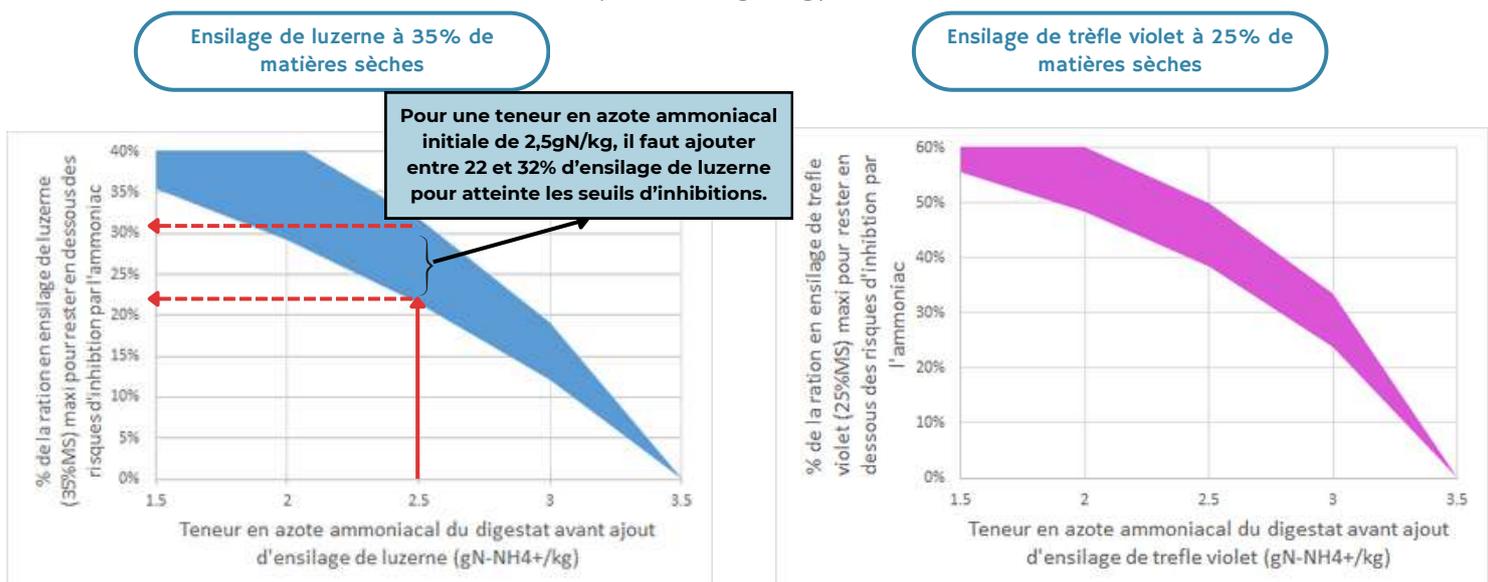
- **Luzerne :**
  - Effectuer un préfanage pour atteindre 35-50% de matières sèche afin de permettre la stabilisation de l'ensilage.
  - Privilégier une récolte au stade "bourgeonnement" et une fauche en fin d'après-midi pour maximiser la teneur en sucre solubles de la plante.
  - Utiliser possiblement des conservateurs d'ensilage ou opter pour un co-ensilage avec une graminée
- **Trèfle violet :** Cette espèce présente une teneur en sucre plus élevée que la luzerne et est mieux adaptée à l'ensilage (préfanage pour atteindre 25% de matière sèche suffisant)

## Quelle quantité de légumineuse peut-on ajouter dans la ration d'un méthaniseur?

Un ensilage de légumineuse va présenter une teneur en azote organique supérieure à un ensilage de CIVE à base céréalière ou d'herbe. Dans le méthaniseur, 50 à 70% de cet azote va se minéraliser en azote ammoniacal et va contribuer à augmenter sa concentration. Cette forte teneur en azote est celle qui contribue majoritairement à **l'azote disponible pour la culture en place** qui sera fertilisée par le digestat. Mais une trop forte concentration dans le méthaniseur conduit à un **risque d'inhibition** qui peut impacter négativement les performances du méthaniseur. Ce risque d'inhibition apparaît pour une **concentration en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) au-delà de 3,5gN/kg** de digestat. **La dose d'ensilage de légumineuse doit donc être adaptée pour rester en dessous de ce seuil.**

La dose maximale va dépendre de la culture considérée et de la teneur en azote ammoniacal du digestat avant ajout de légumineuse.

*Doses limites d'ensilage de légumineuses pour éviter les risques d'inhibition par l'ammoniac (seuil à 3,5gN/kg)*





## Préconisations

- Avant d'ajouter des légumineuses pures, **je vérifie quel % de la ration je peux atteindre** sans risquer une inhibition par l'ammoniac.
- Tant que la concentration en azote ammoniacal de mon digestat est inférieure à 2,8gN/kg, il **est possible d'ajouter de l'ensilage de légumineuse au seuil réglementaire de 15% de cultures principales sans risquer d'inhibition.**
- Comme pour tout nouveau substrat, **prévoir une montée en charge progressive** pour permettre l'adaptation de la biologie du digesteur
- L'ensilage de luzerne dépassant les 35% de matière sèche, attention à **maintenir une teneur en eau suffisante** dans le digestat pour permettre le brassage et le pompage.



## Intérêts

- 15% d'ensilage de luzerne dans la ration, c'est environ **25% d'azote disponible pour la culture fertilisée en plus** pour un même coût d'épandage (15% pour du trèfle violet)

*Hypothèse d'un digestat moyen avant ajout de légumineuses avec une concentration en ammonium de 2,5gN-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/kgMB*

Fiche : Valoriser des prairies ou des cultures pérennes en méthanisation : rêve ou réalité ?



Fiche : Cultures intermédiaires vocation énergétique



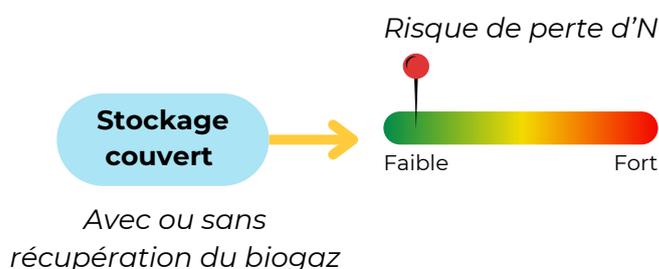
# MINIMISER LES PERTES D'AZOTE AMMONIACAL SUR L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE GESTION DES DIGESTATS

Les émissions d'ammoniac par volatilisation constituent le **principal risque de perte d'azote** sur les filières de méthanisation. Il est donc nécessaire de chercher à les minimiser au maximum si on souhaite que la filière de méthanisation contribue à une meilleure autonomie azotée de son exploitation. Au-delà de leur effet sur le **bilan azote de l'exploitation**, ces émissions représentent un enjeu en terme de **qualité de l'air** (l'ammoniac est un précurseur de particules fines et contribue via les retombées atmosphérique à l'acidification des milieux)

Sur la filière, les risques de perte se situent au cours du **stockage du digestat** (environ 1/3 du risque de perte) **et à l'épandage** (environ 2/3 du risque de perte).

## Minimiser les pertes d'azote au stockage des digestats

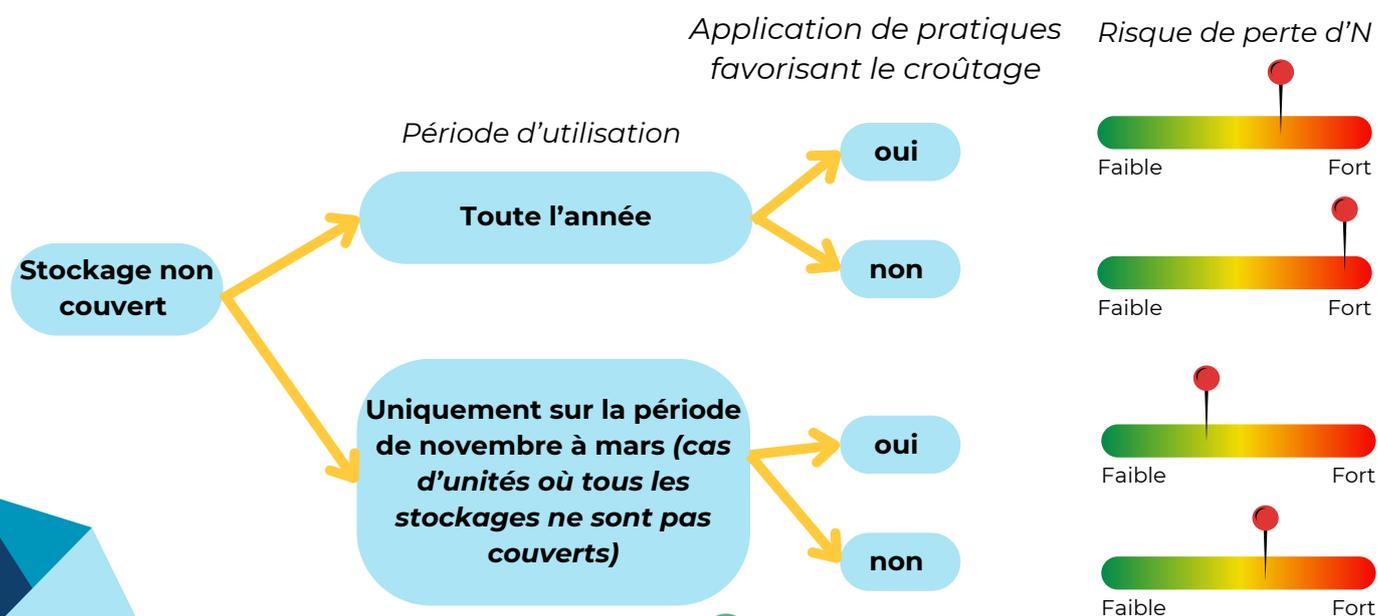
Au stockage, le niveau des pertes d'azote dépend essentiellement de la présence ou non de couverture et de la période de l'année où le stockage est effectué (la majeure partie des pertes a lieu entre avril et novembre du fait de l'effet de la température)



### Intérêts

- La couverture des fosses de stockage permet de limiter de **60 à 80%** les pertes d'azote au stockage.
- La couverture peut inclure une récupération du biogaz et ainsi optimiser la production de l'installation.
- La couverture d'éviter la dilution du digestat avec les eaux de pluie. Ainsi, à un infrastructure égale, la capacité de stockage est augmentée.

- Les pertes d'azote évitées et la non dilution par les eaux de pluies permettent de **rentabiliser la couverture de la fosse en 5 à 7 ans** en fonction du cours de l'azote minéral (*Sous réserve d'appliquer les meilleures techniques pour réduire les émissions à l'épandage, à défaut une partie du gain lié à la couverture est perdu à l'épandage et le retour sur investissement passe à entre 8 et 12 ans*)





## Préconisations

### Bon à savoir

En l'absence de couverture, **entre 20 et 40% de l'azote ammoniacal peuvent être perdus par volatilisation** lors du stockage du digestat.

### Quelles pratiques favorisent le croûtage des stockages de digestats ?

- Alimenter la lagune par une canalisation plongeant sous la croûte
- Privilégier des digestats bruts plutôt qu'issus d'une séparation de phase
- Limiter les brassages autant que possible

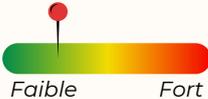
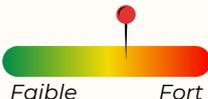
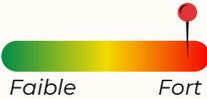
## Minimiser les pertes d'azote à l'épandage

Les pertes d'azote par volatilisation lors de l'étape d'épandage sont sensibles à de nombreux paramètres. Les plus sensibles sont :

- **les conditions climatiques** : température extérieure risque faible en dessous de 12°C, très élevé au dessus de 25°, ensoleillement et vitesse du vent .
- les dispositifs d'épandage utilisés (**pendillards ou dispositifs d'enfouissement direct**)
- le **délai avant enfouissement** par travail du sol et profondeur d'enfouissement.

D'autres paramètres impactent les pertes de façon moins sensible comme le pH du sol, la présence de couvert végétal ou la fluidité du digestat.

Ainsi, certaines périodes d'épandage et cultures fertilisées présentent des risques de pertes plus ou moins élevés et nécessitent une adaptation des stratégies de maîtrise.

	RISQUE DE PERTE D'AZOTE	PRINCIPAUX POINTS DE VIGILANCE	PRATIQUES A METTRE EN ŒUVRE POUR LIMITER LES PERTES
<b>EPANDAGES EN SORTIE D'HIVER (FEVRIER-MARS)</b> <i>Céréales ou Cives en place, Betteraves, prairies</i>		Impossibilité d'enfouir le digestat si culture en place	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si utilisation de pendillard ou de dispositifs à patins, enfouir le digestats dans les heures suivants l'épandage (outils à disques ou labour)</li> <li>• Si épandage sur culture en place, privilégier un épandage avant une pluie modérée (5-10mm) afin de faciliter l'infiltration.</li> </ul>
<b>EPANDAGE AVANT CULTURE DE MILIEU DE PRINTEMPS (AVRIL-MAI)</b> <i>Mais, sorgho, tournesol...</i>		Présence de journées quasi estivales (ensoleillées avec des température >25°C) avec du vent facilitant la volatilisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Privilégier les épandages lors de journées fraîches (température inférieur à 15-20°C, avec le minimum d'ensoleillement et un vent inférieur à 20km/h (les feuilles des arbres peuvent bouger mais pas les petites branches) ou en début/fin de journée.</li> <li>• Privilégier les épandages avec enfouisseurs.</li> <li>• Si épandage au pendillard, enfouir dans les 2 à 4h suivant l'épandage (outils à disques ou labour)</li> </ul>
<b>EPANDAGE AVANT CULTURE D'AUTOMNE (AOUT, SEPTEMBRE)</b> <i>Colza,...</i>		Conditions climatiques facilitant quasi systématiquement la volatilisation  Présence de journées caniculaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliser un outil d'épandage avec enfouisseurs (ou à minima organiser un travail du sol derrière le passage de l'épandeur à pendillards (outils à disques ou labour)).</li> <li>• Réaliser les épandages à la fraîche (début de journée ou soirée) ou sur des journée où la température est inférieure à 25°C.</li> <li>• Eviter les journées ensoleillées ou avec un vent supérieur à 20km/h.</li> </ul>

## Sources

### Cultures des CIVEs associées avec des légumineuses :

PAMPA : Promouvoir Agroécologie & Méthanisation Par les Associations culturelles

<https://rain-innovation.fr/projets/pampa-promouvoir-agroecologie-methanisation-par-les-associations-culturelles/>

### Caractéristiques des cosubstrats :

Base de données MethaSim (Ifip) : <https://ifip.asso.fr/base-de-donnees-methasim/>

### Potentiel de fixation symbiotique des légumineuses seules ou en prairie :

Légumineuses et prairies temporaires : des fournitures d'azote pour les rotations. 2015. Françoise Vertès, Marie-Hélène Jeuffroy, Gaëtan Louarn, Anne-Sophie Voisin, Eric Justes. Fourrages,, 223, pp.221-232.

### Références sur les émissions d'ammoniac au stockage et à l'épandage :

Evaluation des émissions gazeuses au stockage des digestats d'Ile de France et de l'impact des différentes stratégies de gestion à l'échelle de la filière. Etude Inrae financée par l'Ademe Ile de France, GRDF et GRTGaz.

### Scénarios de méthanisation introduisant des légumineuses comme culture énergétique

Léguméthas : Introduction de légumineuses dans les rotations et en prairies temporaires valorisées par méthanisation. Etude Inrae financée par GRDF.



*Cuves de stockage couvertes sans récupération du biogaz*

Cette fiche a été produite dans le cadre du programme de recherche Metha 3G (3ème génération de méthaniseurs : Comment utiliser la méthanisation pour optimiser les services de régulation liés au sol au sein d'un territoire agricole) qui est financé par l'Ademe (APR Graine) et associe Inrae, l'Association Aile et ACE Méthanisation. Ces objectifs sont d'identifier et d'évaluer des systèmes de méthanisation innovants permettant d'optimiser les services environnementaux non énergétiques de la méthanisation comme l'amélioration de la qualité des sols, de la qualité de l'eau, le stockage du carbone dans les sols ou l'autonomie azotée des exploitations. Les résultats synthétisés dans cette fiche sont issus d'enquêtes auprès d'agriculteurs méthaniseurs, de suivis agronomiques sur des systèmes innovants ainsi que de travaux de modélisation de l'effet du déploiement de scénarios à l'échelle de territoires.



INRAE

Aile

initiatives  
énergie  
environnement

ACE  
MÉTHANISATION

Contact : [romain.girault@inrae.fr](mailto:romain.girault@inrae.fr)

Crédit photos : Canva (si non spécifié)