

# Méthanisation et séchage en grange : Un couplage est-il possible ?

Procédé nettement répandu en Allemagne, la méthanisation à la ferme a actuellement le vent en poupe en France. Depuis quelques années, les agriculteurs français s'y intéressent pour diverses raisons : trouver une solution à la gestion des effluents d'élevage (sur les Bassins 'Algues Vertes' notamment), diversifier les revenus de l'exploitation ou bien encore optimiser au maximum l'utilisation de l'énergie sur la ferme (consommation et production). Mais quelles que soient les raisons, tous seront confrontés aux mêmes problématiques et notamment à celle qui nous intéresse ici : utiliser au maximum la chaleur produite par le processus de cogénération. Au-delà de la volonté personnelle d'optimiser au mieux sa production d'énergie et d'éviter le gaspillage, c'est aussi l'aspect économique qui pousse les méthaniseurs à trouver une

solution pour valoriser la chaleur tout au long de l'année. Une prime est en effet accordée en fonction de l'efficacité énergétique de l'unité de méthanisation.

C'est donc, en partie, pour pouvoir bénéficier de cette prime que certains se tournent aujourd'hui vers le séchage en grange. Cette technique utilise de la chaleur au printemps et en été, lorsque la demande dans les réseaux traditionnels (chauffage de bâtiments d'élevage, de maisons,...) est faible, voire inexistante.

Cette solution, qui peut paraître évidente de prime abord, demande cependant de mener une réflexion approfondie afin d'estimer au plus juste le besoin réel en énergie d'un séchoir en grange (puissance, durée,...) ainsi que les conséquences d'un tel système sur le fonctionnement global de l'exploitation.

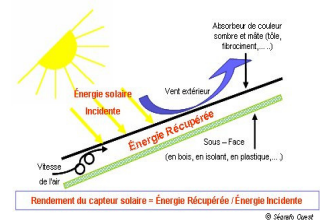
## Les besoins en énergie d'un séchoir en grange de fourrages

Le principe de fonctionnement d'un séchoir en grange est détaillé dans les plaquettes du SEGRAFO et ne le sera donc pas ici.

### L'énergie utilisée dans les systèmes de séchage en vrac des fourrages

Aujourd'hui, en France, il existe entre 3 000 et 4000 unités de séchage en grange de fourrages. La majorité d'entre elles n'a pas de système de réchauffage de l'air mais 20 à 30 % utilisent un toit solaire comme source d'énergie. D'autres ont recours à l'utilisation de chaudières fioul, gaz ou bois ou bien encore à des panneaux photovoltaïques. Dans l'Ouest, on recense environ 125 séchoirs en vrac qui, dans 90 % des cas, utilisent l'énergie solaire pour le réchauffage de

l'air. Il s'agit en fait d'un double toit dont la partie supérieure, de couleur sombre (noire, bleue ardoise, rouge brun), capte l'énergie solaire et permet de réchauffer l'air lorsque celui-ci passe entre les deux parois (cf. schéma). On observe généralement une augmentation de la température de l'air de 5 à 10 °C par rapport à l'air extérieur.



### Comment donne-t-on du pouvoir évaporatoire à l'air ?

Le principe est le suivant : en augmentant la température de l'air, on diminue son humidité relative et on augmente ainsi son pouvoir évaporatoire, c'est à dire sa capacité à capter l'humidité du foin.

Dans les systèmes de séchage en vrac, on recherche une augmentation de température de

seulement 5 à 6°C. En effet, le plus important est de sécher le foin sans que celui ne chauffe ou ne développe de moisissures. En procédant à une accumulation progressive de couches de foin de 50 cm à 2 m, le système ne nécessite pas un séchage à haute température.

### La production d'énergie d'un toit solaire

#### Exemple

Surface de toiture = **1 000 m<sup>2</sup>**

Au printemps, on estime en moyenne la production d'énergie égale à **5 kW/m<sup>2</sup>** sur une journée de 15 h d'ensoleillement

soit **5 000 kW / 1000 m<sup>2</sup>**

On applique ensuite le rendement d'efficacité d'un capteur solaire, estimé en moyenne à 30 %. On obtient alors une production d'énergie de **1500 kW / 15 heures**

Et donc une production finale de **100 kWh** pour 1 000 m<sup>2</sup> de toiture

*On applique en général la règle de 2.5 à 3.5 m<sup>2</sup> de toit solaire pour 1 m<sup>2</sup> de cellule*

### Quel est le besoin en débit d'air ?

Quelque soit le produit agricole à sécher, la vitesse de l'air doit se situer autour de 10 cm/s. Ainsi, si l'on considère une cellule de 100 m<sup>2</sup>, le débit devra être de 10 m<sup>3</sup> /s. S'il est inférieur, les risques

d'échauffement augmentent. S'il est supérieur, la vitesse de passage de l'air dans le produit sera trop rapide et le temps de contact entre l'air et le produit à sécher sera alors trop faible pour capter suffisamment l'humidité du foin.

#### Exemple de calcul pour une cellule de 100 m<sup>2</sup>

Pour réchauffer de 5°C, 10 m<sup>3</sup>/s d'air :  
10 m<sup>3</sup>/s ↔ 36 000 m<sup>3</sup>/h  
36000 m<sup>3</sup>/h \* 5°C \* 0.3 kcal = 54 000 kcal  
54 000 / 860 kcal = **63 kW** disponible au ventilateur

Il faut ensuite prendre en compte le rendement du système de réchauffage de l'air .

#### Mémento

Pour élever d' **1°C** la température d' **1 m<sup>3</sup>** d'air, il faut **0.3 kcal**.

**1 kcal = 0.001163 kW**

**Ou 1 kW = 860 kcal**

Si l'on augmente de **1°C** la température de l'air, on abaisse de **3 à 5%** son **humidité relative**.

### Quelle est la durée de séchage du foin en vrac?

Dans l'Ouest, les périodes de fauche s'étalent généralement entre Avril et Octobre, ce qui peut représenter 4 à 5 coupes de foin à sécher dans les cellules.

La durée de séchage du fourrage varie en fonction de plusieurs paramètres: le taux d'humidité initial du fourrage rentré, les conditions climatiques pendant la période de séchage, la quantité de fourrage rentrée, les espèces composant le fourrage,...

En revanche, on observe, quasi systématiquement, deux périodes de séchage: une première période de séchage en continu (jour et nuit) puis une période de séchage en ventilation fractionnée (par exemple: fonctionnement jour et arrêt nuit ou quelques heures par jour aux moments les plus favorables,...).

Par le calcul précédent, nous souhaitons montrer que, dans l'hypothèse où la chaleur produite par le méthaniseur la nuit (peu efficace en terme de séchage) pourrait être stockée pour être utilisée sur une durée de 15 heures et non de 24 heures, la surface

Les besoins en chaleur d'un séchoir en grange ne sont donc pas continus au cours de la saison. Par ailleurs, il faut prendre en compte le fait que l'humidité relative de l'air étant plus important la nuit, le pouvoir évaporatoire de celui-ci est beaucoup plus faible la nuit que le jour et que donc l'efficacité du séchage est moindre la nuit.

#### Prendre en compte le temps de séchage discontinu

**Ex** : Pour une cellule de **100 m<sup>2</sup>** et un gain de T° de 5°C, on a calculé précédemment que **63 kW** sont disponibles au ventilateur.

Soit sur une période de séchage de 24 h : 63\*24= **1 500 kWh**

Soit sur une période de séchage de 15 h : **937 kWh**

séchable pourrait être augmentée de **60 %** (rapport 937 / 1500 = 0.62). Sur une période de séchage de 15h, on pourra donc sécher **160 m<sup>2</sup>** (au lieu de 100 m<sup>2</sup> sur 24h).

## Méthanisation et production d'énergie

Le principe de la méthanisation repose sur la digestion anaérobie (absence d'oxygène) de matières organiques par des micro-organismes. La matière organique utilisée se compose généralement de déjections animales, de résidus de culture ou bien encore de déchets de collectivités ou d'industries agro alimentaires. Cette digestion conduit à la formation d'un biogaz d'une part et d'un digestat d'autre part.

Le biogaz produit est valorisé, dans la majorité des cas, lors d'un processus de cogénération qui conduit à la production d'électricité et de chaleur. Le rendement électrique est dans ce cas de 35 %, celui de la chaleur peut atteindre 50% de l'énergie primaire. A noter qu'environ 1/3 de cette chaleur produite est utilisée pour maintenir la température du digesteur (de

l'ordre de 38°C dans la majorité des cas). Aujourd'hui, en France, la taille des unités de méthanisation à la ferme pour des élevages bovins se situe autour de 100 kW.

#### La composition du biogaz

Méthane	50-75 %
Dioxyde de Carbone	25-45 %
Vapeur d'eau	2-7 %
Azote	0-2 %
Hydrogène	0-1 %
Oxygène	0-2 %
Hydrogène sulfuré	0-2 %

L'électricité produite est ensuite injectée dans le réseau (cf. tableau tarifs de rachat). La chaleur, quant à elle, peut être utilisée de différentes manières : chauffage de bâtiments d'élevage, des maisons voisines, eau chaude sanitaire,...Le problème, comme nous l'avons déjà évoqué en introduction, est que ces besoins en chaleur sont saisonniers : principalement en hiver. Ainsi, se pose la question de l'utilisation de cette chaleur au printemps et en été. Cette valorisation représente en effet un enjeu important puisque l'électricité produite sera d'autant mieux payée que la chaleur dégagée par l'unité sera utilisée au maximum.

<b>Tarifs de rachats de l'électricité</b>	
Extrait de l'Arrêté du 19 mai 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz	
<b>Les valeurs intermédiaires sont déterminées par interpolation linéaire</b>	
<b>Puissance de l'installation</b>	<b>c€/kWh</b>
Pmax ≤ 150 kW	13.37
Pmax ≥ 2 MW	11.19
<b>Prime à l'efficacité énergétique</b>	
<b>Efficacité énergétique</b>	<b>c€/kWh</b>
≤ 35 %	0
≥ 70 %	4

## Quel couplage possible entre une unité de méthanisation et une unité de séchage en grange ?

Au vu de ce qui a été présenté précédemment, une première observation semble essentielle : la production de chaleur par un méthaniseur est continue alors que la demande en chaleur d'une unité de séchage en grange est discontinue au cours de la saison. Cette source d'énergie permet cependant un réchauffage de l'air constant durant toute la journée, quelles que soient les conditions d'ensoleillement. La question du couplage devient alors intéressante du point de vue énergétique.

Nous l'avons évoqué, pour optimiser ce couplage, il serait intéressant de pouvoir stocker la chaleur produite la nuit. Le calcul nous a montré que nous pourrions alors augmenter la surface de séchage avec la même unité de méthanisation. Ce qui signifie donc une possibilité de sécher une plus grande quantité de fourrages et donc d'augmenter la capacité de récolte. Cette solution permettrait, en outre, de ne pas recourir à une unité de méthanisation démesurée par rapport à la taille de l'exploitation et de ses disponibilités en matières organiques.

Par ailleurs, à la problématique de l'efficacité du séchage jour/nuit, vient s'ajouter le fait que la récolte

du foin n'est pas linéaire au cours de la saison (rendements différents, surfaces de fauche différentes), impliquant des niveaux de remplissage du séchoir différents selon les périodes : comment adapter alors la distribution de chaleur en fonction de la surface de séchoir utilisée, du volume séché? Il paraît donc important de reprendre, coupe par coupe, les quantités de foin qu'il faudra sécher pour ensuite faire correspondre les surfaces de séchoir utilisées et enfin déterminer les besoins en énergie ainsi que les périodes limitantes sur la saison.

Enfin, peut-être serait-il intéressant d'envisager un autre type de séchage afin de réaliser la jonction entre la fin du séchage de fourrages (octobre) et le début des besoins en chaleur des bâtiments. Le séchage de maïs grain pourrait être une option.

### Quelques mises en garde

La mise en place d'un séchoir en grange peut représenter un investissement important. La prime à l'efficacité énergétique ne permettant pas un financement important du séchoir (cf. exemple de l'encadré), ce dernier doit donc avoir d'autres impacts économiques pour être justifié.

### Prime à l'efficacité énergétique

#### Exemple

Puissance de l'unité de méthanisation = 100 kWé

Production à l'année = 100 \* 8000 h = 800 000 kWh/an

Valorisation sur l'année de la chaleur produite = **60%**

L'utilisation de la chaleur par le séchoir est estimée entre **10 et 20%** de la chaleur produite.

**V=60 % ↔ Prime = 2.84 c€/kWh**

**Soit : 800 000 \* 0.0284 = 22 720 € /an de prime soit induit par le séchoir autour de 5 000 € /an.**

Rappelons que le séchage en grange est un outil pertinent et efficace qui, lorsqu'il est utilisé à sa juste valeur, permet de développer un système d'exploitation économe et autonome. Par la valorisation des systèmes herbagers, le séchoir contribue à la diminution de l'utilisation des intrants (engrais et phytosanitaires) ainsi qu'à la diminution du coût alimentaire. La haute valeur nutritionnelle du fourrage produit permettra, en effet, de diminuer, voire de supprimer, les achats d'aliments extérieurs.

Il s'agit donc, avant d'engager un projet de couplage, de réfléchir longuement à l'utilisation qui pourrait être faite du séchoir et comment l'agriculteur est prêt à l'intégrer dans son système actuel. Dans la plus part des cas, le séchoir a des conséquences sur l'organisation de

la ferme : de la conduite des prairies à l'alimentation des animaux.

**En conclusion,** le couplage méthanisation/séchage en grange peut apparaître comme une solution évidente pour utiliser la chaleur produite par le méthaniseur au printemps et en été mais, au vu de la non-linéarité du fonctionnement de la ventilation, la question doit être traitée en détail. Finalement, un projet de couplage méthanisation/séchage en grange doit être réfléchi comme deux projets à part entière (par les spécialistes de chacun de ces domaines), ayant chacun leurs problématiques et leurs conséquences sur le fonctionnement global de l'exploitation.

Document réalisé avec l'aide de SGF Conseil. Pour plus d'informations, contacter le SEGRAFO.

### Un exemple de couplage Méthanisation/Séchage en grange L'EARL des Brimbelles à Migneville (54)

Zone AOC Munster

**3 UTH**

**112 ha** dont 86 ha en herbe

**65 VL** pour **498 000 L**, en **AB**

#### Historique

**2000** : construction du 1<sup>er</sup> méthaniseur  
22 kW – 500 m<sup>3</sup>

**2002** : construction du séchoir en grange  
2 cellules - 220 T de MS - 1 ventilateur

**2006** : construction du 2<sup>ème</sup> méthaniseur  
250 kW – 3 500 m<sup>3</sup>

#### La méthanisation

##### Matière organique utilisée

**Lisier** (3/4) et **fumier** de l'exploitation  
15 à 25 ha de **cultures énergétiques** :  
maïs ensilage notamment  
20 à 30 % de **sous-produit** issus de l'agro alimentaire

##### Utilisation de la chaleur

L'énergie produite chauffe un **réseau de chaleur** de 300 m auquel sont raccordés le séchoir en grange, la salle d'accueil dédiée à la route des énergies renouvelables, 8 habitations et la future école intercommunale.

Le projet a été labélisé « **pôle d'excellence rural** ».

##### Production

**2.1 millions de kW électriques** produits par an  
(équivalent à la consommation de 300 foyers)

**2.8 million de kW thermiques** produits par an

##### Investissements

**2000** : 15 000 € dont la moitié était liée à la mise aux normes

**2002-2006** : 900 000 € comprenant le séchoir en grange et la salle d'accueil

#### Commentaires sur le couplage avec un séchage en grange

*Pourquoi ce choix ?*: Afin d'utiliser la chaleur et d'optimiser la valeur de son fourrage

*Stratégie de séchage* : Lorsqu'il n'y avait que la petite unité de méthanisation, le séchage était difficile, il y avait des problèmes de plaquage du foin. Aujourd'hui, l'unité de méthanisation couvre très largement les besoins en chaleur du séchoir. Il y a même surventilation. La température est élevée de 12 °C environ.