

**Roger Cadiergues**

**MémoCad nW01.a**

# **L'UTILISATION ÉNERGÉTIQUE DE LA BIOMASSE**

## **SOMMAIRE**

- nW01.1.** La biomasse énergie : survol
- nW01.2.** Les mauvais usages de la biomasse
- nW01.3.** La biomasse primaire
- nW01.4.** Bois, plaquettes et granulés
- nW01.5.** La biomasse secondaire



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

## nW01.1. LA BIOMASSE ÉNERGIE : SURVOL

**La biomasse, comme le solaire, sont les énergies renouvelables essentielles dans nos applications : le livret qui suit concerne uniquement la biomasse-énergie.**

**Attention : il ne s'agit que d'une présentation générale, regroupant les données communes que l'on retrouvera dans plusieurs applications (avec leurs livrets).**

### L'UTILISATION DE LA BIOMASSE-ÉNERGIE : UNE AMBITION RÉCURRENTÉ

Ce qu'on appelle aujourd'hui la biomasse couvre en fait de multiples produits organiques, allant du plus simple (le plus évident : le bois) au plus indirect et au plus complexe chimiquement, les produits issus de la méthanisation par exemple. Le présent livret tente de faire la synthèse de cette multiplicité afin de faciliter la présentation des multiples solutions que les démarches **MémoCad** auront à prévoir dans ce domaine.

### S'AGIT T'IL D'UNE ÉNERGIE TOTALEMENT RENOUVELABLE

La biomasse énergie est quasi-systématiquement considérée comme «**énergie renouvelable**», alors que ce n'est pas toujours très évident. L'utilisation du bois-énergie suppose qu'on assure, par ailleurs, une reforestation correcte, assez loin d'être neutre énergétiquement. D'une manière générale les présentations françaises courantes négligent les «**énergies grises**», celles correspondant aux activités annexes : préparation et transport des combustibles, remises en état diverses (reforestation comprise), etc. L'exemple le plus net est celui des *déchets ménagers*, dont la collecte et le transport représentent la moitié (en ordre de grandeur) des valeurs sur le plan des bilans économiques et énergétiques.

### LA BIOMASSE ÉNERGIE ET L'EFFET DE SERRE

L'utilisation de la biomasse met en évidence l'insuffisance courante - hélas trop fréquente - qui consiste à considérer que le seul gaz à effet de serre est le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). En oubliant le méthane (CH<sub>4</sub>), qui est justement dégagé par de nombreux processus organiques. Un oubli d'autant plus regrettable que le méthane a, schématiquement, quatre fois plus d'action que le CO<sub>2</sub>. Les réglementations courantes ne tiennent pourtant compte que du CO<sub>2</sub>. alors que la récupération (et la combustion) du méthane, dégagé par exemple par les décharges, conduirait à des bilans économiques et énergétiques très positifs en matière d'effet de serre.

### L'AVANTAGE DE LA BIOMASSE : LE STOCKAGE

Les autres énergies renouvelables significatives souffrent d'un même défaut, elles ne sont pas stockables :

- . l'énergie solaire, nulle à certaines heures ou insuffisante pour des raisons météorologiques,
- . l'énergie éolienne pour des raisons météorologiques (vent trop faible ou trop fort).

Alors que l'énergie issue de la biomasse est, au contraire, avec les biocombustibles, ajustable aux besoins instantanés de chaque instant.

<b>BIOMASSE ENERGIE : PERSPECTIVES (1985 : AFME) :</b>		
<b>Source</b>	<b>Gisement</b> [Mt matières sèches]	<b>Energie récupérable</b> [Mtep/an]
<b>Agriculture :</b>		
Céréales (paille)	21	2,5
Maïs (raffles, tiges)	6,8	1,8
Autres déchets de culture	5,8	1,8
Vigne (sarments)	2,6	1,0
Elevage (fumiers, lisiers, fientes)	15,8	3,2
<b>Forêt :</b>		
Déchets d'abattage	0,9	0,4
Industrie du bois	9,0	3,2
Ecorces	0,6	0,2
Potentiel non exploité	15,0	6,0
<b>Autres :</b>		
Industries agro-alimentaires	0,9	0,3
Ordures ménagères	5,5	2,2
Boues de stations d'épuration	1,3	0,3

## nW01.2. LA BIOMASSE FACE AUX TRADITIONS

### LA BIOMASSE ÉNERGIE FACE AU POIDS DES TRADITIONS

La tradition, et les «souvenirs d'antan» avec ses foyers ouverts (les fameuses «cheminées»), peut avoir des effets psychologiques et commerciaux nocifs. Il serait souhaitable qu'on abandonne un peu les nostalgies au bénéfice de considérations plus ingrates, mais essentielles si l'on veut vraiment faire du **développement durable** optimisé. La biomasse peut y jouer un rôle fondamental, mais pas forcément celui qu'en général on imagine.

### LA BIOMASSE ÉNERGIE INDIVIDUELLE FACE À SES DIFFICULTÉS

La tradition, et bien des publications laissent croire que les systèmes individuels, qu'il s'agisse de foyers ouverts ou de poêles, constituent des réponses simples et économiques aux exigences actuelles. En fait le développement mal contrôlé des systèmes individuels tels que poêles ou analogues, utilisant le bois sous différentes formes, et ce sans connaissance sérieuse (plus ou moins traditionnelle mais oubliée) des problèmes que posent deux exigences fondamentales :

- . d'abord une alimentation correcte et suffisante en **air neuf**, laquelle est très souvent plus ou moins incompatible avec la réduction drastique actuellement prévue pour la perméabilité à l'air des locaux habités ;
- . ensuite l'oubli fréquent (il n'y a plus guère de «fumistes») que ces systèmes exigent des conduits particuliers et spécifiques d'évacuation des gaz brûlés, des **conduits de fumée** qui ne peuvent pas être confondus avec ceux désormais habituels pour le chauffage central individuel, au gaz en particulier.

### LE PROBLÈME FONDAMENTAL DE SÉCURITÉ

L'insuffisance d'air neuf, sinon même l'absence de conduits de fumée adéquats, font qu'il y a émission de CO<sub>2</sub>, et surtout de monoxyde carbone (CO) très toxique. Sans compter les impuretés solides diverses. Ce qui a - surtout dans les habitats modestes très peu ventilés - deux conséquences très néfastes ou désagréables : pollution dangereuse de l'air, salissure des parois.

Le risque le plus important est, bien sûr, le risque de dégagement de CO dans les ambiances habitées. Ce risque est tel que, dans certains pays ou avec certains matériels, il y a présence obligatoire d'un détecteur d'oxyde de carbone (CO) suspendant la combustion en cas de dépassement des teneurs limites (assez vite atteintes).

### LA BIOMASSE ÉNERGIE CENTRALISÉE

L'un des obstacles les plus fréquents au développement de la biomasse énergie tient à la négligence de solutions qui sont aujourd'hui plus que défendables - surtout en production d'électricité : le recours à des **installations centralisées utilisant la biomasse**, en particulier les déchets. C'est là, sans aucun doute, sous réserve de bien organiser le bilan CO<sub>2</sub>, et de maîtriser les effets du méthane (CH<sub>4</sub>), que devrait se situer l'avenir sans doute le plus important de la biomasse énergie.

De nombreux efforts ont été consentis afin de développer le marché de la biomasse énergie, et afin de promouvoir la qualité des produits amont. Nous noterons surtout ici :

- . les actions «**bois énergie**» de l'ADEME,
- . les spécifications européennes concernant les **granulés**.

## nW01.3. LA BIOMASSE PRIMAIRE

### LA BIOMASSE

La **biomasse**, constituée des matières «vivantes», peut être classée en deux catégories (classement propre à ce livret) : la *biomasse primaire* et la *biomasse secondaire*.

**1.** Nous appelons ici **biomasse primaire** celle qui comprend le bois et les différents végétaux utilisés comme combustibles, quel que soit leur état physique (solide, etc.). Cette biomasse est traitée dans la présente fiche, le bois (sous forme de bûches ou de dérivés tels que les plaquettes) étant présenté plus en détail à la fiche **nB31.4**.

**2.** Nous appelons ici **biomasse secondaire** celle qui est constituée de *déchets* issus de matières organiques, végétales ou non.

Quelle que soit la catégorie la biomasse est classée «**énergie renouvelable**». La raison en est la suivante.

### LE CYCLE DU CARBONE

Avant toute combustion la biomasse absorbe le CO<sub>2</sub> de l'air au travers diverses réactions chimiques, dites de **photosynthèse**. C'est ainsi que la réaction type en **photosynthèse** des végétaux peut se traduire par la formule suivante, donnée ici à titre d'illustration :



Lors de la combustion il y a, à l'inverse, dégagement de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : c'est ce cycle (quasi-neutre) du CO<sub>2</sub> qui fait que la biomasse est classée «énergie renouvelable». En voici un exemple.

La quantité de carbone contenue dans une forêt étant directement proportionnelle au volume de bois présent, bien que variant certes selon les essences et les peuplements, on a pu calculer que la photosynthèse se produisant *au sein de la forêt française* piégeait (chiffes 1006) 66 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, soit entre 15 et 20 % des émissions annuelles françaises de CO<sub>2</sub>. Le phénomène, sur le plan du développement durable, est donc assez fondamental.

### BIOCOMBUSTIBLES ET BIOCARBURANTS

La biomasse peut être utilisée énergétiquement sous deux formes :

- . soit sous forme de **combustible**, dans les *chaudières* ou équipements de même type,
- . soit sous forme de **carburant**, dans les *moteurs*.

Dans le premier cas on parle de **biocombustible**, dans le second cas de **biocarburant**.

Les **biocombustibles** se présentent sous des formes très diverses, et peuvent être :

- . soit du bois (sous différentes formes),
- . soit des végétaux spécifiques, ou des résidus solides de la biomasse,
- . soit des déchets solides ou liquides,
- . soit des gaz résultant de traitements divers.

Les **biocarburants**, assez nombreux; sont victimes de discussions multiples sur leur rôle dans le cycle du carbone. Ils ne nous concernent qu'assez marginalement, et ne seront pas examinés ici.

### LES COMBUSTIBLES DÉRIVÉS

*Il existe un certain nombre de gaz issus de la transformation de matières organiques qui peuvent, plus ou moins, revendiquer le titre d'énergies renouvelables, et qui appartiennent aussi bien à la biomasse primaire qu'à la secondaire (déchets). Ce sont en particulier, parmi ceux qui peuvent nous concerner, les combustibles suivants :*

- . le méthane (le biogaz),
- . l'hydrogène (le bio-hydrogène),
- . le gaz naturel (le bio-SNG).

Le **biogaz** (pour l'essentiel du méthane) est traité à la fiche **nW01.5**. Les autres gaz (bio-hydrogène et bio-SNG) sont des produits annexes qui ne sont pas présentés dans cette édition.

### L'IMPORTANCE DU BOIS

Sur le plan pratique, c'est le bois - sous des différentes formes - qui constitue l'apport actuel le plus important de la biomasse énergie : les familles essentielles de ce combustible sont traitées à la fiche suivante (**nB31.4**).

## nW01.4. BOIS, PLAQUETTES ET GRANULÉS

### LES DIFFÉRENTES FORMES DU BOIS COMBUSTIBLE

Les différentes formes du bois combustible, ici prises en compte, sont les suivantes :

- 1a. le bois de feu (bûches),
- 1b. les plaquettes forestières,
- 1c. les granulés, ou pellets,
- 1d. les copeaux et les sciures,
- 1e. les pailles, citées ici pour mémoire.

### LE BOIS DE FEU D'ORIGINE FORESTIÈRE

On distingue traditionnellement :

- . les **bois durs** (chêne, châtaignier, charme, hêtre, ormeau), donnant des flammes courtes et un charbon incandescent durable,
- . et les **bois tendres** (peuplier, pin, sapin, saule, tilleul, tremble), donnant des flammes longues et un charbon brûlant rapidement.

Le bois de feu d'origine forestière le plus fréquent se présente sous forme de **bûches**, résidus des coupes mettant à part les produits marchand de la menuiserie. Ces bûches, de différentes longueurs (en principe 25, 33, 50 ou 100 [cm]), sont utilisées dans les foyers ouverts, les poêles et les chaudières. Pour que la combustion soit correcte les bûches doivent être suffisamment sèches, et ne pas contenir plus de 25 % d'eau environ. Ce qui peut être atteint après un stockage extérieur de l'ordre de 2 ans, 6 mois suffisant si ce stockage est à l'abri des intempéries.

Le pouvoir calorifique inférieur du bois varie entre 5 et 7,5 [MJ/kg] = 1,4 à 2,1 [kWh/kg]. La facturation courante étant au stère, un stère [m<sup>3</sup>] pesant environ 500 [kg/m<sup>3</sup>], le même pouvoir calorifique inférieur varie de 2,5 à 5,8 [MJ/m<sup>3</sup>], ou de 0,7 à 1,1 [kWh/m<sup>3</sup>].

### LES PLAQUETTES FORESTIÈRES

Issues de l'exploitation des forêts les **plaquettes** sont fabriquées sur place par déchiquetage. Ces plaquettes, faciles à manipuler, de petite taille ( 4/5/0,5 cm en taille type, 10 cm maximum) sont surtout utilisées sur place (lorsqu'il s'agit d'applications énergétiques). Mais elles sont également de plus en plus souvent offertes à des usages extérieurs à l'industrie forestière (il est prévu une livraison de 400 000 [t/an] de plaquette dite «forestière» vers 1010-2012). Dans ce dernier cas les caractéristiques types sont les suivantes (vente à la tonne ou au mètre cube apparent) :

- . humidité un peu forte (raisons diverses) de 20 à 30 % ;
- . masse volumique apparente, variable selon l'humidité, de 250 à 350 [kg/m<sup>3</sup>] ;
- . pouvoir calorifique inférieur, fort variable selon l'humidité, de l'ordre de de 2,5 à 3 [kWh/kg], soit de l'ordre de 10 [MJ/kg].

Adaptées aux **chaudières automatiques** les plaquettes sont aujourd'hui souvent remplacées (hors industrie forestière) par les **granulés**, mieux contrôlés en qualité - ce qui est très important pour la maintenance des générateurs. Les granulés (à fourniture identique de chaleur) coûtent néanmoins 2,5 à 3 fois ce que coûtent les plaquettes.

### LES GRANULÉS (OU PELLETS)

Les **granulés**, technique relativement récente venant d'Autriche, constituent l'un des modes d'utilisation des produits forestiers ayant le plus de succès actuellement. A base de sciure de bois compressée à chaud (à 90 °C, avec fonte de la lignine qui agrège l'ensemble), normalement très peu humides. Ils sont très facilement manipulables et utilisables en chaudières automatiques. Ils se présentent sous la forme de petits cylindres aux dimensions suivantes, fonction du fournisseur :

- . diamètres de 5 à 10 [mm],
- . longueurs de 10 à 30 [mm].

Les caractéristiques types sont :

- . une humidité de 7 à 12 %, parfois un peu moins,
- . une teneur en cendres inférieure à 0,7 %, parfois même inférieure à 0,5 % (sur matières sèches),
- . une masse volumique apparente de 650 à 700 [kg/m<sup>3</sup>],
- . un pouvoir calorifique inférieur de 4,7 à 5,0 [kWh/kg] (5,1 pour les granulés bien secs = 19 [MJ/kg]).

### LES COPEAUX ET LE SCIURES

Ces sous-produits du travail du bois ne sont plus normalement utilisés qu'aux travers de dérivés tels que les granulés. Ils sont donc, essentiellement, cités ici pour mémoire.

## nW01.5. LA BIOMASSE SECONDAIRE

### PANORAMA DES DÉCHETS

Il existe actuellement, en France, une analyse statistique annuelle des différents déchets :

. *Les déchets en chiffres*, ADEME, *données et références*, édition 2007, publication de l'ADEME à laquelle vous pouvez vous référer pour plus de détails.

De façon très générale (sans référence énergétique) on peut classer (exemple) les déchets de la manière suivante :

- . les **ordures ménagères** courantes,
- . les **déchets verts**,
- . les **boues des stations d'épuration** (STEP),
- . ainsi que des déchets de *multiples origines*, un peu moins importants : déchets des emballages, déchets de la voirie et des marchés, déchets des activités professionnelles telles que la construction ou les industries du bois).

### LE BIOGAZ

La dégradation par fermentation (en l'absence d'oxygène) de la biomasse et de ses déchets conduit à la production de **biogaz**, surtout constitué de **méthane** (CH<sub>4</sub>). De sorte qu'ici l'essentiel des procédés peut être classé dans le cadre de la **méthanisation**, procédé schématisé ci-contre, purement chimique.

L'ensemble des processus équivaut, pour l'essentiel, à une fabrication de méthane, aboutissant au mélange suivant dit «biogaz» :

- . 55 à 65 % de méthane (CH<sub>4</sub>),
- . 35 à 45 % d'acide carbonique (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>),
- les impuretés (H<sub>2</sub>S pour l'essentiel) représentant moins de 1 %.

Le méthane, s'il est rejeté à l'atmosphère, étant un gaz à très fort effet de serre, son utilisation comme combustible est un support très important du développement durable (voir le livret **L01, Le développement durable**). L'utilisation des déchets par méthanisation est donc un aspect essentiel, même si l'on ne classe pas les déchets dans les énergies renouvelables. La technique s'applique aussi bien aux déchets agricoles qu'aux déchets ménagers.

### LES RÉACTEURS DE MÉTHANISATION

Ces réacteurs - dits souvent «**digesteurs**» - sont des cuves (en béton ou en acier) où séjourne la matière en fermentation pendant une vingtaine de jours. Cette matière y est régulièrement brassée de façon à limiter les effets de décantation et la formation éventuelle d'une croûte en surface. Elle est, de plus et en cas de nécessité, régulièrement chauffée.

La production de biogaz dépend très fortement de l'origine des déchets, qui peuvent correspondre aux trois grandes catégories suivantes :

- . les déchets ménagers,
- . les déchets agricoles,
- . les déchets industriels (agro-alimentaire).

