

Juillet 2015



## Solutions de valorisation de la chaleur produite par une cogénération

---

Cécile Heneffe

La valeur ajoutée, tant économique qu'environnementale, visée par ValBiom repose essentiellement sur son positionnement indépendant, sa rigueur scientifique et sur son approche intégrée des filières de valorisation non-alimentaire de la biomasse.

Date d'édition	03 09 2015
Version	1.3
Auteur	Cécile Heneffe
Comité de relecture	02 09 2015
Convention	BioMaSER
Thématique	Biométhanisation

### Objectif du document

Ce document vise à donner un premier aperçu des solutions de valorisation de la chaleur issue de cogénération. Il s'agit donc d'un catalogue de valorisations possibles, et non d'une liste exhaustive. Il s'adresse à des porteurs de projets cherchant des idées nouvelles.



<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
<b>D'OU VIENT LA CHALEUR ? .....</b>	<b>5</b>
1   Source de la chaleur : cas de la biométhanisation	5
2   Chaleur produite par une chaudière	6
3   Chaleur produite par une cogénération	7
3.1 Cogénération à partir d'un moteur thermique à combustion interne	7
3.2 Cogénération à partir d'une turbine	8
3.3 Comparaison entre le moteur à combustion interne et la turbine	9
4   Quantité de chaleur disponible	10
<b>UTILISATIONS POSSIBLES DE LA CHALEUR .....</b>	<b>11</b>
5   Hygiéniser les matières entrantes	11
6   Chauffer via à un réseau chaleur	12
6.1 Fonctionnement d'un réseau de chaleur	12
6.2 Chauffage de maisons et de bâtiments	12
6.3 Chauffage de serres	13
6.4 Chauffage en élevage	14
7   Sécher différentes matières	15
7.1 Séchage du digestat	15
7.2 Séchage de bois	15
7.3 Séchage à façon	16
8   Explorer d'autres pistes	17
<b>CONTACT .....</b>	<b>18</b>



# Introduction

---

Dans de nombreux projets de biométhanisation se pose la question de la valorisation de la chaleur. En effet, dans la plupart des cas, la voie choisie est la cogénération, un système permettant de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur. Cette électricité est vendue sur le réseau électrique, permettant ainsi d'obtenir des certificats verts, et donc d'améliorer la rentabilité des projets.

La chaleur verte produite reste disponible. L'avantage, qui peut s'avérer être également une difficulté, est qu'elle est produite de manière continue (à l'exception des entretiens des moteurs ou pannes éventuelles) et constante (avec un peu plus de disponibilité l'été, où les températures plus clémentes permettent de moins chauffer les digesteurs).

Le plus souvent, valoriser la chaleur signifie créer une nouvelle activité pour le porteur de projet, qu'il s'agisse de chauffer des bâtiments, des maisons, des élevages, ou de sécher des matières disponibles. D'autres pistes peuvent également être explorées : fournir de la chaleur à une entreprise voisine, développer des projets pilotes, etc.

Cette chaleur ouvre donc la voie à de nombreux possibles. Dans ce document, vous aurez un aperçu des solutions déjà mises en œuvre en Wallonie.



# D'où vient la chaleur ?

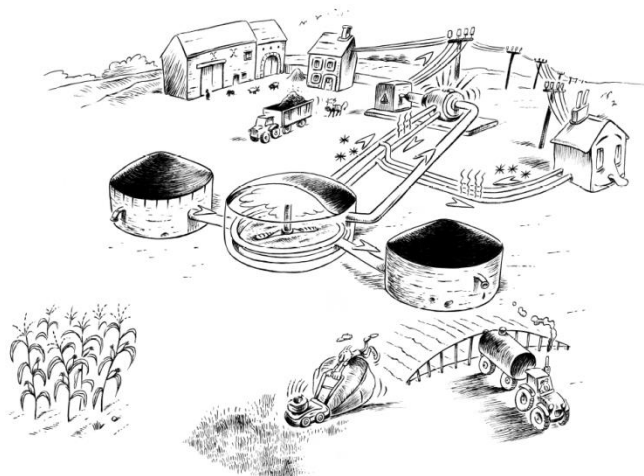
## 1 | Source de la chaleur : cas de la biométhanisation

La biométhanisation est un processus de fermentation similaire à celui ayant lieu dans le rumen d'une vache. Les matières entrant dans le digesteur (cuve où a lieu la fermentation) subissent une dégradation biologique réalisée par des micro-organismes (bactéries et archées). Cette fermentation se déroule en absence d'oxygène (anaérobiose) et à température constante (souvent aux environs 37 °C). Ce processus est exploité dans des installations de biométhanisation.

La décomposition des matières par biométhanisation dégage deux produits : le biogaz et le digestat. Le **digestat** est le résidu de la décomposition des matières organiques utilisées, et représente entre 80 et 90 % de la masse des matières entrantes.

Le **biogaz**, est essentiellement composé de méthane (CH<sub>4</sub>) et de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). De nombreuses valorisations existent. Il peut :

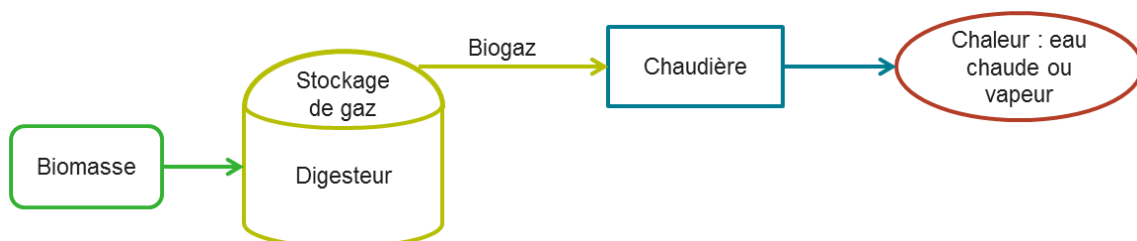
- > Produire de la chaleur ou de la vapeur par combustion dans une chaudière.
- > Produire de l'électricité, par combustion dans un moteur ou une turbine, qui actionne un alternateur.
- > Produire de l'électricité et de la chaleur, par combustion dans un moteur ou une turbine, qui actionne un alternateur, et dont la chaleur émise est récupérée : on parlera de **cogénération**.
- > Être utilisé comme biocarburant, après purification du biogaz en biométhane (CH<sub>4</sub>, semblable au gaz naturel) et compression.
- > Être injecté dans le réseau de gaz naturel, après purification en biométhane et compression.



Unité de biométhanisation à la ferme (© Stiki)

## 2 | Chaleur produite par une chaudière

Le biogaz peut être utilisé directement dans une chaudière. Il est possible de produire de l'eau chaude, de la vapeur à moyenne ou haute pression, ou bien de l'utiliser dans les fours de procédés. Le fonctionnement est similaire à une chaudière classique fonctionnant au gaz naturel. Seul le brûleur doit être adapté pour fonctionner au biogaz.<sup>1</sup>



Cependant, l'utilisation de la chaleur verte non issue de cogénération n'est pas aidée financièrement à l'heure actuelle en Wallonie. Seul un soutien à la production d'électricité verte existe : il s'agit du système des certificats verts.<sup>2</sup>

La valorisation thermique est donc plutôt adéquate pour des projets de proximité. Par exemple, une unité de biométhanisation peut être adossée à une entreprise qui utilise de la chaleur produite à partir d'une chaudière au biogaz et qui a des déchets disponibles sur site.

---

<sup>1</sup> Source : Moletta R., 2011. *La méthanisation*. 2<sup>e</sup> éd. Paris : Lavoisier.

<sup>2</sup> Dans le cas de la cogénération, ce soutien dépend du combustible utilisé (gaz naturel, biogaz, etc.), ainsi que de l'efficacité de rendement et d'utilisation de l'énergie produite. Cela tient donc compte de la quantité de chaleur utilisée. Lorsqu'il n'y a pas d'électricité produite, le système des certificats verts ne s'applique pas.

### 3 | Chaleur produite par une cogénération

La cogénération est une production simultanée d'électricité et de chaleur à partir d'une même source d'énergie : dans ce cas, le biogaz. En récupérant la chaleur produite par une turbine ou un moteur thermique, cela augmente le rendement global par rapport à une production unique d'électricité (où la chaleur produite serait évacuée par des aérothermes). Il existe différentes techniques permettant cette double production.

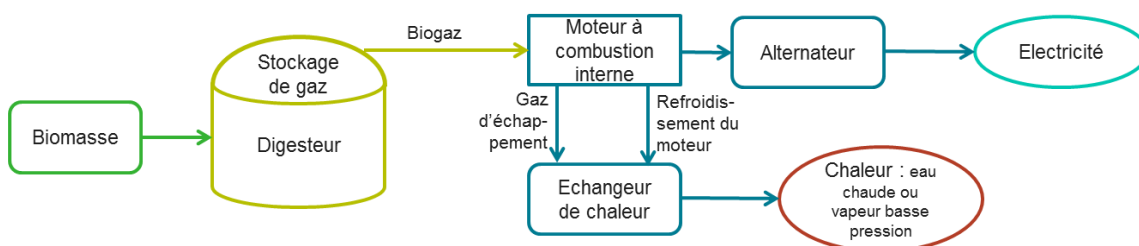
Dans la suite du document, il est uniquement considéré la chaleur produite par cogénération.

#### 3.1 Cogénération à partir d'un moteur thermique à combustion interne

Le moteur à combustion interne peut actionner un alternateur en utilisant comme carburant le biogaz. Cet alternateur produit de l'électricité. Lors du fonctionnement du moteur à combustion interne, il produit de la chaleur qui peut être récupérée par un échangeur de refroidissement pour le moteur. De plus, il est possible de récupérer également de la chaleur provenant des gaz d'échappement du moteur. Il est nécessaire d'épurer le biogaz (au moins le désulfurer), afin d'éviter d'abimer le moteur.<sup>1</sup>

La chaleur est donc récupérée à deux niveaux<sup>1</sup> :

- > Le circuit de refroidissement du bloc moteur, qui produit une chaleur basse température, via un courant d'eau chaude de 70 à 90 °C.
- > La récupération de la chaleur des gaz d'échappement, qui produit une chaleur haute température de 350 à 500 °C.



En biométhanisation, le cas de la cogénération par moteur de combustion interne est le plus souvent rencontré en Wallonie.

Les rendements électriques sont de l'ordre de 25 à 38 % selon les modèles, la puissance développée et la technologie utilisée. Le rendement de chaleur est de 45 à 55 %. Le rendement global est proche de 90 %. L'utilisation est plutôt réservée à des puissances électriques de moins d'1 MW. Au-delà, il vaut mieux mettre plusieurs moteurs de cogénération ou de placer une turbine gaz.<sup>1</sup>

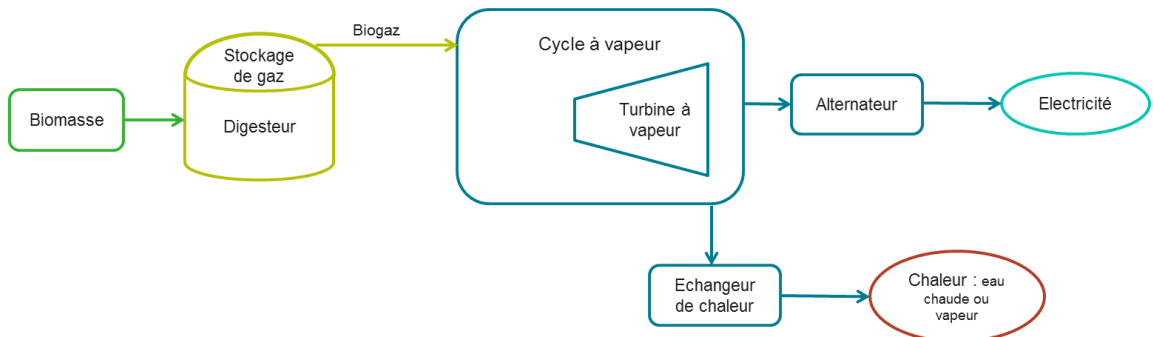
### 3.2 Cogénération à partir d'une turbine

La cogénération à partir de turbine convient pour les très grandes puissances (> 3 MW<sub>éi</sub>). De plus, ces systèmes ne nécessitent pas d'épuration du biogaz et ont une maintenance plus réduite par rapport aux moteurs. C'est pourquoi les turbines sont plutôt utilisées dans un cadre industriel et pour de très grandes puissances.<sup>1</sup>

Il existe deux types de systèmes utilisant des turbines : les turbines à vapeur et les turbines à gaz.

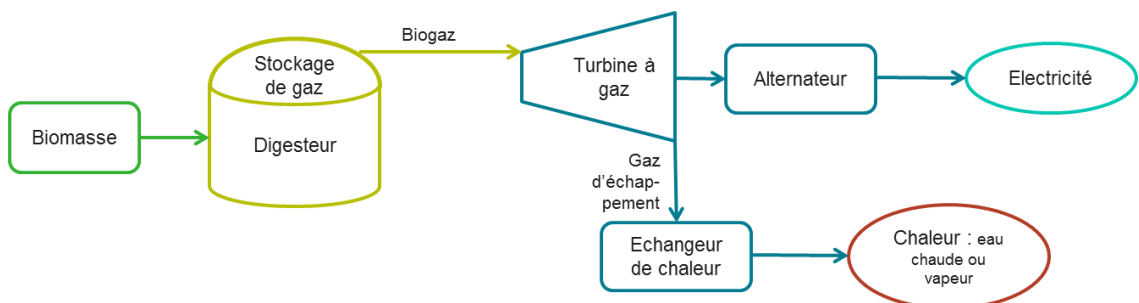
#### Turbine à vapeur

Le biogaz est brûlé dans une chaudière. Un circuit vapeur sous pression passe par la chaudière. Cette vapeur produite alimente une turbine, qui produit de l'électricité. Le rendement électrique est de 10 à 25 %. La chaleur est récupérée grâce à ce cycle de vapeur.<sup>1</sup>



#### Turbine à gaz

Le biogaz est utilisé directement dans la turbine, via une chambre de combustion du biogaz et d'un système de décompression des gaz dans la turbine. Le rendement électrique est d'environ 25 %. La chaleur est récupérée via les gaz d'échappement, avec un rendement d'environ 50 %.<sup>1</sup>





### 3.3 Comparaison entre le moteur à combustion interne et la turbine

Le moteur à combustion interne et la turbine ont donc chacun leur application propre. Les rendements globaux sont semblables. La maintenance et l'usage est plus aisé pour la turbine, mais il est nécessaire que la quantité de biogaz disponible soit importante pour que ce soit intéressant d'en installer.

Actuellement, la plupart des unités de biométhanisation possèdent un ou plusieurs moteurs à combustion interne en cogénération.

	<b>Moteur à combustion interne</b>	<b>Turbine</b>
Rendement électrique	25 à 38 %	25 à 40 %
Rendement thermique	45 à 50 %	50 à 55 %
Type de récupération de chaleur	Refroidissement : ~ 60 % Echappement : ~ 40 %	Echappement
Puissance par cogénération	< 1 MW <sub>él</sub>	> 3 MW <sub>él</sub>

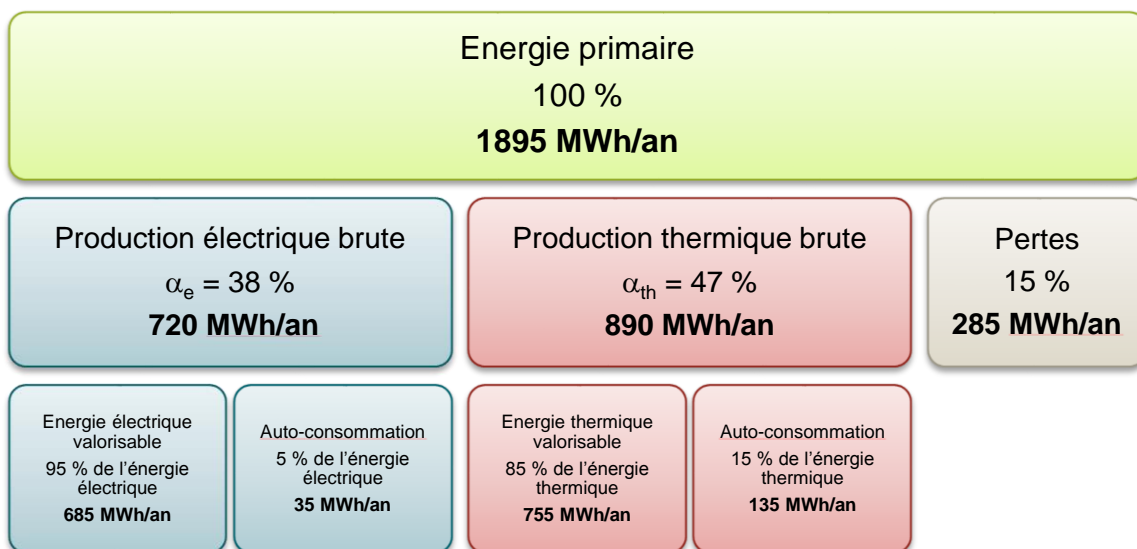


## 4 | Quantité de chaleur disponible

Dans le cas le plus courant, soit un moteur à combustion interne en cogénération, les rendements sont de 38 % en électricité et 47 % en chaleur. Toutefois, il faut considérer qu'une partie de la chaleur produite est nécessaire au processus de biométhanisation, principalement dédiée au chauffage du(des) (post)digesteur(s). Cela représente plus de 50 % dans le cas des très petites puissances (10 kW<sub>éi</sub>) à 10 % dans le cas des unités de plus grande puissance.

Une fois soustraits les besoins de l'installation, la chaleur produite disponible est à une température de 70 à 90 °C. Cela représente environ 750 MWh<sub>th</sub> par an pour 100 kW<sub>éi</sub> installés, soit l'équivalent de 75 000 l de mazout, ou encore le chauffage de 15 à 25 ménages wallons.

**Moteur à combustion interne de cogénération, de 100 kW<sub>éi</sub>  
(sur base d'un fonctionnement de 7200 h/an).**



# Utilisations possibles de la chaleur

---

## 5 | Hygiéniser les matières entrantes

Dans certains cas, et notamment dans le cas des sous-produits animaux et produits dérivés<sup>3</sup>, il est nécessaire d'hygiéniser les matières entrantes ou le digestat. Une des manières de faire est de placer les matières pendant 1 heure à 70 °C minimum. D'autres techniques d'hygiénisation existent, mais demandent en général des températures plus élevées. Une grande partie de la chaleur, si ce n'est la totalité, peut donc provenir de la cogénération.

Cet usage se fait en continu sur l'année, avec des besoins plus ou moins constants. En fonction de la quantité d'intrants à hygiéniser, il peut rester de la chaleur disponible. Il est nécessaire de faire un bilan énergétique afin de savoir la quantité de chaleur nécessaire à l'hygiénisation, ainsi que de la nécessité d'avoir une autre méthode de chauffage pour atteindre la température minimum.

*Certaines unités en Wallonie utilisent des déchets agro-industriels, pouvant potentiellement contenir ou être en contact avec des sous-produits animaux. Dans ce cas, l'hygiénisation est obligatoire. Une cuve va être placée avant ou après le digesteur, par laquelle vont transiter par batch les matières. Elles vont y être chauffées. Une fois la température de 70 °C atteinte, les matières y séjournent au moins une heure. Une fois hygiénisée, elles pourront être refroidies (si nécessaire) et envoyées dans le digesteur.*



Exemple d'hygiénisateur (© ValBiom – Unité Bioenergie EGH)

---

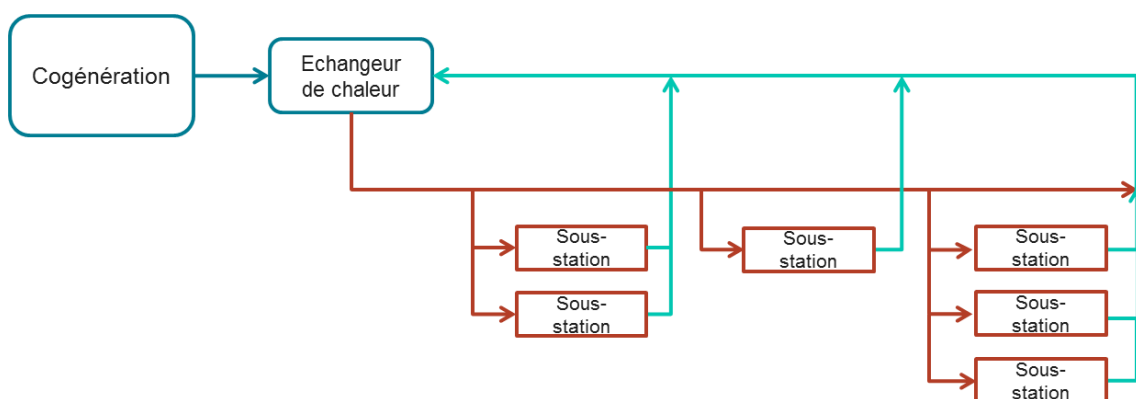
<sup>3</sup> Voir le Règlement européen 1069/2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine.

## 6 | Chauffer via à un réseau chaleur

### 6.1 Fonctionnement d'un réseau de chaleur

Un réseau de chaleur permet de distribuer à une ou plusieurs sous-stations de la chaleur via un système de canalisation transportant de l'eau chaude. Les canalisations forment une boucle fermée, où chaque sous-station y est raccordée.

Une sous-station peut être seule sur le réseau (exemple : chauffer uniquement une porcherie) ou être au sein d'un réseau de multiples sous-stations (exemple : chauffage de maisons d'un quartier).



Les réseaux de chaleur peuvent être alimentés soit uniquement par l'énergie produite par une unité de biométhanisation, soit être couplée à un autre type de chauffage (exemple : une chaudière bois). Une partie des réseaux chaleurs existants sont alimentés uniquement par une chaudière biomasse (bois ou autre).<sup>4</sup>

### 6.2 Chauffage de maisons et de bâtiments

Dans le cas de chauffage urbain, les besoins en chaleur sont plus importants en hiver qu'en été. Pour bien dimensionner le réseau de chaleur, il faut prendre en compte que c'est également en hiver que les besoins en chaleur pour le(s) (post)digesteur(s) augmentent. Il y a donc moins de chaleur disponible lorsque les besoins augmentent. De plus, il faut savoir si l'on souhaite combler les besoins en chaleur du réseau à 100 % (et assurer une production même en cas de grands froids) ou si l'on préfère assurer une base avec un système de chauffage d'appoint en cas de nécessité dans les sous-stations.

---

<sup>4</sup> Plusieurs exemples sont disponibles dans la brochure ValBiom « La biomasse, une énergie à votre portée : projets témoins »

Plusieurs unités de biométhanisation proposent des réseaux chaleur aux riverains. Par exemple, l'unité de Surice (104 kW<sub>el</sub>) permet d'alimenter en chaleur 9 maisons et 9 appartements. L'unité d'Aiseau-Presles (190 kW<sub>el</sub>) permet quant à elle d'alimenter les bâtiments communaux implantés à proximité.

L'unité de Beckerich au G.D. du Luxembourg est un modèle du genre. En effet, l'unité de biométhanisation est couplée à une chaudière bois, permettant ainsi d'alimenter une grande partie du village en chaleur.

L'utilisation de la chaleur issue d'un réseau chaleur est particulièrement intéressant en cas de chauffage par le sol, car ce type de chauffage ne nécessite pas de températures très élevées et a une demande plus constante.



Sous-station de raccordement d'une maison à Beckerich. (© ValBiom)

En Alsace, un hôtel équipé d'un centre balnéo est chauffé grâce à une unité de biométhanisation agricole. Le reste de la chaleur permet de chauffer également trois maisons, une fromagerie et un sécheur (luzerne et foin).<sup>5</sup>



Hôtel chauffé par la biométhanisation en Alsace. (© Bioénergie international)

### 6.3 Chauffage de serres

Le chauffage de serres se fait via des tuyaux placés soit près des racines des plantes, soit en hauteur dans la serre. Cela permet d'étendre les périodes de production. En fonction de ce que l'on fait pousser et de la méthode culturale, les besoins en chaleur seront soit plus importants au printemps et en automne, afin d'étendre les périodes de production, soit ils seront très importants l'hiver.

Par exemple, les horticulteurs peuvent ainsi faire pousser des fleurs toute l'année ou au moins une très grande partie de l'année. Les producteurs de fruits et légumes (fraises, tomates, etc.) peuvent étendre la période de production en débutant la culture plus tôt et/ou en la terminant plus tard, voire en la prolongeant sur l'année entière. Le plus souvent, la chaleur n'est pas consommée l'été, et parfois pas non plus en hiver.

---

<sup>5</sup> Source : Bioénergie international : <http://www.bioenergie-promotion.fr/41897/une-unite-de-cogeneration-biogaz-pour-chauffer-un-hotel-de-luxe/>

*En biométhanisation, une forcerie de chicons est chauffée par un réseau chaleur, permettant de maintenir la température à environ 20 °C. Différents exemples existent également dans le cas de chaudières bois et biomasse. Par exemple, un producteur de fraises de Wépion chauffe des serres via un réseau chaleur placé à proximité des racines une grande partie de l'année à l'aide d'une chaufferie bois, afin de permettre d'allonger la période de production. Un horticulteur chauffe également sa serre d'exposition de vente grâce à un réseau de chaleur, qui lui circule en hauteur dans la serre.*



**Exemple de serre chauffée via un réseau chaleur, permettant la culture de fraises. (© ValBiom)**

## **6.4 Chauffage en élevage**

L'élevage nécessite également de grandes quantités de chaleur. Par exemple, pour les porcs, il est recommandé d'avoir une température stable et un renouvellement d'air régulier, en particulier pour la nurserie. Les porcelets sont en effet très sensibles aux variations de chaleur.

L'élevage de poulet requiert également de la chaleur surtout dans la première phase de croissance des poussins. Dès le premier jour de leur installation dans le poulailler, la température de l'air doit être de 35 °C. Cette température diminuera progressivement pour atteindre les 20 °C lorsque les poussins seront devenus des poulets matures.

Dans le cas des vaches laitières, une grande quantité d'eau chaude de lavage est utilisée chaque jour. Cela représente vite de grandes quantités d'énergie nécessaire pour chauffer cette eau.



## 7 | Sécher différentes matières

Le séchage peut se faire de différentes manières : par contact, par infra-rouges, par le soleil, etc. Dans le cas de la chaleur issue de cogénération, il s'agit le plus souvent de techniques à partir d'air chauffé. Il existe un grand nombre de sècheurs sur le marché. Le choix de la technologie dépendra de la matière à sécher, sa quantité, la forme souhaitée, de la chaleur disponible, etc.

### 7.1 Séchage du digestat

Sécher du digestat permet une consommation de chaleur constante et efficace tout au long de l'année (étant donné que la production de digestat est constante). Vu que le volume diminue, cela permet de réduire les coûts de stockage et de transport. Cela peut également permettre d'ouvrir de nouvelles voies de valorisation (conditionnement en vrac, en sachet, à destinations de particuliers, d'horticulteurs, d'agriculteurs, etc.).

*Plusieurs unités de biométhanisation utilisent cette technique en Wallonie, notamment l'unité située à Attert. Le séchage s'effectue grâce à un sécheur à bandes. Une séparation de phase est tout d'abord réalisée. La phase solide, principalement constituée de fibres, est utilisée telle quelle en agriculture. La phase liquide est séchée pour obtenir le digestat sous forme de granulés de 4-5 mm. Le volume de stockage est ainsi réduit de plus de 30 fois.*



Digestat séché sous forme de granulés (© ValBiom)

### 7.2 Séchage de bois

Dans les zones forestières, il peut être intéressant d'installer un sécheur à bois, étant donné qu'il existe de nombreuses valorisations possibles : séchage de plaquettes, de bûches, production de produits dédiés, etc. Cela peut amener un revenu supplémentaire soit en proposant un service (exemple : le séchage de bois sur demande), soit en proposant un produit (exemple : des briquettes compressées). Dans ce dernier cas, il est nécessaire d'avoir un circuit de vente du produit. Le besoin en chaleur est également plus ou moins constant tout au long de l'année, mais nécessite une gestion de planning.

*L'unité à Geer (Biogaz du Haut Geer) sèche du bois et fabrique des briquettes compressées. Celles-ci sont destinées à être vendues, notamment à des particuliers. Il s'agit d'une source de revenus supplémentaire pour l'unité de biométhanisation.*



Empaquetage de briquettes compressées (© ValBiom)

### 7.3 Séchage à façon

De nombreuses matières peuvent être séchées : par exemple le foin, la luzerne, le grain, etc. Il peut donc être intéressant d'avoir un sécheur multifonctions. En effet, au vu de la spécificité de certains sécheurs, il est possible qu'il ne fonctionne que quelques jours sur l'année. Bien qu'il y ait un intérêt, la valorisation de la chaleur ne se fera que durant ce laps de temps. Il peut donc être intéressant d'avoir un sécheur polyvalent.

*La société britannique Alvan Blanch a développé un sécheur industriel de matières en vrac, utilisant de la chaleur issue de cogénération. Par exemple, il est possible de sécher : du maïs, de l'avoine, de l'orge, du colza, des pois et haricots, des algues, des lentilles, des pellets, des plaquettes, etc. Ce type de sécheur permet de fonctionner une grande partie de l'année, ou en complément d'autres techniques de valorisation de chaleur, afin d'optimiser la gestion de l'utilisation de la chaleur.*



Exemple de sécheur polyvalent. (© Bioénergie international)



## 8 | Explorer d'autres pistes

La chaleur disponible peut également être utilisée à d'autres fins :

- > Sécher, dans le cas d'une station d'épuration, les boues produites par cette station.

*Il est possible de biométhaniser les boues issues de station d'épuration. Cela permet de réduire les volumes de boues, ainsi que de produire tout ou une partie de l'énergie disponible sur site. De plus, la chaleur issue de la cogénération peut être utilisée toute l'année pour sécher le digestat, afin d'en réduire encore le volume.*

- > Permettre à une entreprise voisine d'utiliser cette chaleur dans son processus industriel.

*Par exemple, une unité de biométhanisation est adossée à l'usine L'Oréal de Libramont. Cette unité fournit à la fois de l'eau chaude afin de chauffer les bâtiments de l'usine, et de la vapeur nécessaire au process.*

- > Développer de nouveaux secteurs d'activités :

- > Production de micro-algues (par exemple la spiruline) : il serait nécessaire de chauffer la serre où se situerait le bassin de production ou de chauffer les photo-réacteurs, afin d'optimiser la production. Les micro-algues auraient de nombreux débouchés : compléments alimentaires, production de certaines molécules à haute valeur ajoutée, etc.
- > Sécher du *Taxus baccata* (if) pour en extraire un principe actif utilisé dans la lutte contre le cancer.

La chaleur doit donc être vue comme une opportunité permettant de dégager une rentabilité supplémentaire, ainsi que de diversifier les activités.



# Contact

---

**Cécile Heneffe**

Chef de projet – Biométhanisation

t 081 62 71 92

m 0488 17 21 18

c.heneffe@valbiom.be

