

Caractéristiques de biocombustibles bois, biomasse

La biomasse - Les caractéristiques

Nous avons résumé dans ce chapitre les caractéristiques énergétiques concernant essentiellement le bois et ses dérivés.

Composition type du bois

La composition du bois diffère peu d'une espèce à l'autre si on fait abstraction de l'humidité du bois, de la teneur en matières inertes, de la teneur en azote. Sa formule chimique est approximativement la suivante $C_4H_6O_3$.

Sa composition est approximativement la suivante.

Tableau J-C Scholle

Produit (atome)	% du bois sec
C	49
H	6
O	43
N	1
Inertes	1

Composition approximative du bois (pins maritimes dans la forêt des Landes)

Il faut noter que le bois ne contient notamment ni soufre, ni métaux à contrario d'autres sources d'énergie non solaire (fossiles), comme le pétrole, le charbon, ...

Humidité

Une caractéristique importante du bois, qui influencera ses caractéristiques mécaniques mais également énergétiques est son humidité. On utilise deux "humidités"; l'humidité "sur brut" HR (en %) et l'humidité "sur sec" HR' (en %) (utilisée par les industriels du bois).

L'humidité sur brut HR est le rapport (pourcentage) de la masse de l'eau contenue dans la masse donnée de bois. Si du bois à une humidité sur brut HR de 30 % cela signifie qu'un 1 tonne de bois brut contient 300 kg d'eau et 700 kg bois sec.

L'humidité sur sec ou sur anhydre HR' est le rapport (pourcentage) de la masse de l'eau contenue dans la masse donnée de bois sec, anhydre, sans eau. Un bois qui a une humidité sur sec HR' de 30 % cela signifie que pour une 1 tonne de bois sec on aura 300 kg d'eau (le tout représentant 1 300 kg bois).

En résumé schématiquement la représentation est la suivante : 1 tonne de bois brut à 40 % HR correspond à 0,6 t de bois sec (anhydre)

+ 0,4 t d'eau soit une humidité sur sec $HR' = 0,4/0,6 = 33 \%$

Siccité

La siccité S (%) est le rapport (pourcentage) entre la masse de bois sec (anhydre) et la masse totale de bois soit $S (\%) = 100 - HR (\%)$

Valeurs habituelles

Le bois sur pied a une humidité moyenne $HR = 40 \%$ à 45% ($HR' = 70 \%$ à 80%). Après avoir été séché, stocké à l'air libre 2 ans sous abri, son humidité est ramenée à $HR = 15 \%$ à 20% . Quelques valeurs de l'humidité du bois sont indiquées plus loin...

Pouvoir énergétique, pouvoir calorifique inférieur PCI et supérieur PCS.

Du point de vue énergétique, deux paramètres caractérisent le bois, le PCI et le PCS.

La quantité d'énergie (solaire) stockée dans le bois et "récupérable" par combustion est définie par le pouvoir calorifique inférieur PCI et /ou le pouvoir calorifique supérieur PCS. Le pouvoir calorifique est exprimé en kcal/kg de bois ou kcal/t de bois. Sa valeur dépend bien évidemment de l'humidité du bois et de l'état de l'eau à l'issue de la combustion. Si l'eau résultant de la combustion est condensée à l'issue de la combustion, la chaleur de condensation de l'eau vient s'ajouter à la chaleur récupérée par la simple combustion du bois. Dans ce dernier cas, on utilisera le pouvoir calorifique supérieur PCS (qui inclut la chaleur de condensation de l'eau de combustion). Ces pouvoirs calorifiques sont définis selon les cas par rapport à la tonne de bois brut (bois

incluant l'humidité du bois) ou à la tonne de bois sec (bois anhydre excluant l'eau - l'humidité contenue dans le bois).

Les valeurs de ces paramètres sont les suivantes :

PCSs = Pouvoir calorifique (ou comburivore) supérieur de la biomasse sèche en kcal/kg (ou th/t).

PCIs = Pouvoir calorifique (ou comburivore) inférieur de la biomasse sèche en kcal/kg (ou th/t).

PCIs (en kcal/kg) = PCSs (en kcal/kg) - 52,14 * (% H) avec % H = pourcentage d'hydrogène de la biomasse.

On peut également écrire :

PCSs (en th/t) = PCIs + 320 (en th/t)

PCIh = Pouvoir calorifique (ou comburivore) supérieur de la biomasse humide en kcal/kg (ou th/t).

PCIh = PCIs * ((100 - X)/100) * 5,835 * X avec X = pourcentage d'humidité de la biomasse brute

Note : On peut également utiliser le pourcentage X1 d'humidité de la biomasse sèche.

$X = (100 * X1) / (100 + X1)$ et $X1 = (100 * X) / (100 - X)$

On peut également écrire :

PCIh (en th/t) = PCIs - (HR/100) * (PCIs + 580)

ou

PCIh (en th/t) = PCIh + 320 (en th/t) + 2,6 HR (humidité)

Le tableau ci après indique les valeurs du PCI et / ou PCS de quelques produits et type de bois.

Tableau J-C Scholle

Produit bio énergétique

	Humidité	Granulométrie	PCI sur sec
	%	mm	kcal/kg
Sciure humide	45 à 55	# 1	4 300 à 4 600
Ecorce broyée (résineux)	45 à 60	20 à 80	4 600
Plaquettes forestières ou dosses et délignures déchiquetées	45 à 50	20 à 60	4 400
Les mêmes ressuyées	35 à 40	20 à 60	4 400
Souches broyées	45 à 50	20 à 60	4 400
Copeau sciure	8 à 15	# 1	4 300 à 4 500
Granulé	10 à 15	" 6 à 10	4 300 à 4 500
Briquelette	10 à 15	# 60 à 100	4 300 à 4 500
Paille de blé	15		4 000

Le PCI varie peu en fonction du produit

PCI résineux 4 500

PCI feuillus	4 300
--------------	-------

Feuillus

Aulne	4 240
Bouleau	4 330
Charme	4 140
Chêne	4 300
Frêne	4 330
Hêtre	4 360

Résineux

Épicéa	4 530
Mélèze	4 530
Pin	4 520
Sapin	4 490

pour les écorces on ajoute 400 kcal/kg

Ecorces de feuillus	4 700
Ecorces de résineux	4 900

(Source Rat - Elf 1981)

Caractéristiques de quelques combustibles

Par exemple pour du hêtre à 30 % d'humidité sur brut HR = 30 % :

PCI sur sec	4 300 th/t
PCI sur brut	$4\,300 - 0,3 * 4\,880 = 2\,836$ th/t
PCS sur brut	3 224 th/t

Copyright © 1999 ECOSYSTEMES. Tous droits réservés

7 Pages : .1. .2. .3. .4. .5. .6. .7.

Page suivante

Caractéristiques de biocombustibles bois, biomasse

La biomasse - Les caractéristiques

Densité de chargement - Densité du bois

Deux caractéristiques viennent préciser les propriétés du bois, sa densité proprement dite et sa densité de chargement.

La densité du bois c'est la masse de bois par unité de volume de bois sec (anhydre). Le tableau ci dessous fournit quelques indications sur les valeurs de ce paramètre.

Tableau J-C Scholle

Densité anhydre

densité = 0,60 densité = 0,53

densité = 0,40 densité = 0,43

Feuillus

Feuillus
Denses

Feuillus
Moyen

Résineux
Légers

Frêne

Platane

Aulne

Epicéa

Chêne	Bouleau	Tremble	Mélèze
Charme	Châtaignier	Peuplier	Pin sylvestre
hêtre		Tilleul	Pin maritime
Orme		Sapin	
Ecorce de feuillus	Ecorce de résineux	Granulés	
densité = 0,58	densité = 0,47	densité = 1,1	

(Source Rat - Elf 1981)

Densité de bois sec (bois anhydre)

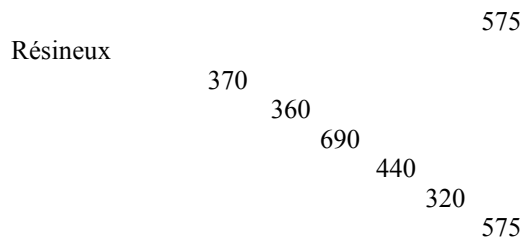
La densité de chargement est utilisée dans l'industrie du bois sous le nom de stère ou MAP (c'est un mètre cube occupé par le bois en vrac).

Une MAP est indépendante de l'humidité du bois. Le tableau ci dessous fournit quelques indications sur ce paramètre.

Tableau J-C Scholle

Densité de chargement en kg/m³

Plaquette de bois(dite grise) (#100 mm * 100 mm)	Plaquette de bois(dite verte) (#100 mm * 100 mm)	Plaquette de bois(dite de récupération) (#100 mm * 100 mm)	Ecorces	Billons, rondins	Dosses, délignures	Sciure	Granulés de bois
Feuillus	340	310	370	360	575	365	290



Source Rat - Elf 1981
Densité de chargement de bois

En résumé une MAP de hêtre pèse 300 kg, a 30 % d'humidité HR et PCI de 850 th/h équivalent à 100 litres de fuel, 130 kg de charbon ou 105 m3 de gaz naturel ou encore 80 kg de gaz liquéfié (GPL).

Lorsqu'on parle de tonne de bois sans autre précision cela comprend le bois + la masse d'eau d'humidité incluse.

Granulométrie et taux de cendres.

Deux derniers paramètres sont importants lors du dimensionnement d'une chaufferie biomasse et surtout lors du choix des technologies : le taux de cendres et la granulométrie.

Le taux de cendres et de mâchefer aide à prévoir la périodicité des opérations de décendrage et de nettoyage de la chaudière. Le tableau ci-dessous fournit quelques indications à ce sujet.

Tableau J-C Scholle

Les cendres

Combustible	Taux de cendre		Fusibilité	
	%		Températures °C	
	Def. init.		Hémisphérique	
Sciure humide	1 à 2		1 090	1 400
Ecorce broyée	5 à 10		930	1 270
Plaquette forestière	1 à 2		1 00§	1 200
Souches broyées (pins maritime)	1 à 3		870	1 300
Copeau, sciure	1			
Granulés de bois		1 à 2	850	1 200
Paille de blé	7		840	1 100

Source Rat - Elf 1981

Le taux de cendres de bois

La granulométrie, c'est à dire la dimension des particules et morceaux de bois détermine le choix du mode de stockage, du type de transporteur, du tapis de convoyage, ainsi que le type de brûleur.