

Les caractéristiques du combustible bois



par Pierre Martin

Facilitateur Bois-énergie (particuliers & entreprises) pour ValBiom
p.martin@valbiom.be – 081 62 71 88

Le bois-énergie propose aujourd'hui des solutions fiables, rentables et confortables pour répondre aux besoins du chauffage domestique mais aussi industriel. Cependant, la relative complexité de ce combustible peut parfois freiner la décision d'opter pour cette solution et peut être source de confusion entre producteurs, fournisseurs et acheteurs. En effet, contrairement aux combustibles fossiles, les combustibles à base de bois se présentent sous de nombreuses formes et possèdent des caractéristiques qui peuvent fortement varier. Cet article vise à décrire les différents paramètres qui permettent de caractériser un combustible bois.



Le pouvoir calorifique, paramètre essentiel

Le pouvoir calorifique d'un combustible exprime sa capacité à fournir plus ou moins d'énergie lors de sa combustion. Il quantifie l'énergie dégagée sous forme de chaleur lors de sa combustion complète et s'exprime généralement en kilowatts heure (kWh) ou en mégajoules (MJ)¹ par kilo de matière.

On distingue généralement le pouvoir calorifique supérieur (PCS) et inférieur (PCI).

Le **PCS** correspond à l'énergie dégagée par la combustion du **bois anhydre** (ne contenant pas d'eau) en prenant en compte la récupération de la chaleur latente de la vapeur d'eau produite lors de la combustion. En effet, même lorsque le combustible est parfaitement sec, la réaction de combustion produit de l'eau sous forme de vapeur.

Bois + oxygène → gaz carbonique + eau (vapeur) + chaleur.

Si cette vapeur est condensée par la suite, la chaleur latente peut être récupérée. Le PCS du bois dépend de sa composition chimique, plus particulièrement de sa teneur en carbone. Comme cette dernière varie très peu d'une essence à l'autre (environ 50% de carbone), on peut

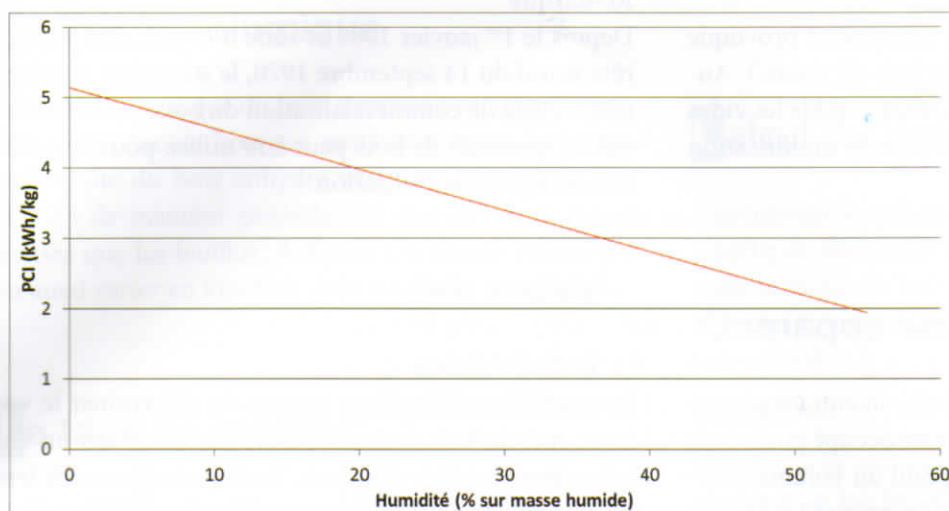
considérer le **PCS du bois** comme **invariable** et égal à **5,4 kWh/kg** (19,44 MJ/kg). La prise en compte du PCS n'a d'intérêt que si l'on brûle du bois dans une chaudière équipée d'un système de condensation des fumées. Ces appareils étant encore peu courants, dans la pratique on n'utilise que le PCI.

Le **PCI** correspond à l'énergie produite par la combustion d'un combustible sans tenir compte de la chaleur latente de la vapeur d'eau produite lors de la combustion. Le PCS étant invariable, le PCI du bois anhydre est lui aussi relativement stable et peu dépendant de l'essence de bois². On considère qu'il vaut en moyenne **5,14 kWh/kg** (18,5 MJ/kg).

Pendant la combustion, si le bois n'est pas totalement sec, l'eau qu'il contient se dégage sous forme de vapeur avec les fumées. Une partie de l'énergie produite au sein du foyer va donc être utilisée pour transformer cette eau en vapeur. Le PCI du bois humide va donc dépendre principalement de la quantité d'eau qu'il contient.

¹ 1 kWh = 3,6 MJ

² Le PCI des résineux est supérieur de 5% à celui des feuillus, notamment à cause de leur contenu en résine qui augmente la teneur en carbone.



Graphique illustrant la relation entre le PCI et l'humidité du bois.

La formule permettant de déterminer le PCI du bois en fonction de son contenu en eau est la suivante (en kWh/kg) :

$$\begin{aligned} \text{PCI}_{\text{bois humide}} &= (\text{contenu énergétique du bois}) - (\text{contenu énergétique de la vapeur d'eau}) \\ &= (\text{PCI}_{\text{anhydre}} \times (1 - H\%/100)) - (0,7 \times H\%/100) \end{aligned}$$

où H% correspond à l'humidité du bois exprimée en fonction de sa masse brute (voir point suivant).

La teneur en eau

L'humidité H, exprimée en %, représente la quantité d'eau contenue dans le bois par rapport à sa masse brute¹, ou totale (eau + bois) :

$$H\% = \frac{\text{masse humide} - \text{masse anhydre (en kg)}}{\text{masse humide (eau + bois, en kg)}} \times 100$$

En moyenne, le bois « frais » (directement après coupe) contient entre 40 et 50 % d'eau, tandis qu'un bois sec aura une humidité comprise entre 15 % (séchage artificiel forcé) et 25 % (séchage naturel). Un bois bien sec et sain (non pourri) a un aspect grisâtre sur sa surface, et résonne clairement lorsqu'on frappe deux bûches l'une contre l'autre.



Figure 1 : Bois frais (en haut) et bois sec (en bas) © ValBiom

En dessous de 23 % d'humidité, l'eau que contient le bois est liée chimiquement aux structures moléculaires des fibres. Cette eau ne peut être éliminée que par un séchage forcé.

¹ Dans d'autres secteurs de la filière, l'humidité du bois est aussi exprimée par rapport à la masse sèche de bois :

$$H\% = \frac{\text{masse humide} - \text{masse anhydre}}{\text{masse anhydre}} \times 100$$

Remarque

L'absorption de cette eau (eau de saturation) provoque aussi une variation du volume du bois (il gonfle). Au-delà de 23 % d'humidité, l'eau absorbée comble les vides laissés dans les cellules et n'induit plus de modification de volume.

Volume réel et volume apparent

Lorsqu'on empile des bûches de bois, on entend par volume réel, ou volume plein, le volume occupé par le bois seul. Le volume apparent correspond au volume d'empilement de l'empilement, qui comprend les bûches et l'air entre celles-ci.

Volume apparent

Le bois de chauffage bûches est souvent vendu par stère. Rappelons qu'initialement un **stère** correspond à l'empilement de bois de 1 m de long sur 1 m de haut et 1 m de large. Il s'agit donc d'1 m³ apparent de bois de **1 m de long**.

Ce stère initial verra son volume apparent se réduire en fonction de la découpe réalisée sur les bois.

Le tableau de coefficient de découpe ci-dessous permet de calculer le volume apparent.

Découpe (cm)	Coefficient de découpe
50	0,80
45	0,77
40	0,74
33	0,70
30	0,66
25	0,60
20	0,57

Donc, un stère de bois ne donne plus que 0,80 m³ apparent si on coupe les bûches en deux (50 cm).

Une découpe en 33 cm ne donnera plus qu'un volume apparent de 0,70 m³.

A l'inverse, un m³ apparent de bûches de 50 cm nécessite 1,25 m³ de bois de 1m de long ou 1,25 stères

La notion de recoupe est donc primordiale. On comprend dès lors l'importance, lors de l'achat de bois de chauffage, d'exiger un volume apparent à livrer et non pas un nombre de stères.

Remarque

Depuis le 1^{er} janvier 1980 et suite à la parution de l'Arrêté Royal du 14 septembre 1970, le stère n'est plus une unité légale de commercialisation du bois. Seul le mètre cube (apparent) de bois peut être utilisé pour la publicité et la commercialisation.

Volume réel

Le bois bûches

Le coefficient d'empilage permet de déterminer le volume réel de bois (volume plein) contenu dans un volume composé d'air et de bois. Tout comme le coefficient de découpe, le CE est toujours inférieur à 1 et dépend de la section des bûches, de leur découpe (en bûches de 33, 45 ou 50 cm) et de leur rectitude. Il peut varier de 0,8 pour des bûches de 33 cm bien droites et fendues à 0,5 pour des bûches d'1 m non fendues, de petite section et tortueuses.

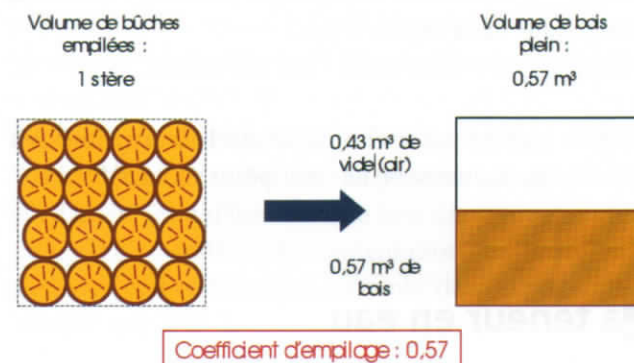


Figure 2 : Le coefficient d'empilage des bûches © ValBiom

Les plaquettes

Les plaquettes de bois (chips) sont encore fréquemment commercialisées en utilisant le **m³ apparent de plaquettes (MAP)**, qui correspond à un tas de plaquettes d'1 m³. En moyenne, le déchiquetage d'1 m³ de bois plein donnera entre 2,5 et 3 MAP : un MAP contient donc réellement environ 0,4 m³ de bois. Cette proportion varie en fonction de la granulométrie des plaquettes : plus elle est fine, plus le volume de bois plein contenu dans un MAP est faible.



Figure 3 : m³ plein et MAP © ValBiom

La masse volumique

La masse volumique du bois, exprimée en kg/m^3 représente la masse du bois par unité de volume. La masse volumique du bois anhydre varie en fonction de l'essence : de manière générale, les résineux sont moins denses que les feuillus. A fortiori, la masse volumique va aussi varier en fonction de la teneur en eau du bois.

Le taux de cendres

Le taux de cendres correspond à la teneur en matière minérales contenues dans le bois. Ces dernières ont une influence sur le pouvoir calorifique, puisqu'elles ne participent pas à la réaction de combustion. Un bois avec un taux de cendres élevé aura par conséquent un PCI proportionnellement plus faible qu'un bois avec un taux faible. Le bois sans écorce possède un taux de cendres compris entre 0,5 et 1,5 % de sa masse anhydre. Les écorces peuvent quant à elles atteindre un taux de cendres de 5 %. Au vu des faibles proportions de matières minérales contenues naturellement dans le bois, ces dernières sont rarement prises en compte dans le calcul du pouvoir calorifique. Ces proportions peuvent toutefois être bien plus importantes selon l'état de propriété du combustible (terre, sable, écorces, ...) et il faut dès lors en tenir compte !.

Calcul du contenu énergétique

Une fois que le volume réel de bois est connu, il est aisé, à partir de l'humidité et de la masse volumique, de calculer la masse de bois contenue dans un empilement et d'en déduire son contenu énergétique à partir du pouvoir calorifique.

Exemple

Quelle est la quantité d'énergie contenue dans 15 m^3 apparent de bûches de chêne d'1 m (CE : 0,57) à 25 % d'humidité ? Masse volumique du chêne à 25 % d'humidité = 758 kg/m^3

Volume de bois plein : $15 \text{ m}^3 \times 0,57 = 8,55 \text{ m}^3$

Masse totale (bois + eau) : $8,55 \text{ m}^3 \times 758 \text{ kg/m}^3 = 6481 \text{ kg}$

PCI du bois à 25% d'humidité

$= (\text{PCI}_{\text{anhydre}} \times (1 - \text{H}\%/100)) - (0,7 \text{ kWh/kg} \times \text{H}\%/100)$

$= (5,14 \text{ kWh/kg} \times 0,75) - (0,7 \text{ kWh/kg} \times 0,25)$

$= 3,7 \text{ kWh/kg}$

Contenu énergétique

$= 6481 \text{ kg} \times 3,7 \text{ kWh/kg} = 23.980 \text{ kWh}$

Cense et Abbaye s.a.

Gestion de Propriétés Rurales

Exploitation agricole hors bail à ferme
Optimalisation de votre revenu
Régie et conseils

Didier del Marmol
32 ans d'expérience
ddmabbaye@skynet.be
www.censeetabbaye.be
Tel: 04 278 04 14 • GSM: 0474 25 93 01

LA NOUVELLE APPROCHE DE LA GESTION RURALE EN FLANDRE

- gestion d'exploitations agricoles
- gestion sylvicole
- régie de biens ruraux
- conseil et assistance

TERRA
ESTATES MANAGEMENT

Maximilien de Broqueville
T +32 (0)14 37 73 07
M +32 (0)472 58.04.73
info@terra-estates.be
"Endardé" • Postel 50
2400 Mol • Belgium
www.terra-estates.be