

Les différents combustibles

Il existe de nombreux combustibles pour les chaudières biomasse. Selon l'ITEBE, les disponibilités françaises pour ce nouvel usage sont les suivantes :

Produits de la forêt	> 15 Mtep
Sous-produits des industries du bois	< 0.5 Mtep
Bois de rebut	< 0.5 Mtep
Cultures énergétiques	A planter, compétition avec alimentation
Pailles et autres biomasses	> 5 < Mtep

Remarque : l'étude Solagro/Ademe a évalué la ressource en produits de la forêt à 7.5 Mtep. En effet, elle n'a pris en compte que les sous-produits de la forêt, c'est-à-dire les déchets des 60 % de bois coupé. L'ITEBE comptabilise en plus le bois qui peut être coupé pour l'énergie, tout en tenant compte des coûts de mobilisation de ce bois. Mais ces coûts varient avec le prix du baril de pétrole, ce qui fait qu'aujourd'hui, ce n'est pas rentable d'aller chercher ces 15 Mtep

❖ Principales caractéristiques des combustibles bois

- PCI, pouvoir calorifique**, en kWh/t : il dépend de l'humidité. Conditionne la technologie du foyer.
- Taux de cendres** : compris entre 0.5 et 7 %, il conditionne la technologie du foyer (à grille ou fixe).
- Granulométrie** : conditionne l'alimentation du foyer.
- Taux de fines** (particules < 3,15 mm) : il peut rendre nécessaire une filtration des poussières de combustion.

❖ Classification des combustibles bois

Le Comité Européen de Normalisation (CEN)

prépare depuis plusieurs années une norme sur les biocombustibles solides : EN 14 961. Elle devrait sortir fin 2010. Elle consiste en l'élaboration des spécifications techniques des biocombustibles et des méthodes de mesures.

❖ La plaquette forestière

Elle est obtenue par coupage des branches à l'aide d'une déchiqueteuse à couteaux. Elle convient à toutes les tailles de chaudières à bois déchiquetés.

Sources possibles :

houppiers de grumes de sciage, éclaircies résineuses et feuillus, coupes de taillis sous futaie ou simple, coupes à vocation énergétique, bois déclassés ou mévendus, bois malades, bois de tempêtes, bois incendiés, bois flottants, TCR ou TTCR, récolte de souches.

Caractéristiques de la plaquette forestière:

Contenu énergétique	2 200 à 3 600 kWh/t
Humidité	45 à 25 %
Granulométrie	Bonne
Masse volumique selon humidité et essence	0.4 à 0.25 t/m ³
Séchage	2 à 4 mois sous abri
Indication de prix	45 à 90 € / t ou 1.6 à 2.5 c€/ kWh
Utilisation	Toutes chaudières

Il existe 2 types de logistiques pour la production de plaquettes forestières :

1) La production en flux tendu :

- 1- abattage (hors sève, humidité : 45 %)
- 2- débardage des rémanents en bord de route
- 3- stockage et séchage en perches
- 4- déchiquetage en bord de route, la semaine de la livraison
- 5- transport et livraison à la chaufferie

Avantage : prix plus bas : environ 50 € / t rendue

TTC, car pas de séchage.

Inconvénient : moins bon rendement en chaudière (- 10 %). On perd en pouvoir calorifique.

Solution adaptée aux chaufferies de plus d'1 Mega Watt (coût compétitif par rapport au gaz, et chaudière adaptée pour un fort taux d'humidité et équipée pour pré-sécher le bois)

2) La production avec séchage :

- 1- abattage
- 2- débardage
- 3- déchiquetage en bord de route ou sur plate-forme
- 4- Stockage et séchage en tas par fermentation (2 à 4 mois sous couvert selon saison et région)
- 5- livraison à la chaufferie

Avantage : meilleur PCI (environ 25% d'humidité). Diminution du poids.

Inconvénient : le coût de la tonne augmente : 100-120 €/t. Cependant, le coût de l'énergie (en €/kWh) ne double pas car on gagne en PCI.

Solution adaptée pour la majorité des chaufferies (< 1Mwatt) : même si le prix du combustible à la tonne double, le prix de l'énergie n'augmente pas autant et reste compétitif.

❖ La plaquette d'industrie

Ces plaquettes sont obtenues au cours des transformations du bois et sont présentes sous forme de chutes humides ou sèches, longues ou courtes, selon qu'elles proviennent de scieries ou de menuiseries.

Caractéristiques de la plaquette d'industrie :

Contenu énergétique	2 200 à 3 600 kWh/t
Humidité	45 à 25 %
Granulométrie	grossière
Masse volumique (selon humidité et essence)	0.4 à 0.25 t/m ³
Séchage	Consommation en l'état
Indication de prix	30 à 60 € / t ou 1.1 à 1.7 c€/ kWh
Utilisation	Chaudières de plus de 300 kW

❖ Les écorces combustibles

Ce sont des produits humides issus de la première transformation du bois dans les scieries. C'est un combustible de moins bonne qualité que les plaquettes.

Caractéristiques des écorces:

Contenu énergétique	1 600 à 2 800 kWh/t
Humidité	40 à 60 %
Granulométrie	grossière
Masse volumique selon humidité et essence	0.3 à 0.4 t/m ³
Indication de prix	15 à 25 €/t ou 0.9 c€/kWh
Utilisation	Très grosse chaudière à grille mobile

L'écorce est la partie la plus humide du bois, et est à la limite de la combustibilité. De plus, elle est riche en cendres et en corps étrangers. Cependant elle n'est pas chère.

❖ Les combustibles agricoles bruts

Ce sont les pailles de céréales ou d'oléagineux, ou d'autres biomasses ligneuses comme les sarments, le miscanthus, le tout broyé, ou tels que les anas de lin, la balle de riz, les coques d'arachides, de noix ou encore les noyaux de fruits. Dans les chaufferies de grande puissance, les combustibles agricoles bruts sont le plus souvent utilisés en l'état :

- balles de paille en alimentation manuelle ou chargeur
- céréales déclassées, paille broyée, miscanthus, coques ou noyaux de fruits en automatique.

Caractéristiques des produits agricoles bruts secs

Contenu énergétique	4 100 kWh/t
Humidité	15 %
Granulométrie	Balles de toutes tailles, produits fins broyés ou bruts
Masse volumique (selon humidité et essence)	0.1 à 0.3 t/m ³
Séchage	Sec à la récolte
Indication de prix	50 à 60 €/t livrée localement ou 1.2 à 1.5 c€/ kWh
Utilisation	Chaudières à grille mobile uniquement

Lors de la combustion de toute biomasse agricole, du mâchefer peut se former dans le four de la chaudière. En effet, du fait de la présence de phosphore et de potassium en plus grande quantité que dans le bois, la température de fusion et de déformation des cendres issues des produits agricoles est plus basse d'environ 300°C que celle du bois (qui se situe autour de 1 000°C). Pour éviter la formation de mâchefer, il faut donc veiller à maintenir une température

plus basse au sein du four, à évacuer régulièrement les cendres (les chaudières à grille mobile évitent ainsi ce problème), voire ajouter au combustible un anti-fondant.

❖ Les biomasses manufacturées

Des combustibles compactés sont fabriqués dans des entreprises industrielles spécialisées à partir de plaquettes, sciures et copeaux issus de la forêt ou des entreprises du bois, ou à partir de sous-produits agricoles : ce sont les granulés et les briquettes.

En France, il existe 60 producteurs de granulés biocombustibles dont 10 produisent des granulés d'origine agricoles.

Fabrication :

Après avoir été séchés et criblés, les composants du granulé sont pressés. Cette compression élève la température de la biomasse jusqu'à une centaine de degrés pendant quelques secondes. Or, au-dessus de 70°C, la lignine fond et, une fois la température redescendue, elle constitue une colle naturelle pour les différents composants.

Avantages des granulés :

- Parfaitement calibrés, ils sont utilisables dans des chaudières moins complexes donc moins chères
- C'est le seul biocombustible qui a la faculté de couler et d'être acheminé dans le silos de stockage (camion souffleur) puis vers la chaudière de manière mécanique.
- Une tonne de granulés contient 2 à 3 fois plus d'énergie qu'une tonne de produit brut.
- La chaudière granulé revient souvent moins cher que la chaudière plaquette ou écorce car elle nécessite beaucoup moins d'entretien.

Inconvénients :

- Prix du combustible plus élevé
- L'énergie grise pour faire des granulés est 2 à 3 fois supérieure à celle nécessaire pour fabriquer les plaquettes, mais elle reste néanmoins faible.

Le granulé de bois

Caractéristiques du granulé de bois :

Contenu énergétique	4700 à 5000 kWh/t
Humidité	10 % maximum
Granulométrie	6 à 9 mm de diamètre x 30 mm
Masse volumique	Selon diamètre : 0.65 à 0.7 t/m ³

Séchage	artificiel
Indication de prix	120 à 200 € / t ou 2.5 à 4.2 c€/ kWh
Utilisation	Chaudières à foyer fixe

Le granulé agricole

Caractéristiques du granulé agricole :

Contenu énergétique	4 400 kWh/t
Humidité	10 à 15%
Granulométrie	6 à 16 mm de diamètre x 30 mm
Masse volumique	0.65 t/m ³
Indication de prix	175 à 240 € / t livrée ou 2.3 à 5.5 c€/ kWh
Utilisation	Chaudières à grille mobile car taux de minéraux élevé

❖ Les broyats issus du recyclage

Il en existe deux catégories :

- les sains ou faiblement pollués : caisses, caquettes, palettes, panneaux de particules...
- les fortement pollués : bois de déconstruction, de chantier, mobilier intérieur et extérieur, bois traités au CCA...

La directive européenne 77 du 7/12/2000 autorise la combustion des déchets de bois en chaufferies automatiques à l'exception des déchets qui sont susceptibles de contenir des composés halogénés ou des métaux lourds. Les circulaires et arrêtés français invitent les exploitants à se rapprocher de la DRIRE pour prouver l'innocuité de leur solution technique selon les niveaux de puissance des chaufferies, et obtenir une autorisation.

Le bois de rebut est transformé sur plate-forme : tri, broyage, déferraillage, affinage, criblage, stockage.

Caractéristiques des broyats de bois de rebut :

Contenu énergétique	3 300 à 3 900 kWh/t
Humidité	20 à 40 %
Granulométrie	grossière
Masse volumique	0.25 à 0.3 t/m ³
Indication de prix	25 à 50 € / t ou 0.7 à 1.3 c€/ kWh
Utilisation	Chaudières à grille mobile

❖ Particules fines et chauffage biomasse

La poussière est un **mélange complexe de particules solides et liquides**. Ces particules se différencient par leur taille, leur composition chimique et leur origine. On distingue :

- Les Particules Totales en Suspension TSP : toutes tailles de particules
- Les particules fines PM10 : < 10 µm
- Les particules fines PM2,5 : < 2,5 µm
- Les particules fines PM1 : < 1 µm

Ces particules présentent un **impact sur la santé**, car elles ne sont pas retenues dans les narines et la gorge mais pénètrent profondément dans l'organisme jusqu'aux poumons, puis dans le sang. La fraction dite organique de ces particules ainsi que les suies sont réputées particulièrement nocives.

Les poussières présentes dans l'atmosphère proviennent de **sources différentes**, classées en deux familles :

1. Les particules de taille supérieures à 0,01mm qui sont **émises directement par frottement, abrasion, ou autre action mécanique** ;
2. Les particules **issues de réactions chimiques en phase gazeuse** (ex : Ammoniaque NH₃, dioxyde de soufre SO₂, oxyde d'azote NO).

Les sources principales de poussières sont les secteurs de l'industrie, du transport, les installations de chauffage et l'agriculture. Il existe également des sources naturelles (ex : pollen).

Les écarts importants de rejets entre les chaudières s'expliquent par :

- des performances très différentes dues aux progrès techniques et à l'âge du matériel
- la qualité du combustible utilisé (taux de fines < 5% bois déchiqueté, <2% granulé domestique, <3% granulé collectif ou industrie)
- l'éventuel mauvais réglage des installations
- des méthodes de mesure différentes...

Une tendance forte et indiscutable ressort des différentes évaluations : les chauffages automatiques modernes émettent très peu, entre 3 et 20 fois moins selon les sources.

Les **systèmes de traitement des fumées** existants permettent de répondre aux exigences réglementaires concernant les rejets atmosphériques.

Réglementation :

Concernant les rejets atmosphériques, l'Arrêté du 25 juillet 1997 définit les valeurs limites de rejets en

mg/m³ de fumées (rubrique 2910) :

Oxydes de soufre (équivalent SO₂)	200
Oxydes d'azote (équivalent NO₂)	500
Monoxyde de carbone (CO)	250
Composés organiques volatils hors méthane	50

Valeurs limites d'émissions de particules pour les chaudières biomasse > 2MW (source : *Combustion du bois et qualité de l'air, Oct 2007*) :

	En mg/Nm ³ à 11% d'O ₂			
	< 4MW	4MW<P<10 MW	10MW<P<20 MW	>20MW
Particules nouvelles	150, 100 (b)	100	100, 50 (a)	50
Existante	150	100	100, 50 (a)	50
(a)valeur limite en milieu urbain (agglo de + 250 000 habitants)				
(b)circulaire 2001				

Pour respecter les 100 mg de poussières par m³ de fumées, il faut utiliser des **systèmes de traitement des fumées performants et coûteux** comme les filtres à manches (200 000€) ou les électro-filtres (100 000€), plus coûteux que les dépoussiéreurs classiques (séparateur cyclonique : 10 000€). Ces systèmes peuvent coûter jusqu'à deux fois le prix de la chaudière. Ils sont donc surtout utilisés pour les grandes installations.

CONCLUSION :

Dans la situation actuelle, les émissions **sont dues essentiellement aux appareils à bois pour le chauffage domestique**. Le secteur domestique (maison individuelle) est donc celui sur lequel il convient d'agir en priorité. Le renouvellement du parc fera baisser de manière significative les émissions polluantes dès lors que les appareils neufs sont plus performants. C'est pourquoi il est recommandé de s'équiper avec des appareils labellisés « flamme verte ».

Par ailleurs, quelques mesures simples permettent de réduire les émissions de polluants. C'est ainsi que l'ADEME recommande aux particuliers de toujours **utiliser du bois de chauffage de qualité** (propre et sec), mais aussi d'**entretenir leurs équipements et de ramoner les conduits de fumées régulièrement**. Parallèlement, il convient de favoriser le recours au bois énergie dans des **installations des secteurs collectif ou industriel d'une puissance thermique supérieure à 2MW**. Ces installations, en raison de leur taille, présentent l'avantage d'une part de **permettre, au plan économique, la mise en oeuvre de dispositifs performants de dépollution**, comme les filtres électrostatiques ou les filtres à manches, et d'autre part, de disposer d'un **rendement supérieur à celui de petites unités**.