

# Qu'est-ce que la biomasse

Serge Degueil

## Introduction



*Exploitation de la biomasse forestière*

*Photo Colloque biomasse énergie Canada*

**La biomasse** est l'ensemble des matières organiques non fossiles, issues du vivant, d'origine végétale ou animale. Elle peut être utilisée sous forme d'énergie (bois énergie, biogaz, biocarburant)<sup>[1]</sup> soit sous forme de compost pour amender les terres agricoles. Cette matière organique provient plus ou moins directement des plantes qui, par l'intermédiaire de la chlorophylle et de la photosynthèse, captent et stockent l'énergie solaire. Par opposition aux combustibles fossiles qui ne peuvent être transformés en énergie utilisable qu'après plusieurs centaines de milliers d'années, la biomasse peut être utilisée immédiatement et en continu si elle est bien gérée.

La biomasse provient, soit de cultures spécifiques (oléagineux), soit de résidus divers agricoles, forestiers, industriels et ménagers. La biomasse ne sera considérée comme une source d'énergie renouvelable que si on la laisse se régénérer dans les mêmes proportions qu'elle est utilisée.

## La biomasse énergie

La biomasse énergie est la biomasse utilisée à des fins énergétiques. On va la retrouver sous forme de chaleur par combustion directe (bois énergie), de biogaz et de biocarburant.

La filière « *Bois énergie* » a été la première source énergétique du monde. Elle constitue encore actuellement près de 14% des ressources énergétiques mondiales

Le biogaz est extrait de la biomasse :

- soit par méthanisation de déchets fermentescibles provenant essentiellement des ordures ménagères, des déchets de l'industrie alimentaire, des déchets verts,
- soit par gazéification qui est le résultat d'une précombustion incomplète du bois en présence d'un mélange de vapeur d'eau et d'oxygène.

Le **biocarburant** est un combustible liquide obtenu à partir de végétaux, qu'ils soient cultivés ou non. Il existe trois générations de carburant :

La première génération correspond essentiellement aux biocarburants actuels avec :

- la filière alcool (bioéthanol et biobutanol additif dans l'essence E85, l'ETBE utilisé en remplacement du plomb
- la filière huile avec les biodiesels obtenus par pressage des graines d'oléagineux, tournesol, colza, soja, palme etc.

La deuxième génération est basée sur la transformation de la lignine et de la cellulose des plantes en sucre grâce aux enzymes produits par une bactérie. Cette filière permet de transformer en alcool de nombreux résidus non encore exploités (bois, paille etc.).

La troisième génération fait l'objet de recherche sur des algues très riches en huile (algarcarburant)

## La biomasse hydrogène

La biomasse est également une source importante d'hydrogène. Actuellement il est obtenu par gazéification du bois à haute température. Il existe également d'autres axes de recherche, dont le principe repose sur la photo fermentation. C'est l'utilisation de bactéries et de micro algues en présence de lumière.

## Bilan

La raréfaction des énergies fossiles fait que l'avenir se tourne vers la valorisation énergétique de la biomasse. Dans l'émission des gaz à effet de serre elle constitue un bilan équilibré puisqu'elle ne restitue en CO<sub>2</sub> que ce qu'elle a absorbé. Si les performances des biocarburants de première génération apportent un bilan mitigé, l'utilisation de la lignine des plantes, la culture de plantes spécifiques n'interférant pas avec la production alimentaire et l'utilisation de bactéries pour la transformation de la matière première sont des filières prometteuses pour l'avenir qui repose toutefois sur une gestion équilibrée de la biomasse

## 1. Origine de la biomasse

Elle provient essentiellement, soit de cultures spécifiques (oléagineux), soit de résidus et de cultures agricoles (paille, maïs, canne à sucre...), de déchets végétaux du secteur forestier (élagage et nettoyage des forêts...), des déchets industriels (scieries, papeteries...) et autres déchets industriels, ménagers et agricoles (ordures ménagères, fumiers ...). La biomasse ne sera considérée comme une source d'énergie renouvelable que si elle se régénère dans les mêmes proportions qu'elle est utilisée.

## 2. La biomasse-énergie

La biomasse énergie est la biomasse utilisée à des fins énergétiques. On va la retrouver sous forme de chaleur par combustion directe (bois énergie), de biogaz et de biocarburant.

### 2.1. Bois énergie

La filière « Bois énergie » a été la première source énergétique du monde. Elle constitue encore actuellement près de 14% des ressources énergétiques mondiales<sup>[2]</sup>. Le bois comme source de chauffage est utilisé chez les particuliers dans les poêles et les chaudières et dans les chaufferies des ensembles industriels ou d'habitats<sup>[3]</sup> collectifs. On le trouve sous forme de bûches traditionnelles, de granulés (recomposition de la sciure et de copeaux) et de bois déchiqueté propre en petits morceaux ou plaquettes. Les inconvénients sont essentiellement liés à l'émission de particules fines. Le tableau ci-dessous compare les émissions polluantes des différents types de combustible (en mg/MJ)

Combustible	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	CO <sub>2</sub>	Poussières
Mazout	140	40	10	50	7800	5
Gaz naturel	0 (*)	40	5	50	5200	0
Bûches	10	42	9	366	0 (*)	100 à 200
Copeaux	10	10	2	1005	0 (*)	15 à 30

SO<sub>2</sub> Dioxyde de soufre

NO<sub>x</sub> Oxyde d'azote

COV Composés organiques volatiles

CO monoxyde de Carbone

CO<sub>2</sub> Dioxyde de carbone

(\*) Remarques : Pour les bûches et les copeaux l'émission de CO<sub>2</sub> est prise à zéro car on considère que le CO<sub>2</sub> rejeté correspond au CO<sub>2</sub> absorbé.

Les gaz naturels contenant du soufre sont en général désoufré à la production

Équivalence combustible : 900 litres de fioul = 10 stères de plaquettes = 4m<sup>3</sup> de granulés.

### 2.2. Biogaz

Le biogaz est extrait de la biomasse de deux façons :

- par méthanisation de déchets fermentescibles,
- par gazéification.

La **méthanisation** c'est la décomposition anaérobie de produits organiques. Ces produits proviennent pour une grande part, des ordures ménagères, des déchets de l'industrie alimentaire, des déchets verts, des boues des stations d'épuration, des graisses, des déjections animales lisier et fumier. Suivant sa provenance, le biogaz est constitué de :

- 60 à 68% de Méthane (CH<sub>4</sub>)
- 26 à 33% de Dioxyde de Carbone (CO<sub>2</sub>)
- 1% Azote (N)

- 5 à 6% d'eau (H<sub>2</sub>O)

À volume égal il produit 2 fois moins de calories que le gaz naturel.

La **gazéification** est basée sur une précombustion incomplète du bois qui conduit à un gaz composé :

- à 40 % d'oxyde de Carbone<sup>[4]</sup> (CO) et d'hydrogène, qui constituent le gaz combustible pouvant être utilisé dans un moteur,
- à 50 % d'azote (N<sub>2</sub>) et de gaz carbonique, mélange incombustible,
- de nitrogènes, de goudrons et de cendres formées lors de la pyrolyse du bois.

La gazéification du bois s'obtient en présence d'un mélange de vapeur d'eau et d'oxygène.

Ce procédé, réalisé dans un gazogène<sup>[5]</sup> à faible température et faible pression, conduit à un gaz pauvre à faible pouvoir calorifique. Le rendement machine ne dépasse pas 15 % (>40% pour un diesel actuel)

Les procédés modernes de gazéification à l'oxygène à haute température et haute pression conduisent, après épuration à un gaz propre et plus énergétique utilisé pour la production d'électricité. Mais cela nécessite un contrôle du processus de gazéification complexe et des investissements onéreux.

### 2.3. Biocarburants

On appelle biocarburant un combustible liquide obtenu à partir de végétaux, qu'ils soient cultivés ou non. On distinguera 3 générations :

- les biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération (agrocarburant) qui correspondent essentiellement aux biocarburants actuels ;
- les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération, génération qui est un axe de recherche pour l'utilisation de la lignine et de la cellulose des végétaux ;
- les biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération (algotcarburant), carburants fabriqués à partir de micro algues.

#### 2.3.1. Les biocarburants de première génération.

Il existe deux filières :

- la filière alcool qui fournit des additifs à l'essence actuelle ;
- la filière huile et dérivés qui conduit au biodiesel.

#### La filière alcool

Cette fabrication se fait à partir de la biomasse riche en sucre et en amidon tels que la canne à sucre, la betterave sucrière, le maïs, le blé. On trouve :

- le **bioéthanol** qui est obtenu par fermentation du sucre réalisée par des levures. Ce carburant peut remplacer totalement l'essence ; il est plus couramment employé comme additif (E85)
- le **biobutanol** obtenu par fermentation du sucre par une bactérie (fermentation [acétonobutylique](#)). Il a une valeur énergétique plus élevée que l'éthanol et s'avère également être moins corrosif. C'est également un additif à l'essence comme l'E85.
- l'**ETBE** (ethyl-tertio-butyl-éther) n'est pas, à proprement dit un carburant. C'est un dérivé de l'éthanol qui est utilisé comme additif à l'essence en remplacement du plomb.
- le **méthanol** dit alcool de bois, pour sa part ne provient pas du sucre. Il est obtenu essentiellement à partir du méthane et d'une succession de réactions chimiques en présence de catalyseurs. Mélangé à l'essence et au protoxyde d'azote c'est un carburant très puissant utilisé dans les moteurs suralimentés et l'aéromodélisme. Cependant c'est un composant très toxique pour l'homme.

Le tableau ci-dessous donne comparativement la densité d'énergie fournie par chaque type de carburant.

Carburants	Essence	Butanol	Éthanol	Méthanol
Densité d'énergie (MJ/l)	32	29,2	19,6	16

MJ/l= Mégajoule/litre

#### La filière huile

Les huiles sont obtenues par pressage des graines d'oléagineux, tournesol, colza, soja, palme etc. En France l'essentiel de la production provient du colza. Le biodiesel est obtenu soit par transestérification par un alcool (méthanol ou éthanol), soit par hydrogénation.

La transestérification est un procédé chimique qui consiste à séparer le glycérol<sup>[6]</sup> et l'ester qui est alors directement utilisable dans les moteurs diesel. Avec le méthanol on obtient de l'Ester Méthylique d'Huile Végétale (E.M.H.V.) avec l'éthanol de l'Ester Ethyle d'huile végétale (EEHV).

L'hydrogénation consiste à remplacer le méthanol par l'hydrogène ce qui a l'avantage de ne pas produire de glycérine.

Ces huiles sont rarement utilisées seules car elles ont une viscosité assez importante. Le biodiesel est lui-même le plus souvent incorporé au gazole dans des proportions de 5 à 30% pour donner ce qu'on appelle du diester. Le biodiesel seul nécessite quelques adaptations du moteur car il est plus corrosif que le gazole et dégrade les joints en caoutchouc.

### 2.3.2. Les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération

Cette filière fait encore l'objet de nombreuses recherches.

Un premier axe est basé sur la transformation de la lignine et de la cellulose des plantes en sucre, donc en éthanol, ce qui permettra la transformation en alcool, de nombreux résidus non encore exploités (bois, paille etc.). Cette transformation est possible grâce aux enzymes produits par une bactérie que l'on trouve dans le tube digestif des termites.

Le 2<sup>ème</sup> axe s'oriente vers la culture de plantes spécifiques :

- *Ulva latulca*, la laitue de mer ou *Ulve*, culture en bordure de mer
- *Jatropha curcas*, qui poussent en zone aride et qui peut produire en moyenne 400 à 500 litres d'huile par hectare et par an,
- *Pongamia pinnata* qui est un arbre à huile, à croissance rapide, très résistant à la sécheresse. Il pousse sur des sols difficiles, voire salés.

### 2.3.3 Les biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération

Cette filière consiste à mettre au point un procédé pour la fabrication de biocarburants à partir des algues dont certaines espèces, comme la *Chlorella vulgaris*, sont très riches en huile. Ce sont les algocarburants. Le rendement à l'hectare de cette production est très supérieur à celui des oléagineux terrestres et la croissance des algues peut être favorisée par l'injection de CO<sub>2</sub> provenant par exemple de la fabrication de l'éthanol.

Des essais de ce carburant comme remplacement du kérosène dans les moteurs d'avion ont été réalisés avec succès

## 3. Biomasse et hydrogène

La biomasse est également une source importante d'hydrogène. Il est obtenu le plus couramment par gazéification du bois à haute température (séchage, broyage, injection dans le four avec de la vapeur d'eau, carbonisation à 800° C) qui permet d'obtenir un gaz de synthèse (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>). Ce gaz, après purification, donne de l'Hydrogène.

Il existe également d'autres axes de recherche, dont le principe repose sur la photo fermentation. C'est l'utilisation de bactéries et de micro algues sous l'action de la lumière.

## 4. Bilan et perspectives

La raréfaction des énergies fossiles, le réchauffement climatique lié au dégagement des gaz à effet de serre essentiellement lié à la consommation de ces énergies fossiles font que l'avenir se tourne vers la valorisation énergétique de la biomasse. Rappelons que le bois fût la première source d'énergie. Mais compte tenu des enjeux, l'importance de la demande risque de peser sur les ressources de biomasse.

Les agrocarburants représentent une source supplémentaire de carburant, favorable à l'indépendance énergétique, un débouché agricole et une activité agro-industrielle nouvelle, particulièrement intéressants en période de crise économique. Mais ces biocarburants de première génération, qui demandent les moyens de la production agricole intensive en termes d'engrais et de produits phytosanitaires sont de plus en plus critiqués car ils risquent de provoquer la hausse des prix alimentaires et sont une menace à la biodiversité

(déforestation, menace sur les zones protégées, ...). Des études montrent également qu'une terre nouvellement mise en culture perd son stock de carbone, qui ne sera renouvelé que petit-à-petit au fur et à mesure de la croissance des plantes et mettra plusieurs dizaines d'années à se reconstituer ce qui peut conduire à un bilan CO2 globalement négatif.

Les biocarburants de seconde génération basés sur la transformation de la lignine et de la cellulose des plantes ou la culture d'espèces spécifiques sont plus prometteurs car :

- ils présentent un meilleur équilibre en termes de gaz à effet de serre ;
- ils utilisent une plus grande quantité de matière première de biomasse à faible coût ;
- et n'interfèrent pas avec la production alimentaire.

Le développement des algocarburants à partir de certaines espèces d'algues très riches en huile et fortes consommatrices de CO2 est un gage d'avenir comme la production d'hydrogène par photofermentation issue de la combinaison de bactéries, micro algues et lumière.

Même si les coûts actuels d'exploitation de la biomasse ne permettent pas encore de concurrencer des sources d'énergie de masse il devient urgent de rendre cohérentes les stratégies de développement des différents maillons de cette filière car son avenir dépend de sa bonne gestion.

### Notes

<sup>[1]</sup> Bien que les gaz lorsqu'ils sont utilisés dans les moteurs soit aussi des carburants, on réservera le nom de biocarburants aux composés liquides

<sup>[2]</sup> On associe au bois la combustion du fumier

<sup>[3]</sup> Techniques surtout développées dans les pays nordiques (Finlande, Canada)

<sup>[4]</sup> Oxyde de Carbone est un gaz dangereux dans un local clos et à l'origine de nombreux accidents en période hivernale dus au mauvais fonctionnement des poêles à bois.

<sup>[5]</sup> Le principe du gazogène a été inventé en 1801 par le Français LEBON. Il s'est surtout développé en période de pénurie.

<sup>[6]</sup> La glycérine en brûlant libère de l'acroléine, molécule hautement cancérigène.