

## Programme scolaire sur LA BIOTECHNOLOGIE

**Durée** : 10 semaines de 3 heures

**Objectif général** : L'apprenant doit être capable d'exploiter les plantes et de transformer les déchets biodégradables en énergie renouvelable afin de limiter l'émission des GES

Objectifs d'apprentissage	Contenus	Observation
L'apprenant doit être capable de (d'): - Appliquer les techniques de transformation des plantes et des déchets en énergie - identifier les plantes à potentialité biocarburant	I. Biocarburants 1. Définition 2. Types et Origines 3. Culture des plantes a potentialité biocarburant et adaptées au climat 4. Utilisations	-Rappeler la notion de fermentation -Faire observer le biodigesteur (si possible) ou projeter de film montrant le montage d'un appareil de production de biogaz
-Gérer l'émission des GES par utilisation domestique au profit de l'Homme	II. Recyclage des déchets : biogaz 1. Définition 2. Origines 3. Utilisations	

## Contents

I.	Définitions des biotechnologies.....	3
II.	Biocarburants.....	3
1.	Définition de biocarburants.....	3
2.	Les générations de biocarburants.....	4
a.	Une 1ère génération de biocarburants controversée.....	4
b.	Une nouvelle alternative : cap sur la seconde génération de biocarburants.....	4
c.	Les algues : à la recherche du biocarburant de troisième génération.....	5
3.	Tour d'horizon des biocarburants.....	5
III.	Techniques de production de biocarburants.....	6
1.	Filière des biocarburants « essence » : fermentation alcoolique pour la production du bioéthanol.....	6
2.	La filière « biodiesel » : fermentation alcoolique pour la production du bioéthanol.....	8
3.	Culture des plantes à potentialité biocarburant et adaptées au climat.....	9
a.	Quelques exemples de plantes à potentialité biocarburant adaptées au climat de Madagascar.....	9
b.	Critères de sélection des plantes à biocarburant pour Madagascar :.....	11
IV.	BIOGAZ : Recyclage des déchets.....	11
1.	Qu'est - ce que le biogaz ?.....	11
2.	Méthanisation : Comment fabrique-t-on du biogaz ?.....	11
3.	Le digesteur de méthanisation : comment ça marche ?.....	12
4.	Le Biogaz, une source d'énergie renouvelable.....	14

# Sciences de la Vie et de la Terre Première S

## Première partie : Biologie

### Chapitre III : BIOTECHNOLOGIE

#### I. Définitions des biotechnologies

Les **biotechnologies** rassemblent des méthodes ou techniques utilisant des éléments du vivant (organismes, cellules, éléments subcellulaires ou moléculaires) pour rechercher, produire ou modifier des éléments ou organismes d'origine végétale ou animale (ou non).

Les biotechnologies concernent donc des procédures qui peuvent contribuer au développement de nouveaux produits, de services et des produits déterminés.

Les biotechnologies jouent un rôle important dans le secteur des industries de la santé, mais ont aussi un rôle émergent dans les secteurs de l'environnement, de l'agriculture, de l'agroalimentaire, ainsi que pour la mise au point de processus industriels innovants comme les biocarburants.

#### II. Biocarburants

##### 1. Définition de biocarburants

Les **biocarburants** sont des combustibles solides, liquides ou gazeux provenant de végétaux vivants ou morts récemment, ou de déchets animaux. Le biocarburant le plus courant est l'éthanol. Celui-ci représente environ 90 % du total des biocarburants utilisés. Les biocarburants sont fabriqués à partir de matières organiques, **biomasse**, à la différence des carburants fossiles (dérivés du pétrole par exemple). Le préfixe « bio » faisant référence à la biomasse.

Les biocarburants sont aussi appelés **agrocarburants**, pour souligner le fait qu'il s'agit de carburants issus de la production agricole.

## 2. Les générations de biocarburants

Les biocarburants sont donc des carburants produits grâce à la biomasse et sont la plupart du temps incorporés à des carburants fossiles pour fabriquer du **biodiesel et du bioéthanol**.

### a. Une 1ère génération de biocarburants controversée

Dits aussi biocarburants conventionnés ou agrocarburants.

Au stade industriel, ils sont élaborés à partir de plantes riches en sucre comme la betterave, en amidon comme le maïs ou le blé, ou en huile comme le colza ou le soja.

**A noter :** la légitimité des biocarburants de 1ère génération fait débat. Très coûteux, en compétition avec l'agriculture vivrière, pas si « verts » qu'on le croyait au départ, ils n'apparaissent plus comme la panacée pour remplacer les carburants fossiles. Selon l'Organisation des Nations Unies, ils participent même à la flambée des prix des denrées alimentaires sur le marché mondial.

### b. Une nouvelle alternative : cap sur la seconde génération de biocarburants

Au stade du déploiement industriel et pour certains déjà commercialisés. Ils élaborés sans recourir à des ressources en compétition avec la production alimentaire humaine ou animale. Ils sont issus de déchets, de résidus agricoles ou d'huiles de cuisson usagées.

Parce que cette seconde génération de biocarburant utilise la lignocellulose de la plante elle n'entre pas en concurrence directe avec les cultures vivrières. Tous les déchets verts (branchages ou résidus forestiers) peuvent être utilisés, en évitant les conflits d'usage avec les professionnels du bois.

En pratique, une succession de réactions chimiques permet en effet de reconfigurer l'assemblage des atomes de carbone et d'hydrogène de la matière organique de la biomasse :

- un procédé de gazéification permet la transformation de la biomasse en monoxyde de carbone (CO) et en dihydrogène (H<sub>2</sub>).

- puis, une réaction catalytique de Fischer-Tropsch - procédé transformant le monoxyde de carbone (CO) et le dihydrogène (H<sub>2</sub>) en hydrocarbures (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) - conduit à l'obtention du carburant synthétique.

### c. Les algues : à la recherche du biocarburant de troisième génération

Utiliser l'ingéniosité des micro-organismes marins pour faire rouler nos voitures : l'idée est étonnante, mais prometteuse. Différents instituts du CEA multiplient les axes de recherche afin d'évaluer le potentiel des microalgues à synthétiser huiles, sucres et hydrogène pouvant servir à la 3<sup>ème</sup> génération de biocarburants.

Nombreux sont les avantages de cette biomasse marine. Tout d'abord, la culture des microalgues ne mobilise pas de surfaces agricoles ou forestières comme le font les 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nd</sup>e générations de biocarburants. Ensuite, elle présente une productivité élevée. Enfin, ces microorganismes ne requièrent que de la lumière et du CO<sub>2</sub> pour pousser, voire de l'azote ou d'autres additifs peu coûteux.

La production d'algocarburants peut ainsi absorber une partie des rejets industriels carbonés et être couplée au recyclage des eaux usées.

## 3. Tour d'horizon des biocarburants

Le préfixe « **bio** » ne veut pas dire que les biocarburants sont écologiques mais qu'ils sont issus de matières organiques végétales comme la betterave, le colza, le tournesol, le blé, le maïs ou encore les déchets agro-forestiers. Deux sortes de biocarburants peuvent-être produits à partir de ces sources de biomasse :

- Le bioéthanol, un alcool issu de la fermentation des sucres ou de l'amidon des plantes, que l'on peut incorporer dans les moteurs à essence
- Le biodiesel, destiné aux moteurs diesel et produit à partir d'huiles végétales, d'huiles usagées ou encore de graisses animales.

Dans les deux cas, ces biocarburants sont additionnés aux carburants traditionnels, comme le Sans Plomb 95 et 98, sans que cela ne nécessite d'adaptation du réseau de distribution ou des véhicules. Avec, à la clé, une réduction des émissions de gaz à effet de serre pouvant atteindre 60% par rapport à l'utilisation de carburants fossiles seuls.

Toutefois, ces avantages sont contrebalancés par l'impact écologique des cultures des matières premières agricoles nécessaires à la production des biocarburants.

Un bilan environnemental contrasté donc.

Les terres mobilisées pour faire pousser les végétaux transformés en biocarburants représentent autant de cultures qui ne sont pas destinées au secteur alimentaire. L'augmentation de la demande en biocarburants implique également de trouver de nouveaux espaces, ce qui entraîne une aggravation de la déforestation et un appauvrissement des écosystèmes naturels, avec un impact direct sur le réchauffement climatique

### III. Techniques de production de biocarburants

Les biocarburants sont des carburants de substitution obtenus à partir de la biomasse (matière première d'origine végétale, animale ou issue de déchets). **Ils sont généralement incorporés dans les carburants d'origine fossile.**

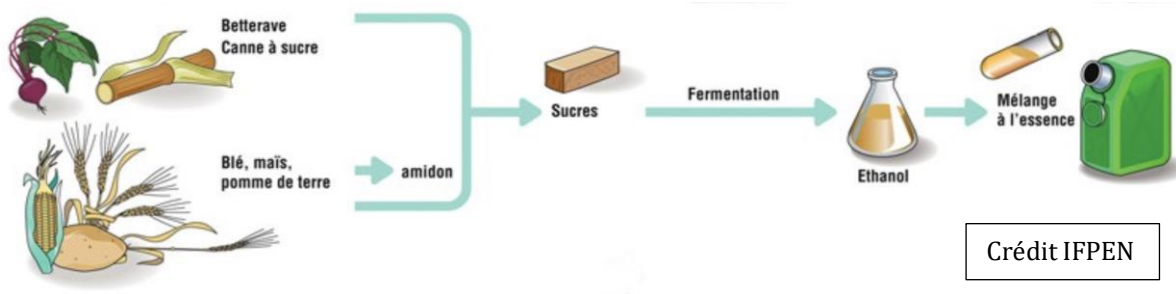
Il existe **deux grandes filières de production des biocarburants** : la filière des biocarburants « essence » et celle des biocarburants « gazole ».

#### 1. Filière des biocarburants « essence » : fermentation alcoolique pour la production du bioéthanol

La betterave à sucre et les céréales (blé, maïs) sont les principales ressources utilisées pour la production **d'éthanol d'origine agricole**, aussi appelé **bioéthanol**. Il peut être également obtenu avec certains résidus vinicoles (marcs de raisin et lies de vin).

**Les sucres** (glucose ou saccharose) contenus dans les plantes sucrières (betterave à sucre, canne à sucre) et les plantes amylacées (céréales comme le blé ou le maïs) sont **transformés en alcool par un procédé de fermentation industrielle. L'alcool est ensuite distillé et déshydraté pour obtenir du bioéthanol.** Les coproduits obtenus lors du processus de production (drêches et pulpes) sont destinés à l'alimentation animale.

**Bioéthanol** : transformation de betterave ou de canne à sucre en sucres fermentescibles ou transformation de blé, maïs ou pomme de terre en amidon puis en sucres fermentescibles. Les sucres sont transformés par fermentation en éthanol. L'éthanol est ensuite incorporé aux carburants.

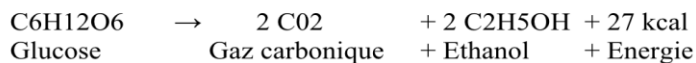


Crédit IFPEN

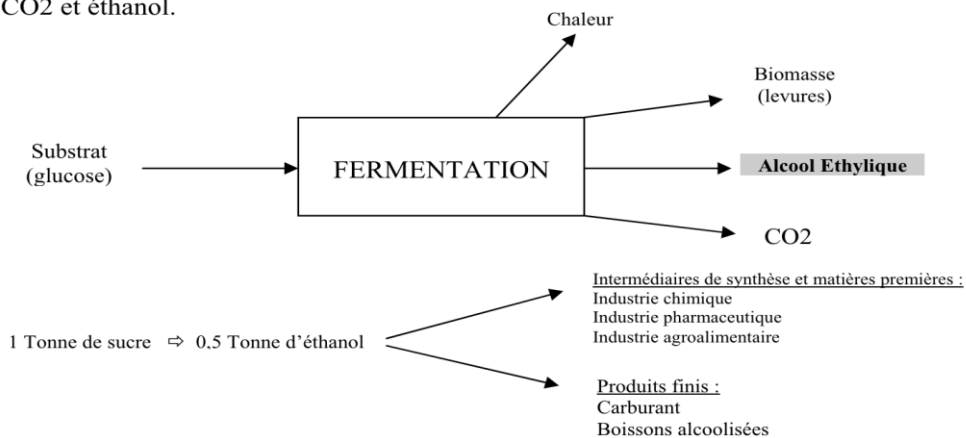
**Production d'éthanol par fermentation alcoolique du saccharose par la levure *Saccharomice cerevisiae* :**

Le saccharose (sucre de la betterave à 12 atomes de carbone) est hydrolysé en glucose (sucre à 6 atomes de carbone) grâce aux enzymes de la levure.

En l'absence d'air (en anaérobie), la levure met en œuvre un métabolisme fermentatif qui conduit à la formation de gaz carbonique, d'éthanol et d'un peu d'énergie :



En fermentation anaérobie 95% des sucres consommés par la levure sont transformés en CO<sub>2</sub> et éthanol.



## 2. La filière « biodiesel » : fermentation alcoolique pour la production du bioéthanol

La filière des biocarburants biodiesel, souvent regroupés sous l'appellation « biogaz », comprend différents produits, fabriqués à partir d'huiles issues de plantes oléagineuses, de graisses animales ou d'huiles usagées.

Les huiles végétales et les graisses animales ne peuvent pas être utilisées telles quelles (même en mélange dans le gazole) pour l'alimentation des moteurs Diesel modernes. C'est pourquoi elles sont « estérifiées », c'est-à-dire transformées en esters d'acide gras, par une réaction chimique de transestérification.

La réaction de transestérification consiste à faire réagir un corps gras (les triglycérides contenus dans les huiles ou les graisses) avec un alcool (méthanol ou éthanol) pour obtenir un ester d'acide gras.

-Si l'alcool utilisé pour la réaction est du méthanol, on obtient un Ester méthylique d'Acide Gras (EMGA). C'est actuellement la voie la plus utilisée.

-Si l'alcool utilisé pour la réaction est de l'éthanol, on obtient un Ester Ethylique d'Acide gras (EEAG). Cette voie est encore peu développée car elle présente des contraintes techniques de production. Il s'agit cependant d'un procédé innovant qui offre des débouchés pour le bioéthanol dans la filière gazole.



**Biodiesel** : de l'huile de colza ou de tournesol est transestérifiée en esters d'huiles végétales (ou biodiesel) qui sont ensuite incorporés au gazole.



Types de biocarburant	Origines	Processus de synthèse	Exemples	Utilisation
<b>Bioéthanol</b>	Filière alcool : Sucres présents dans des cultures comme le maïs, la canne à sucre, le blé ou le sorgho	Fermentation alcoolique $C_6H_{12}O_6$ (glucose) → $2 C_2H_5OH$ (Ethanol) + $2 CO_2$ + Energie (ATP)	Éthanol	- carburant automobile (mélangé à l'essence fossile) - Production d'électricité - Combustible pour la cuisson et le Chauffage
<b>Biodiesel ou Biogaz</b>	Filière huiles et dérivées : Huiles végétales ou graisses animales	Transestérification : Huile + éthanol → glycérol + biodiesel	Colza, palme, soja, tournesol, jatropha	- Diesel automobile (remplace le diesel fossile) - Chauffage - Industrie

### 3. Culture des plantes à potentialité biocarburant et adaptées au climat

#### a. Quelques exemples de plantes à potentialité biocarburant adaptées au climat de Madagascar

- **Jatropha Curcas** : Cette plante est bien adaptée aux climats secs et arides, et elle peut pousser sur des sols pauvres. Elle produit des graines riches en huile qui peuvent être transformées en biodiesel.

#### Jatropha Curcas and Bio-diesel Development in Madagascar



<https://www.calameo.com/read/001394198e974966c983c>

- **Ravinala madagascariensis** : Cet arbre est endémique de Madagascar et il peut atteindre une hauteur de 20 mètres. Il produit des graines riches en huile qui peuvent être transformées en biodiesel.

Ravinala madagascariensis

Source : <https://www.ebay.com/itm/174663980844>



- **Canne à sucre** : La canne à sucre est une culture tropicale qui peut être cultivée dans les zones côtières de Madagascar. Elle produit du sucre qui peut être fermenté pour produire de l'éthanol.

Source :

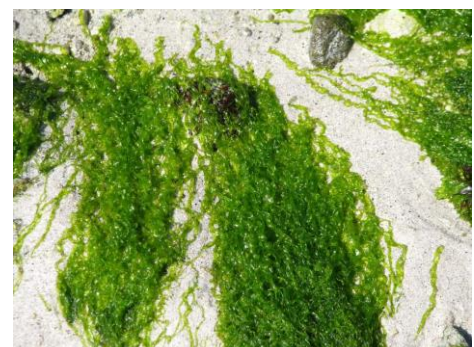
<https://www.ethiquable.coop/fiche-producteur/paaco-commerce-equitable-a-madagascar-sucre-canne-licthi>



- **Algues** : Les algues peuvent être cultivées dans des bassins d'eau salée ou d'eau douce. Elles produisent des huiles ou des biogaz qui peuvent être utilisés comme biocarburants.

Source :

<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/automobile-peut-on-fabriquer-biocarburant-partir-algues-4120/>



## b. Critères de sélection des plantes à biocarburant pour Madagascar :

**-Tolérance aux sols salins** : Les sols côtiers de Madagascar peuvent être salins, il est donc important de choisir des plantes qui tolèrent le sel.

**-Résistance aux cyclones** : Madagascar est régulièrement frappé par des cyclones, il est donc important de choisir des plantes qui résistent aux vents violents.

-

## IV. BIOGAZ : Recyclage des déchets

### 1. Qu'est - ce que le biogaz ?

Le **biogaz** est un gaz issu **le plus souvent** de la **fermentation d'éléments organiques** sous l'action de micro-organismes. Ce processus de fermentation, qui se produit spontanément dans les écosystèmes naturels (marais, rizières, sols, intestins de mammifères, etc.), est appelé **méthanisation**. Il est aujourd'hui maîtrisé par l'homme et permet de valoriser nos déchets tout en remplaçant certaines sources d'énergie fossiles. À la clé : une réduction de **nos émissions de gaz à effet de serre**

S'éclairer, se chauffer ou encore rouler grâce à nos déchets ? C'est possible ! Obtenu par fermentation de matières organiques, le biogaz peut être utilisé pour produire de l'électricité, de la chaleur, et même de l'engrais. Le biogaz épuré, appelé biométhane, aux caractéristiques équivalentes à celles du gaz naturel, peut être utilisé dans les réseaux de gaz naturel ou comme carburant pour les moteurs. Une source d'énergie renouvelable aussi prometteuse que vertueuse... mais dont le coût reste encore relativement élevé, nécessitant un soutien des pouvoirs publics.

### 2. Méthanisation : Comment fabrique-t-on du biogaz ?

**La méthanisation consiste à produire du biogaz à partir de fermentation de matières organiques végétales ou animales ou de boues de stations d'épuration d'eau.**

À l'heure actuelle, on utilise le plus souvent :

-Des déchets agricoles (déjections animales, résidus de récoltes comme les pailles, etc.),

- Des déchets verts (tontes de gazon, etc.),
- Des déchets d'industries agroalimentaires (abattoirs, vignes, laiteries, etc.),
- Des boues de stations d'épuration.

### 3. Le digesteur de méthanisation : comment ça marche ?

**La méthanisation doit avoir lieu dans une installation confinée en l'absence d'oxygène, appelée digesteur** ou méthaniseur ou encore réacteur à biogaz.

Les micro-organismes naturellement présents dans la matière organique dégradent celle-ci et produisent le biogaz, ainsi qu'un résidu appelé digestat.

Le biogaz est un mélange de :

- 50 à 70 % de méthane,
- 20 à 50 % de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>),
- quelques traces d'azote, d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène.

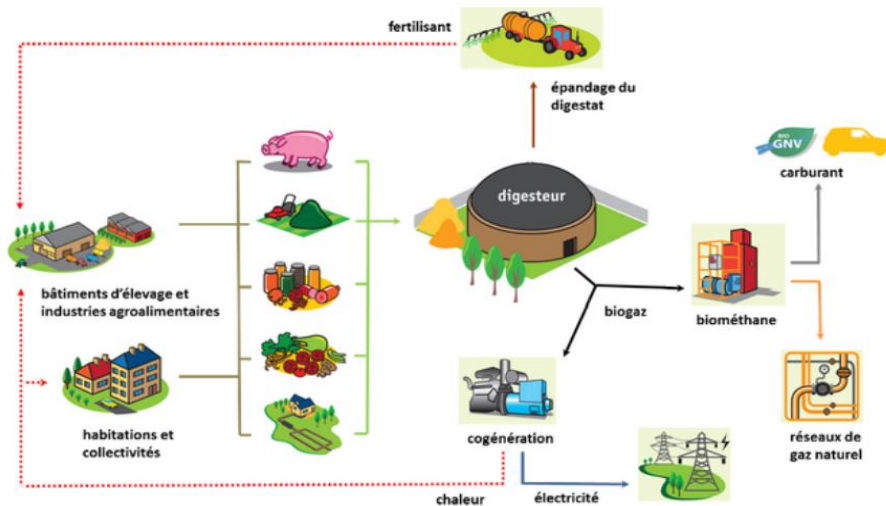
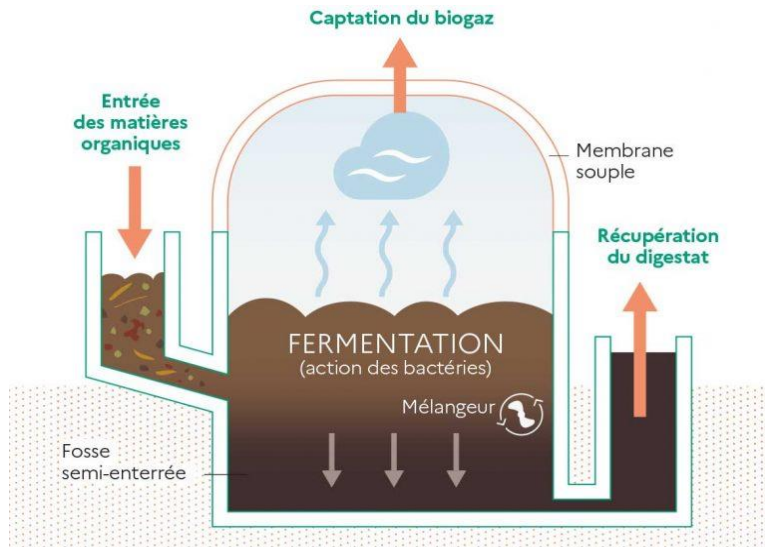
Seul le méthane est exploité, après épuration des autres gaz (selon son niveau de pureté, le CO<sub>2</sub> pourrait également être valorisé).

Une **cuve cylindrique** retient les déchets organiques. Là, privés d'oxygène, ils subissent l'attaque de bactéries. On distingue trois étapes importantes (l'opération en compte davantage, ce ne sont là que les principales) :

- L'**hydrolyse** et l'**acidogénèse** : c'est le moment où toutes les protéines, les lipides et les polysaccharides, éléments organiques complexes, sont réduits à l'état de composés plus simples, comme les acides gras, les peptides ou les acides aminés.
- L'**acétogénèse** : les substrats de la phase précédente subissent une nouvelle transformation et se changent en acide acétique.
- La **méthanogénèse** : l'acide acétique devient méthane et gaz carbonique.

La **matière résiduelle** obtenue à l'issue de ce procédé (appelée de manière très évocatrice « digestat ») est à son tour conservée.

# Fonctionnement d'un digesteur



Sources : [Méthaniseur : tout savoir sur le procédé](#) / [Capteurs d'Avenir](#)

[pollutec.com](http://pollutec.com)

<https://www.choisir.com/energie/articles/172725/le-processus-de-methanisation>

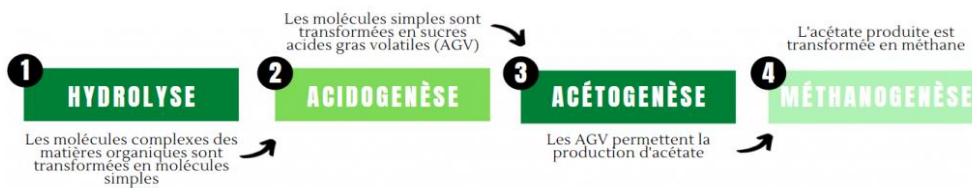


Schéma d'illustration : Choisir.com

#### 4. Le Biogaz, une source d'énergie renouvelable

##### **Le biogaz peut avoir plusieurs usages :**

**-La production de chaleur :** le biogaz est brûlé dans une chaudière pour dégager de la chaleur. Celle-ci doit être utilisée au plus proche de la source de production pour limiter les dissipations / pertes thermiques,

**-La production d'électricité :** le biogaz est brûlé et l'énergie dégagée alimente un générateur qui produit de l'électricité,

**-La cogénération :** il s'agit de la production combinée d'électricité et de chaleur. C'est le mode de valorisation le plus fréquent du biogaz. L'électricité est produite par un générateur, tandis que la chaleur est récupérée dans le système de refroidissement et les gaz d'échappement et valorisée localement,

**-La production de carburant véhicule :** avant d'être utilisé en tant que carburant dans un véhicule, le biogaz doit être épuré de certains éléments (le gaz carbonique, l'eau et le sulfure d'hydrogène, corrosif pour les moteurs). On obtient alors du biométhane quasiment identique au GNV (gaz naturel pour véhicule). Cette valorisation est encore peu développée et concerne surtout les flottes captives (transport urbain, etc.).