



Méthanisation en Bourgogne

# La méthanisation agricole en voie sèche discontinue

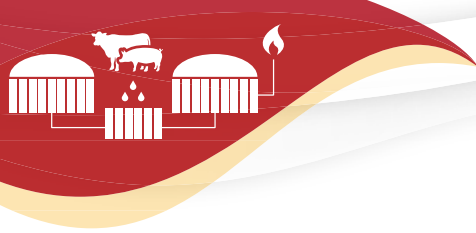


**ADEME**



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

DIRECTION RÉGIONALE  
BOURGOGNE



# Le développement de la méthanisation en Bourgogne

Ces dernières années, la technique de méthanisation a connu un regain d'intérêt du fait de ces nombreux avantages environnementaux. Depuis 2008, afin d'accompagner et développer cette filière en Bourgogne, l'ADEME Bourgogne et le Conseil régional de Bourgogne ont développé un plan d'accompagnement spécifique dans le cadre du Programme Énergie Climat Bourgogne (PECB).

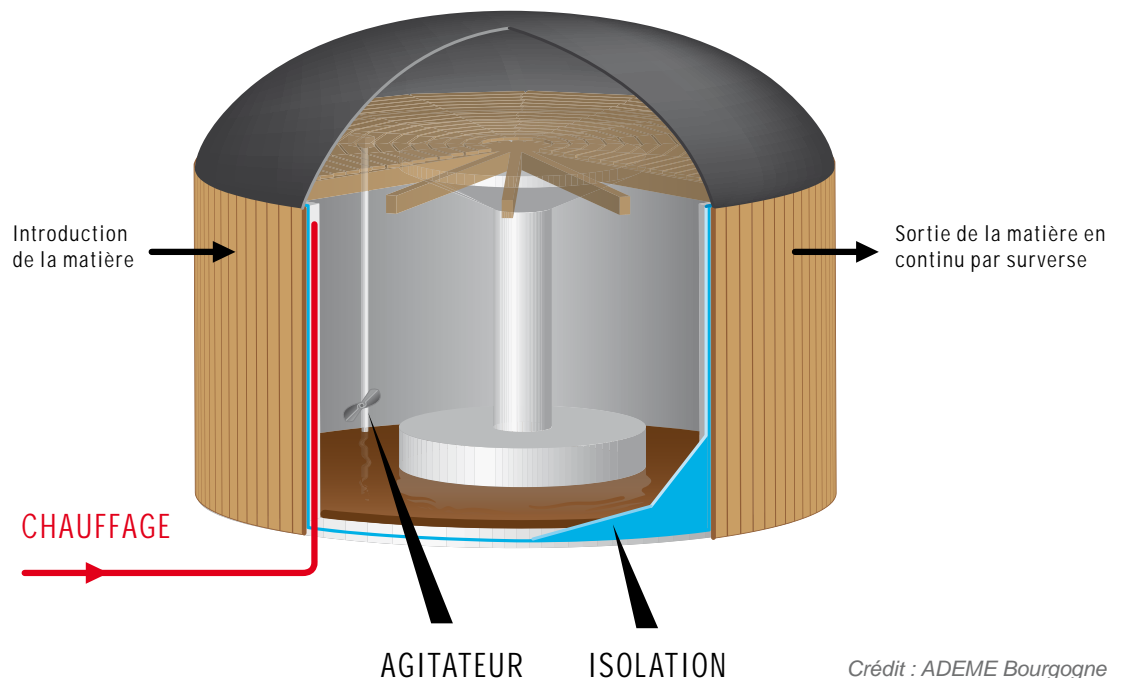
## 01 Pourquoi la méthanisation en voie sèche discontinue ?

La méthanisation agricole, très développée notamment en Allemagne, est réalisée principalement avec une base de matière liquide (essentiellement du lisier) permettant une digestion liquide.

Dans ce système, la digestion est continue et la matière peut être brassée permettant une bonne homogénéité dans les mélanges en co-digestion.



Schéma d'un digesteur continu



Mais cette technique fonctionne plus difficilement à **partir de substrats solides et fibreux comme le fumier**.

L'utilisation de la voie liquide reste alors envisageable mais peut engendrer différentes contraintes :

- ajout de liquide pour diminuer la matière sèche du mélange, qui doit être inférieure à 10% dans le digesteur,
- nécessité de matériels d'introduction et de mélange robustes et coûteux,
- besoins énergétiques importants de l'installation pour faire tourner les pompes et agitateurs,
- production d'un digestat liquide qui peut modifier les pratiques d'épandage et entraîner des investissements supplémentaires (tonne à lisier, pendillard).

**C'est pourquoi des systèmes de méthanisation par voie sèche avec un fonctionnement discontinu** ont été développés.

# 02 La technique en voie sèche discontinue

## Le principe de fonctionnement pour chaque digesteur :

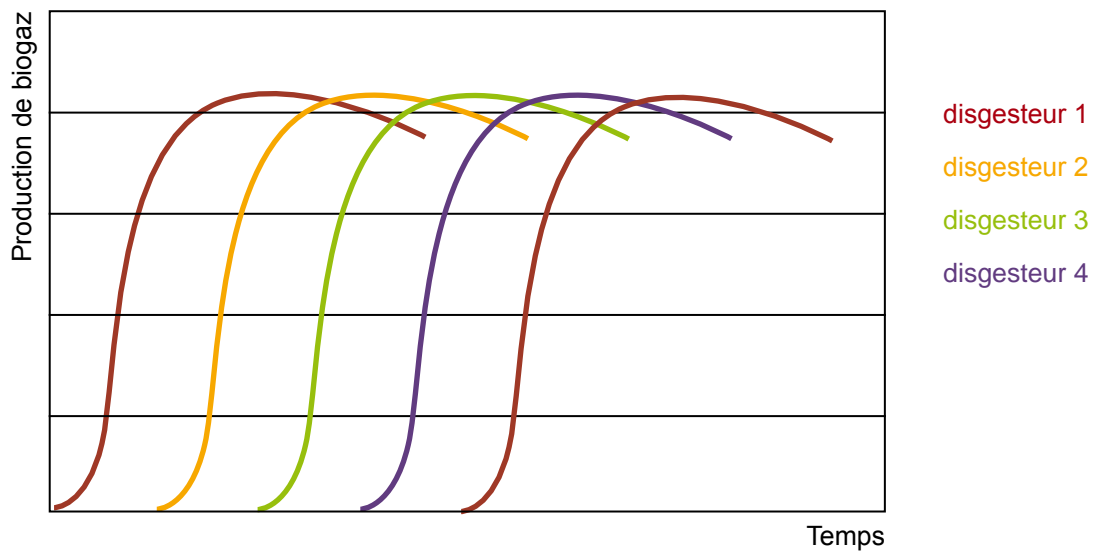
- 1 Introduction manuelle de la matière dans le digesteur
- 2 Fermeture du digesteur (différentes techniques possibles)
- 3 Fermentation de la matière (60 à 80 jours en général)
- 4 Ouverture du digesteur une fois la fermentation terminée et récupération du digestat

Différentes techniques existent pour la méthanisation agricole en voie sèche mais le principe reste le même : **plusieurs digesteurs vont fonctionner en parallèle** et permettre une production de biogaz relativement constante dans le temps.

Chaque digesteur produit donc du biogaz indépendamment des autres, mais, au final, la production cumulée reste relativement stable dans le temps.



## Schéma de production de biogaz par les digesteurs



## La qualité du mélange

Pour ce système, le mélange entrant ne doit pas être trop humide ni trop sec. **Le taux de matière sèche** doit se situer entre 25 et 50% avec **un optimal d'environ 30%**.

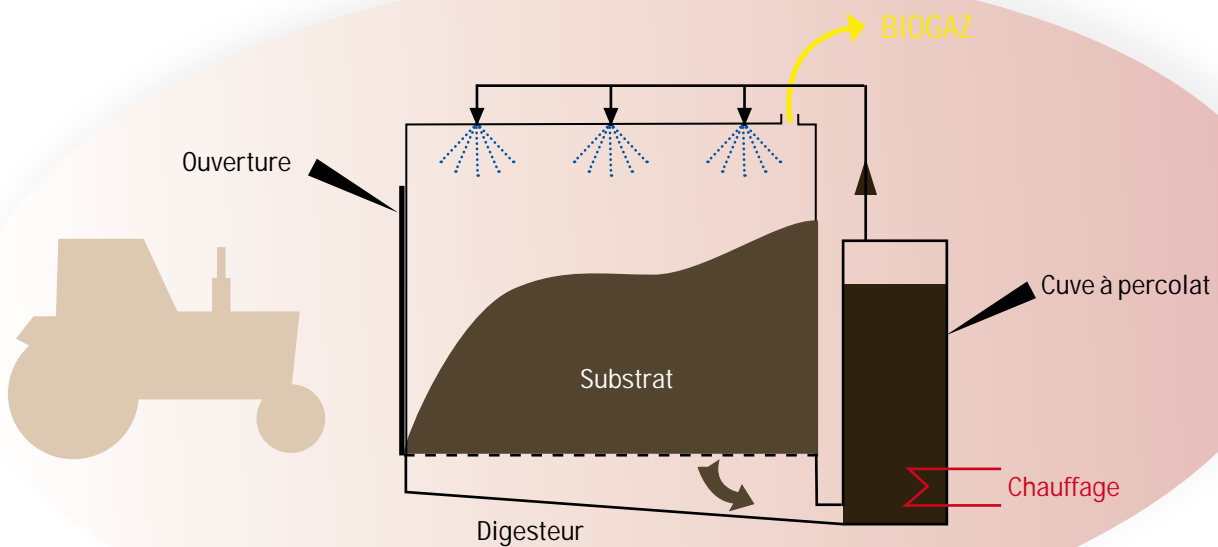
**La structure de la ration** joue également un rôle important dans le bon déroulement du process. Ce point est à prendre en compte au moment de sa constitution. Il est possible d'améliorer cette structure en utilisant des techniques telles que le broyage, le pré-compostage ou l'ajout de structurant.

(Source : trame ; 2009)

La matière présente dans les digesteurs est aspergée de liquide qui permet de la réchauffer et d'apporter les bactéries nécessaires à la méthanisation. Ce jus est récupéré au fond des digesteurs, passe éventuellement dans une cuve chauffée puis est de nouveau envoyé dans les digesteurs.



### Schéma d'un digesteur



### Avantages

- Possibilité de méthaniser uniquement des **substrats secs**.
- Installations consommant **peu d'énergie**.
- Récupération d'un digestat à environ 15-20% de matière sèche pouvant être géré avec le **même matériel que le fumier**.
- Installations assez **simples et robustes**, moins enclin aux pannes.
- Digesteurs indépendants : **moins de problèmes de biologie**, chaque digesteur pouvant être arrêté et évacué à tout moment.

### Contraintes

- **Temps de travail** pour l'exploitant qui doit régulièrement passer une journée à introduire et retirer la matière des digesteurs.
- **Manipulation délicate** de la bâche pour refermer les silos.
- Maintien de la température des digesteurs délicate en hiver.



# 03 Les différentes technologies

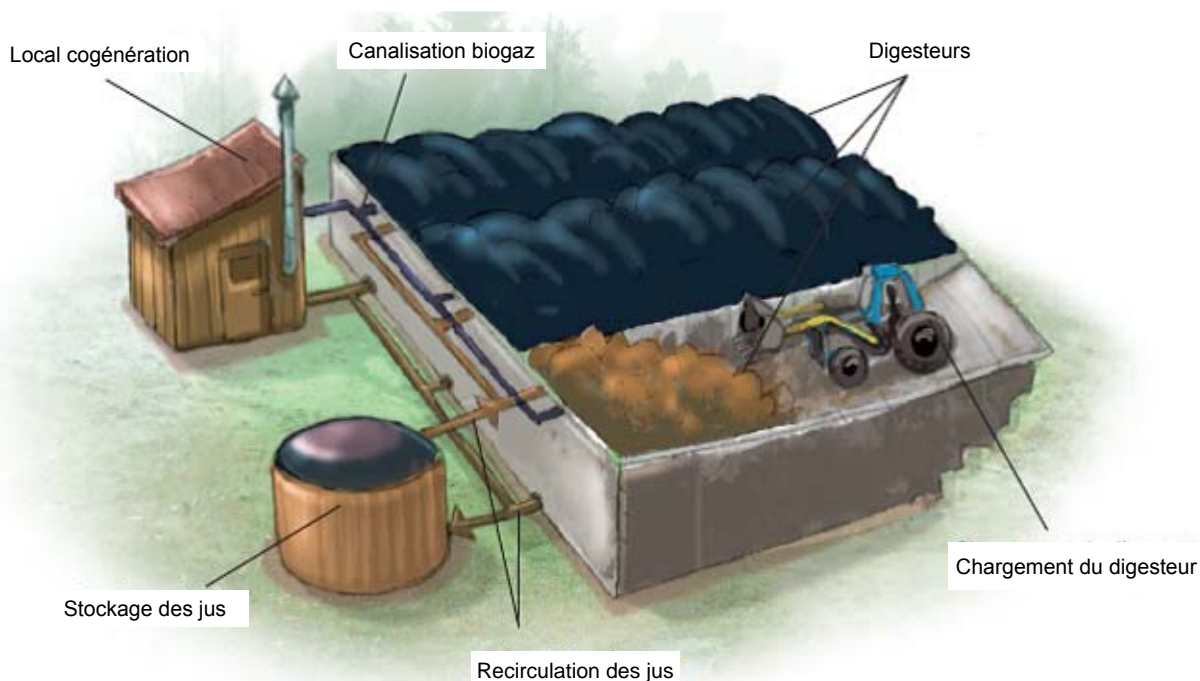
## La méthanisation en silo

Pour les petites installations agricoles, la plus développée est **une méthanisation en silo**.

Les digesteurs sont construits sous forme de silo, une bâche vient le couvrir une fois qu'il est chargé. Les digesteurs sont chauffés par le sol.



### Schéma d'une installation en silo



Crédit : ADEME Bourgogne

### Avantages

Relativement simple, robuste et moins coûteux

### Contraintes

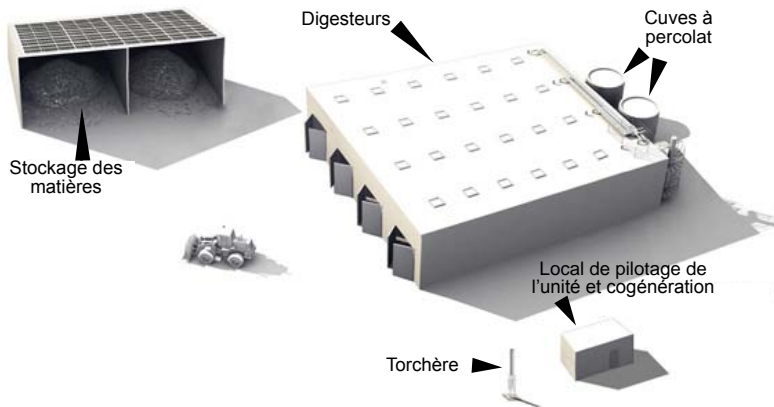
Manipulation des bâches pour fermer et ouvrir les digesteurs qui peut être fastidieux

## 🍁 La méthanisation avec des digesteurs sous forme de garage

Ce système fonctionne avec des digesteurs sous forme de garage. Le procédé est le même que les silos, seulement la matière est introduite dans un garage que l'on referme ensuite avec une porte.



### Digesteurs garage



Crédit : Methajade et BioFerm



### Digesteurs garage avec remplissage par le haut



#### Avantages

Pas de manipulation de bâche donc moins de temps de travail.

#### Contraintes

Plus coûteux, convient à des installations plus importantes (au moins 150 kW, environ 5 000 tonnes de matière).

## 🍁 La méthanisation dans les box

Cette nouvelle technique commence à voir le jour, elle est actuellement suivie par l'ADEME dans une exploitation pilote afin de vérifier le bon fonctionnement technique du système.

La matière est digérée dans des **caissons transportables d'environ 30 m<sup>3</sup>**.

Ces installations sont pour l'instant un peu plus coûteuses que les autres systèmes. La fiabilité du système devra être prouvée lors du suivi de l'installation.



# 04 Les réussites d'un projet

Comme tout projet de méthanisation, les projets en voie sèche doivent répondre à certains critères pour être réalisables :

- **Un gisement de substrats suffisant** (au minimum 2 500 tonnes de fumier).
- **De la place disponible** pour la construction de l'installation (au minimum 600 m<sup>2</sup> juste pour les digesteurs).
- **Une valorisation** de chaleur à proximité.

## Coût

Le coût de ces installations est du même ordre que les installations en voie liquide. Pour les petites installations, il est d'environ **500 000 à 1,5 millions d'euros**. Les installations de 150kW en garage sont entre 1,5 et 2 millions d'euros. La plus grosse partie de l'investissement concerne le génie civil et le béton à réaliser.

## Nature du digestat

Deux types de produit sont récupérés à la sortie d'une installation de méthanisation sèche discontinue :

### - **Une fraction liquide recirculée dans le digesteur**

Au fur et à mesure, elle se concentre en éléments minéraux et peut être comparable à un digestat issu de méthanisation continue, avec le **même effet fertilisant**. Des sous-tirages réguliers de ce lixiviat permettent d'éviter un enrichissement en élément inhibant.

### - **Une fraction solide**

Son humidité dépend de la durée d'égouttage avant le déchargement. Si on le compare à un fumier, elle est plus homogène et plus facile à épandre, tout en utilisant le même matériel que le fumier.

Par contre, il y a conservation, en poids, des éléments minéraux N, P, K. Cela se traduit par un enrichissement du digestat en ces éléments, par rapport à la matière sèche.

De plus, présent sous forme organique dans les déjections fraîches, l'azote se retrouve dans le digestat avec une fraction minérale plus importante.

# 05 Exemple d'installation le GAEC du Bois Joly (85)

Afin d'avoir un retour précis d'installation fonctionnant en voie sèche, l'ADEME a lancé un suivi de deux ans sur une installation fonctionnant avec un système silo, au sein du Gaec du Bois Joly en Vendée.

## Description de l'installation

L'installation a été dimensionnée pour traiter **1 380 tonnes par an d'effluents agricoles**, représentant 270 tonnes de matières sèches et 215 tonnes de matières organiques.

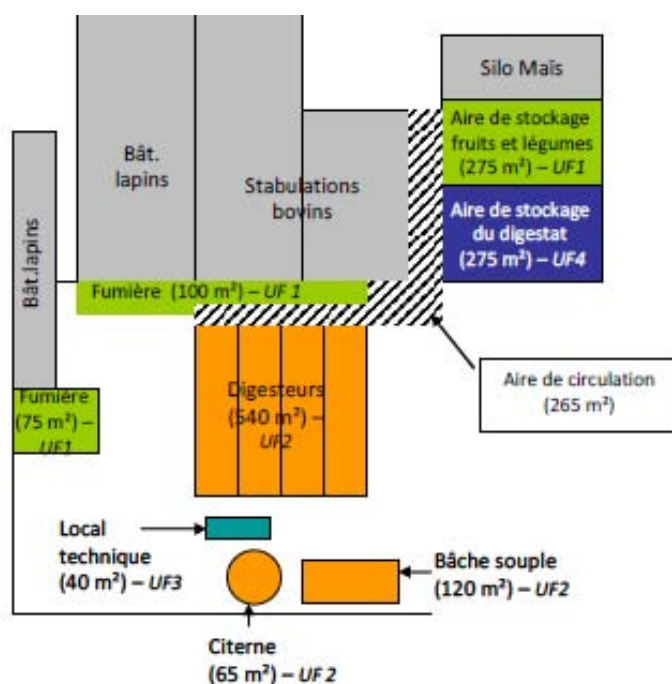
Le biogaz produit est transformé dans un module de cogénération d'une puissance de **30 kW électrique**.

L'**électricité** est ensuite vendue en intégralité sur le réseau et la **chaleur** est valorisée sur le site pour le chauffage du digesteur, de l'habitation et des bâtiments d'élevage.

Cette partie est extraite du suivi du GAEC du Bois joly réalisé pour le compte de l'ADEME par Biomasse Normandie et Apesa



### Plan de l'installation



Les quatre digesteurs s'étendent sur 540 m<sup>2</sup>, totalisant une capacité de 740 m<sup>3</sup>, et fonctionnent en parallèle.

Leur forme, de type bateau, facilite les opérations de chargement et de déchargement.

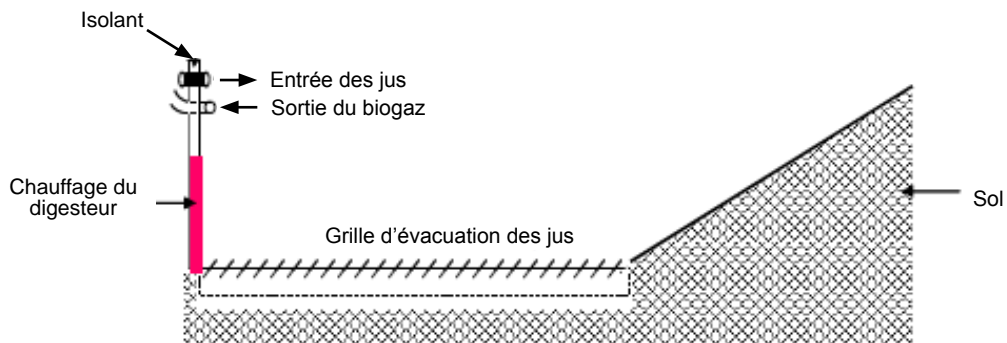
Chaque digesteur est équipé :

- d'un **dispositif de chauffage** (plancher et parois),
- d'une **arrivée** permettant l'introduction de la phase liquide,
- d'une **rigole**, couverte d'une grille, permettant la récupération des jus en fond de silo,
- d'un **système de récupération du biogaz**.





### Coupe d'un digesteur

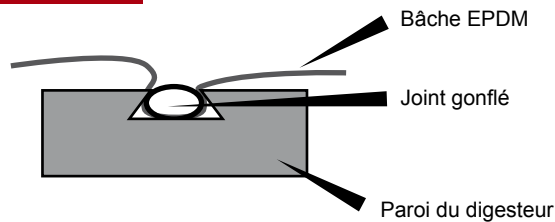


Afin d'assurer une **isolation thermique suffisante**, les parois et le plancher sont recouverts d'une couche d'isolant.

La couverture des digesteurs est réalisée à l'aide d'une **bâche en EPDM**, autorisant le stockage temporaire du biogaz. L'étanchéité du dispositif est assurée par un **joint pneumatique**.



### Système d'étanchéité de la bâche



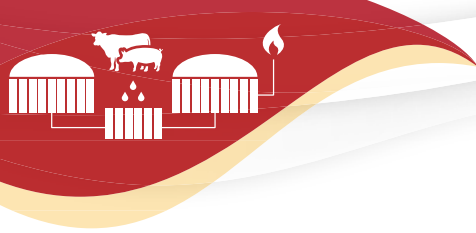
Source : ARIA Énergie

## Principe de fonctionnement

Les jus sont constitués par les **lisiers de lapin mélangés au jus d'égouttage du mélange**.

Après un stockage temporaire dans une cuve chauffée et isolée de 30 m<sup>3</sup> et une bâche souple de 120 m<sup>3</sup>, ils sont injectés par l'intermédiaire de 4 pompes de 2 kW chacune et d'un tuyau percé positionné sur les matières en digestion, permettant de distribuer les jus de façon homogène.





# 06 Synthèse des principaux résultats

## Bilan technique

Indicateurs	Résultats
Emprise foncière	2,25 m <sup>2</sup> /tonne MB dont 1,27 m <sup>2</sup> utile/tonne MB
Temps de travail	0,3 ETP (1h22 min/j) 0,2 ETP hors visite (56 min/j ou 19 min/t MB)
Temps d'utilisation du matériel	240 h/an
Fréquence des chargements	Tous les 18 jours (+/- 11 jours) 4 à 5 chargements/digesteur/an
Matières entrantes	95 tonnes par chargement dont 56 tonnes de déchets solides et 39 t par an de jus
Température moyenne de digestion	43°C (avant isolation) et 48°C (après isolation)
Temps de séjour	70 j (42 à 119 j)
Charge organique	106 kg MO/m <sup>3</sup> (95 à 126) équivaut à 1,5 kg MO/m <sup>3</sup> /j
Production de biogaz	6 730 Nm <sup>3</sup> biogaz/chargement et 55 % de méthane
Fonctionnement du moteur	Puissance moyenne : 28 kWélectrique - 6 970 h/an (19h/j)

## Bilan biologique

Indicateurs	Résultats
Rendement volumique/technologique	0,66 Nm <sup>3</sup> biogaz/m <sup>3</sup> digesteur/jour
Rendement biologique	68 Nm <sup>3</sup> biogaz/tonne MB (45 à 85)
Potentiel méthanogène réel	246 Nm <sup>3</sup> biogaz/tonne MO (+/- 47) Taux d'expression du potentiel théorique : 90 %
Rendement matière	61 %
Taux dégradation matière organique	56 %
Hygiénisation	Hygiénisation efficace pour certains pathogènes (E.coli, Entérocoque, Listéria)
Minéralisation de l'azote	<b>Durant le procédé</b> : taux de minéralisation très variable sur les échantillons analysés. Variabilité liée à la composition du mélange entrant. <b>Dans le sol</b> : 7,4 % (minéralisation intervenant à partir du 30 au 35 <sup>ème</sup> jour)
Production d'énergie primaire	135 000 Nm <sup>3</sup> biogaz/an - 55 % CH <sub>4</sub> soit 739 500 kWh PCI

## Bilan énergétique et environnemental

Indicateurs	Résultats
Production d'énergie utile	190 000 kWhélectrique et 350 000 kWhthermique
Rendement de l'installation	Rendement électrique : 26 % Rendement thermique : 47 %
Taux substitution énergies fossiles	34 % soit 33 tonnes équivalent CO2 évitées
Rendement d'efficacité énergétique	22
Impact sur les émissions de GES	70 tonnes équivalents CO2 évitées
Investissements	314 200 € HT soit 10 470 € HT/kWélectrique Taux de subvention : 44 % 5 500 € HT/kWélectrique après subvention

## Bilan économique (avec tarif électrique de 2006)

Indicateurs	Résultats
Résultat net	- 6 580 € HT/an hors subvention + 7 560 € HT/an après subvention
Taux de rentabilité interne	1 % hors subvention 11 % après subvention
Valeur actualisée nette	- 70 480 € HT hors subvention + 51 170 € HT après subvention
Temps de retour brut sur investissement	13 ans hors subvention 7 ans après subvention

*MB = matière brute, MS = Matière sèche, MO = matière organique, ETP = Equivalent temps plein, kWélectrique = kilo watt électrique, kWhthermique = kilo watt thermique, Nm3 = Normo mètre cube, PCI = Pouvoir calorifique inférieur.*

Au regard des indicateurs de performance, il est possible de dégager quelques éléments de mise en œuvre et d'exploitation optimaux pour une technologie type silo à alimentation discontinue.

### **Éléments de dimensionnement :**

- charge organique : 106 kg MO/m<sup>3</sup> (95 à 126),
- temps de séjour : 70 jours (42 à 119 jours),
- emprise foncière : 2,25 m<sup>2</sup>/tonnes MB dont 1,27 m<sup>2</sup>utile/tonne MB.

### **Éléments d'exploitation :**

- température interne : 43 à 48 °C,
- injection de jus : 0,3 m<sup>3</sup>/j/tonne MB.

## Contacts

### ADEME Bourgogne

#### Agriculture - Biogaz :

Bertrand AUCORDONNIER  
03 80 76 89 80 – bertrand.aucordonnier@ademe.fr

### Le réseau Agri Energie en Bourgogne

Les conseillers du réseau renseignent les agriculteurs dans leur projet de méthanisation et sur les économies d'énergie dans les exploitations.

#### Côte d'Or : Chambre d'agriculture de Côte-d'Or

Sylvie LEMAIRE  
03 80 28 81 38 – sylvie.lemaire@cote-dor.chambagri.fr

#### Nièvre : Chambre d'agriculture de la Nièvre

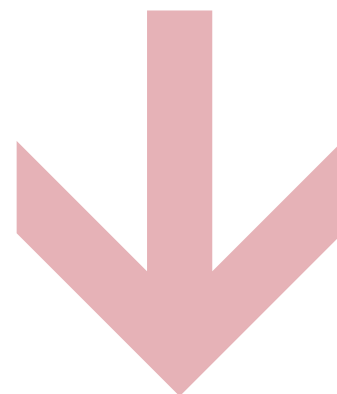
Etienne BOURGY  
03 86 93 40 18 – etienne.bourgy@nievre.chambagri.fr

#### Saône-et-Loire : Chambre d'agriculture de la Saône-et-Loire

Thomas GONTIER  
03 85 29 56 20 – thomas.gontier@sl.chambagri.fr

#### Yonne : Chambre d'agriculture de l'Yonne

Vincent GALLOIS  
03 86 94 26 34 – v.gallois@yonne.chambagri.fr



### Pour aller plus loin

– Suivi expérimental de l'installation de méthanisation du GAEC du Bois Joly (2010).

– Étude réalisée pour l'ADEME par Biomasse Normandie et Apeasa.

– Méthanisation en voie sèche : fonctionnement biologique, technique et état des lieux des technologies disponibles.

– Étude réalisée pour le compte de l'ADEME et du Compte d'Affectation Spéciale « Développement Agricole et Rural » par Trame (2009).



Retrouvez toutes les informations sur la méthanisation sur notre site  
[www.bourgogne.ademe.fr/methanisation](http://www.bourgogne.ademe.fr/methanisation)



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

Direction régionale Bourgogne  
1C, boulevard de Champagne - Tour Elithis  
21000 DIJON  
03 80 76 89 76  
ademe.bourgogne@ademe.fr

[www.bourgogne.ademe.fr](http://www.bourgogne.ademe.fr)

ADEME Bourgogne - mars 2015

Rédaction et mise en page : ADEME Bourgogne

Photos : ADEME Bourgogne

Programme Énergie Climat Bourgogne

