

QU'EST-CE QUE LA BIOMASSE ?

RÉSUMÉ

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) ou sous forme de compost pour amender les terres agricoles. La biomasse provient, soit de cultures spécifiques (oléagineux), soit de résidus divers agricoles, forestiers, industriels et ménagers.



La biomasse n'est 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.

Exploitation de la biomasse forestière

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 biobuthanol 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 recherches sur des algues très riches en huile (algo-carburant).

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 CO₂ 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.

LIMINAIRE

La biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques non fossiles, issues du vivant d'origine végétale ou animale. Elle peut être utilisée soit sous forme d'énergie (bois énergie, biogaz, biocarburant)¹ 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.

1. ORIGINE DE LA BIOMASSE

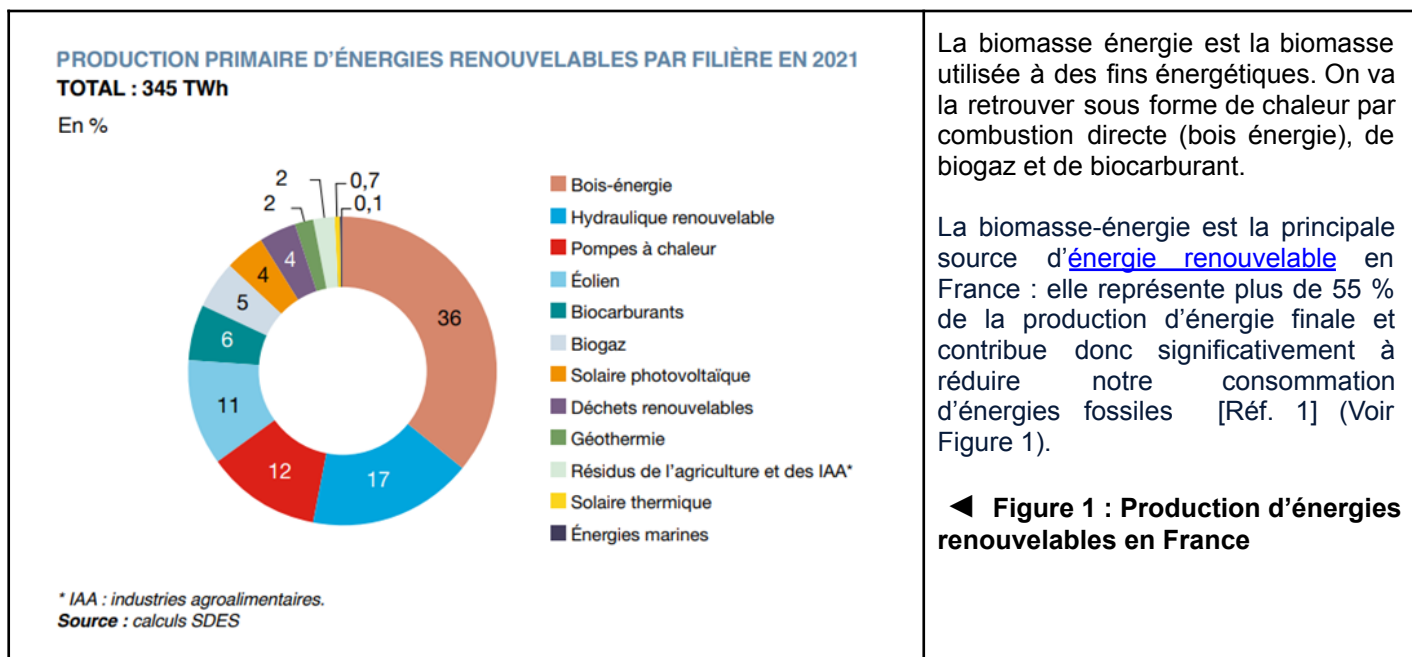
La biomasse correspond à l'ensemble de la matière organique animale, végétale, bactérienne ou fongique. Elle est par définition un ensemble hétérogène : elle se présente sous plusieurs types et peut être solide, liquide ou gazeuse. Selon sa typologie, l'énergie biomasse n'a donc pas la même origine.

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.

L'énergie issue de la biomasse est produite principalement de trois manières : par **combustion de la biomasse**, par **méthanisation** et par **production de biocarburant**.

2. LA BIOMASSE-ÉNERGIE



• La biomasse par combustion du bois-énergie

La voie principale de valorisation de la biomasse-énergie est à ce jour la combustion du bois-énergie dans des centrales biomasse. Appelée "voie sèche", ce processus suit le fonctionnement suivant : les biomasses solides (bois, déchets des industries du bois, déchets végétaux agricoles (paille, canne à sucre, arachide, noix de coco)) sont brûlées et permettront de chauffer de l'eau ou un liquide caloporteur qui sera exploité pour chauffer des bâtiments (réseau de chaleur urbain) ou un site industriel.

¹ Bien que les gaz lorsqu'ils sont utilisés dans les moteurs soient aussi des carburants, on réservera le nom de biocarburants aux composés liquides

Sur les plus grosses unités, la production de vapeur peut, en plus, faire tourner une turbine reliée à un alternateur, à des fins de production d'électricité. À noter que la vapeur d'eau est récupérée et utilisée pour fournir de la chaleur, par exemple sur un réseau de chauffage urbain. On optimise ainsi l'efficacité énergétique de la biomasse. Aujourd'hui on compte d'ailleurs pas plus d'une centaine d'usines à travers l'Hexagone.

● La biomasse énergie par méthanisation

La voie humide, dont la méthanisation est la principale filière de production, transforme quant à elle la partie la plus facilement biodégradable de la biomasse en biogaz par fermentation. Il s'agit d'un processus biologique naturel, au cours duquel la matière organique va être dégradée par des micro-organismes (bactéries) lors de plusieurs étapes. Cette méthode s'applique aux déchets ménagers, déchets et sous-produits industriels fermentescibles, déjections animales (fumiers, lisier), boues de stations d'épuration, résidus de cultures ou cultures intermédiaires.

Le biogaz ainsi créé est ensuite utilisé pour générer de la chaleur, de l'électricité ou du carburant. Lorsqu'il n'est pas valorisé directement sur place, il peut être épuré pour être transformé en biométhane, un gaz équivalent au gaz naturel une fois odorisé. Ainsi, il peut remplacer le gaz naturel dans toutes ses applications. Ces dernières années, le biogaz s'est fortement développé en s'appuyant sur la filière agricole, laquelle a développé des cultures intermédiaires pour augmenter la production de biomasse destinées à la méthanisation, complétant ainsi les apports de biomasse sous forme de déchets et sous-produits.

Comme toute la biomasse n'est pas transformée en biogaz et qu'une part reste sous forme de boues maturées avec un pouvoir fertilisant (appelés « digestats »), la méthanisation est au croisement des filières énergie et agricole.

● La biomasse énergie par méthanisation

La production de biocarburants est une troisième voie de valorisation de l'énergie issue de la biomasse. À partir des sucres de la betterave ou du blé, il est par exemple possible de produire du bio-éthanol. Ce dernier entre dans la composition de l'essence SP95. Les huiles végétales comme l'huile de colza entrent, quant à elles, dans le processus de production du biodiesel.

Moins connu en France mais plus fortement développé chez certains de nos voisins européens, le Gaz Naturel Véhicule (GNV) est un carburant rejetant moins de particules fines : si ce dernier est issu de biogaz et non de gaz fossile, il peut être également considéré comme un biocarburant. Ces dernières années, il s'est particulièrement développé au sein des flottes de bus et utilitaires/camions.

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 mondiales². 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'habitats³ 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 du bois avec les combustibles les plus courants, mazout et gaz naturel. Les valeurs sont données en mg/MJ (1 Joule = 0,240 calorie).

Combustible	SO ₂	NO _x	COV	CO	CO ₂	Poussières
Mazout	140	40	10	50	7 800	5
Gaz naturel	0 (*)	40	5	50	5 200	0
Bûches	10	42	9	366	0 (**)	100 à 200
Copeaux	10	10	2	100	0 (*)	15 à 30

SO₂ Dioxyde de soufre, NO_x Oxyde d'azote, COV Composés organiques volatils,
CO Monoxyde de carbone, CO₂ Dioxyde de carbone

Remarques :

(*) Les gaz naturels contenant du soufre sont en général désoufrés à la production

(**) Pour les bûches et les copeaux l'émission de CO₂ est prise à zéro car on considère que le CO₂ rejeté correspond au CO₂ absorbé.

² On associe au bois la combustion du fumier

³ Techniques surtout développées dans les pays nordiques (Finlande, Canada)

2.2. BIOGAZ

Le biogaz est extrait de la biomasse de deux façons :

- par méthanisation de déchets fermentescibles
- par gazéification

La **méthanisation** est la décomposition anaérobie (réaction en l'absence d'oxygène) 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_4)
26 à 33 % de Dioxyde de Carbone (CO_2)
1 % Azote (N)
5 à 6 % d'eau (H_2O)

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 Carbone⁴ (CO) et d'hydrogène, qui constituent le gaz combustible pouvant être utilisé dans un moteur
- à 50 % d'azote (N_2) et de gaz carbonique, mélange incombustible
- de nitrogènes, de goudrons et de cendres formées lors de la pyrolyse (décomposition chimique par chauffage) 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 Gazogène⁵ 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 distingue 3 générations :

- les biocarburants de 1^{ère} génération (agro-carburant) qui correspondent essentiellement aux biocarburants actuels
- les biocarburants de 2^{ème} génération, génération qui est un axe de recherche pour l'utilisation de la lignine et de la cellulose des végétaux
- les biocarburants de 3^{ème} génération (algo-carburant), 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

⁴ 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.

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

- 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.

Carburant	Essence	Fioul	Butanol	Ethanol	Méthanol
Densité d'énergie (MJ/L)	32	36	29,2	19,6	16

1 MJ = 238.84kcal

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 glycérol⁶ et l'ester qui est alors directement utilisable dans les moteurs diesel. Avec le méthanol on obtient de l'Ester Méthylique d'Huile Végétale (EMHV) 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^{ème} 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 deuxième 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 pousse 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^{ème} 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 CO₂ 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. LA BIOMASSE-ÉNERGIE

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, H₂, CH₄). Ce gaz, après purification, donne de l'Hydrogène.

⁶ La glycérine en brûlant libère de l'acroléine, molécule hautement cancérigène

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.

L'énergie issue de la biomasse est produite principalement de trois manières : par **combustion de la biomasse**, par **méthanisation** et par **production de biocarburant**.

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 agro-carburants 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 algo-carburants 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 photo-fermentation 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.

Atouts et Limites de l'énergie Biomasse

L'énergie biomasse permet de réduire la dépendance aux énergies fossiles, conduisant à un mix énergétique bénéfique pour la France. Elle favorise le développement d'une société plus durable. ; sa caractéristique bas-carbone est soulignée dans la mesure où elle émet peu de polluants et n'a qu'une incidence limitée sur l'effet de serre. Les émissions de gaz à effet de serre lui sont en effet compensées par l'absorption des végétaux au cours de leur croissance, à condition que l'énergie biomasse fasse partie intégrante d'un plan d'économie circulaire ?

La valorisation des déchets par les centrales biomasse diminue le volume de déchets envoyés en décharge tout en contribuant à la production d'énergie renouvelable. Cette méthode encourage une économie circulaire, tout transformant les déchets agricoles, forestiers et municipaux en ressources énergétiques de valeur.

Cependant elle comporta quelques points d'attention. Ainsi l'exploitation des ressources naturelles, principalement le bois, nécessite une gestion prudente pour éviter des déforestations irréversibles. Les émissions de combustion de la biomasse, bien que plus faibles que celles des énergies fossiles, peuvent néanmoins produire des particules fines responsables de problèmes respiratoires.

L'utilisation d'engrais et pesticides dans la production de biomasse, en particulier dans les filières bois et agricoles, peut causer des nuisances environnementales, notamment la pollution des sols et à terme, contribuer à l'effet de serre. Par ailleurs, les coûts de production élevés, dus aux procédés de combustion, ont une incidence sur le prix de l'énergie biomasse.

Enfin, parce qu'elle représente la première alternative aux hydrocarbures, la biomasse est convoitée pour de nombreuses applications. : énergie, carburants, matériaux, chimie.... Cet intérêt soulève un risque de conflits d'usages des sols cultivables, entre les applications alimentaires et non alimentaires, pouvant engendrer une surexploitation et un appauvrissement des sols. Notons toutefois que l'utilisation de cultures principales à des fins de méthanisation est limitée à un maximum de 15 % de tonnages brut total des intrants. En conclusion, bien qu'encore limitée, l'utilisation de la biomasse exige une réelle stratégie, au regard des potentiels risques de concurrence entre les filières.

5. RÉFÉRENCES

- [Réf. 1] Production d'énergies renouvelables par filière en France <https://ecologie.gouv.fr>
- [Réf. 2] Wikipedia
- [Réf. 3] Energie biomasse ; définition, fonctionnement, avantages Bpifrance <https://bigmedia.bpifrance.fr>
- [Réf. 4] Définition et types de biomasse. Connaissance des énergies <http://www.connaissancesdesenergies.org>
- [Réf. 5] Qu'est-ce que la biomasse ? Comprendre l'énergie EDF FR <https://www.edf.fr>