



SOlutions for Low Energy Neighbourhoods



Chercheurs, grand public



Logement, quartier, énergies renouvelables, biomasse



SOLE.N.ER06

## Le bois-énergie

### Les points principaux

- Le bois comme énergie reste l'élément de la biomasse le plus utilisé aujourd'hui pour produire de la chaleur en Wallonie et dans le monde.
- Les bûches, les plaquettes et les pellets sont les formes de combustibles bois les plus courantes et sont très polyvalentes pour s'adapter aux différents moyens de conversion.
- Le bois peut être brûlé dans un chauffage local ou central directement dans le logement mais également sur site collectif ou encore via cogénération pour produire de l'électricité simultanément à la chaleur.
- Le bois reste une ressource de combustible locale qui présente un coût inférieur et plus stable que les combustibles fossiles traditionnels comme le mazout et le gaz.

### Résumé

Cette fiche pratique présente l'ensemble des matières premières issues de la biomasse et valorisées par combustion pour fournir de la chaleur et, dans certains cas, de l'électricité pour le secteur domestique, tertiaire ou industriel. Elle se concentre plus particulièrement sur le bois-énergie en considérant toutes les origines du bois possibles. La fiche aborde non-seulement les cultures énergétiques destinées à la combustion mais également toute la filière bois de la récolte en forêts ou en déchetteries à la combustion dans un poêle ou une chaudière. Elle présente les différentes formes de combustibles bois en fonction de leurs origines, utilisation, manutention, stockage, prix, etc. Cette fiche est intimement liée à la fiche pratique La biomasse (SOLE.N.ER05) qui traite de la biomasse en générale.



© Photo: Bifi

SOLE.N : SOlutions for Low Energy Neighbourhoods



Financé par la Wallonie, DGO4, programme mobilisateur erable

Mai 2014



## Introduction : Qu'est-ce que le bois-énergie

Le bois-énergie et les combustibles solides similaires issus de la biomasse sont considérés comme des sources énergétiques renouvelables grâce au principe de la photosynthèse. Ils sont principalement valorisés par combustion pour obtenir de la chaleur mais peuvent également fournir de l'électricité via une unité cogénération. Même si il garde une image archaïque et sale, le chauffage au bois reste un système très utilisé dans le monde. En outre, depuis un certain temps, il fait preuve d'un nouvel engouement dû à de nouvelles formes de combustibles comme les pellets et au perfectionnement des systèmes de combustion qui font que les rendements atteignent aujourd'hui 90% et plus. L'utilisation du bois comme énergie doit entraîner une gestion soutenable de l'exploitation de nos forêts. Finalement, favoriser la filière bois c'est valoriser une énergie et une économie locale créatrice d'emplois.

La biomasse en tant que ressource énergétique renouvelable englobe l'ensemble des produits biodégradables disponibles sur Terre à des fins énergétiques. On distingue ainsi trois classes de matière première : la biomasse cultivée, les déchets et résidus et le bois-énergie.

La photosynthèse permet aux végétaux de capter du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère pour construire les cellules nécessaires à leur croissance. Lors de leur combustion, ce même CO<sub>2</sub> est rendu à l'environnement. On peut donc considérer le cycle du carbone comme neutre et la biomasse comme renouvelable.

La biomasse peut être valorisée comme source d'énergie de toutes sortes de façons : par incinération des déchets, par unité de biométhanisation, par des centrales à la biomasse, par production de biocarburants etc. mais lorsque l'énergie est produite au niveau du logement-même, c'est généralement la filière bois-énergie qui est privilégiée. En effet le bois reste un combustible majeur pour la production de chaleur. D'ailleurs, 53% de la production mondiale de bois en 2012 a été dédiée à une fin énergétique (source : FAOSTAT).

Tout comme la biomasse, l'utilisation du bois comme source d'énergie est considérée comme durable si la gestion des forêts wallonnes est responsable et soutenable. Les récoltes de bois doivent toujours rester inférieures aux accroissements naturels des forêts. Aujourd'hui, cette règle est respectée en Wallonie puisque, malgré les prélèvements effectués, les forêts wallonnes ont continué à croître durant les 150 dernières années. Elles ont augmenté leur superficie de plus de 70% pour atteindre, en 2006, une superficie totale de près de 7000 km<sup>2</sup> dont la moitié de surface forestière productive (source : INS).

La filière bois-énergie représente donc un atout économique et énergétique pour la Wallonie. Les forêts belges qui couvrent 23%





du territoire se trouvent en effet très majoritairement (~80%) au sud du pays. En outre, valoriser la filière bois-énergie permet de créer des emplois et maintient une activité rurale et forestière. Il est également à noter qu'une production wallonne permet de réduire les importations assurant une sécurité d'approvisionnement et de limiter la dépendance énergétique en produisant localement. Finalement, réduire les émissions de dioxyde de carbone ne rime pas forcément avec augmentation du coût puisque recourir au bois pour le chauffage domestique représente une solution financière non seulement avantageuse mais également stable. Le prix du bois ne variant quasiment pas au regard des fluctuations et de l'augmentation nette des prix des énergies fossiles.

## De la production à la récolte du bois

La filière bois englobe aussi bien l'exploitation forestière que les industries connexes du bois de première et deuxième transformation, de même que le bois de rebut. Ainsi, on peut diviser en deux catégories le bois utilisé comme source énergétique : les cultures bois dédiées à une fin énergétique et les déchets et résidus de bois issus de l'activité forestière, de l'industrie du bois ou encore de la collectivité. L'ensemble de ces bois, résidus de bois ou déchets de bois peuvent donc être valorisés énergétiquement dans nos habitations.

### Les cultures énergétiques

Outre le bois des forêts, les cultures lignocellulosiques dédiées à des fins énergétiques sont sélectionnées pour leurs productivités élevées en comparaison de leurs coûts d'exploitation. Les plus répandues chez nous sont les taillis à très courte rotation et les cultures de miscanthus.



#### Le bois

Le bois, utilisé comme énergie et provenant directement de la gestion et de l'exploitation des forêts, possède un rendement productif de 2 à 4 tonnes de matière sèche par hectare. Seule la moitié de cette production est utilisée comme bois de chauffage.



### Les taillis à très courte rotation

Ce sont des cultures énergétiques généralement composées de saules ou de peupliers qui sont plantés à haute densité. Les rejets de souches sont récoltés en hiver tous les 3 ans. (Nijskens P., 2005) Ces cultures peuvent avoir un très bon rendement variant entre 5 et 15 tonnes de matière sèche par hectare et par an.



### Le miscanthus

Le miscanthus est une plante pérenne – culture minimale sur 15 ans à partir du même plant - d'origine asiatique. Comme le bambou, il s'agit d'une plante herbacée rhizomateuse pouvant monter jusqu'à 4 m et présentant un rendement de production important variant de 10 à 20 tonnes de matière sèche par hectare et par an.



### Les Agro-combustibles

Les combustibles issus de l'activité agricole sont appelés les agro-combustibles et regroupent les déchets et certaines cultures énergétiques d'origine agricole comme la paille et les grains. Ils se présentent en vrac, en ballots ou en « agro-pellets ». La paille et les grains présente respectivement un rendement productif de 3 à 5 tonnes et de 5 à 9 tonnes de matière sèche par hectare et par a.

## Les déchets bois

L'utilisation à des fins énergétiques des déchets et résidus bois permet de valoriser des produits connexes issus de l'activité du bois. Toutefois, dans la plus part des cas, la fabrication de papier ou de panneaux bois pour l'ameublement ou la construction sera préférée à une valorisation énergétique pour certains produits comme les dosses et délignures (résidus issus du sciage des troncs en planches), les sciures et les copeaux.





### Les déchets et résidus issus de la sylviculture

Les déchets issus de la sylviculture regroupent aussi bien les déchets issus de l'activité forestière que les produits connexes et résidus issus de la première transformation du bois dans les scieries. C'est par exemple le cas des branchages ou de l'écorce mais aussi des copeaux et des sciures.



### Les déchets et résidus issus de l'industrie du bois

Cette catégorie de déchet est principalement composée des sciures, copeaux et petits résidus issus de la deuxième transformation du bois. On retrouve donc surtout les résidus et déchets de la menuiserie, de l'ébénisterie ou encore de l'industrie de la construction en bois



### Les déchets issus de la collectivité

Les déchets bois de la collectivité comptent à la fois les bois élagués dans nos parcs, jardins et le long des autoroutes que les produits bois en fin de vie comme les meubles en bois ou ceux issus de la grande distribution comme les palettes ou cagettes. Il est à noter qu'il faut absolument éviter les déchets de bois issu de l'industrie qui ont été traités ou vernis et qui dégageront des émissions toxiques lors de leur combustion.

## Le bois-énergie : produits et caractéristiques

La matière bois – après récolte, élagage ou encore déchiquetage – va se présenter sous quatre formes principales : les bûches, les plaquettes (morceaux de bois déchiquetés), la sciure et le bois densifié (pellets, bûchettes et briquettes). Chacune de ses formes va présenter ses propres caractéristiques en tant que source d'énergie d'un point de vue origines, dimensions, stockage, manutention, prix, etc. mais, dans tous les cas, le pouvoir calorifique restera sensiblement le même et ne variera qu'en fonction du taux d'humidité.

En effet, le bois anhydre, soit contenant 0% d'humidité, à un pouvoir calorifique inférieur (PCI) de 18,4 MJ/kg. C'est-à-dire que chaque kilo de bois brûlé permettra de produire 18,4 millions de Joules d'énergie, soit 5,1 kWh. Ce pouvoir calorifique est indépendant de l'essence utilisée même si les résineux sont légèrement plus performants que les feuillus.

Tableau 1 : Relation entre humidité et PCI du bois (Source : Carré et al. 1991)

	Humidité relative (ordre de grandeur en%)	PCI (ordre de grandeur en MJ/kg)	Equivalence en litre de mazout
Bois frais	50%	7,7	0,2
Bois sec (1 an)	30%	11,8	0,3
Bois sec (2 ans)	20%	13,9	0,4
Bois anhydre	0%	18,4	0,5

Le tableau 2 présente et compare les principales caractéristiques des trois formes de bois le plus couramment utilisées pour produire de la chaleur : les bûches, les plaquettes et le bois densifiés. Les sciures et copeaux issus de la première et deuxième transformation du bois se conservent très mal. Ils sont utilisés dans la fabrication de panneaux ou sont parfois brûlés en chaudière directement sur leur site de production. Ils peuvent également être valorisés par densification et former les pellets et autres bois densifiés.

Tableau 2 : Principales caractéristiques des produits les plus courants de la filière bois (Sources : Valbiom, ADEME 1999, Carré et al. 1991; Renouvelles n°49)

	<u>Bûches</u>	<u>Plaquettes</u>	<u>Bois densifiés</u>	
			Pellets	Autres
Illustration				
Origines	Exploitation forestière Entretien des haies et bords des routes	Déchiquetage des taillis, déchets de coupe et de l'industrie du bois	Déchets de bois fortement compressés (pas de colle) de petites dimensions : copeaux et sciures	



Forme	Quartiers Rondins Fines branches	Homogène Parallépipède	Cylindres	Bûchettes Briquettes
Section	Section circulaire variée	Largeur et épaisseur variée	Diamètre de 5 à 12 mm	Diamètre de 5 à 10 cm
Longueur	De 30 cm à 1 m	Entre 1 et 30 cm	Jusqu'à 40 mm	De 20 à 30 cm
Manutention (Alimentation)	Importante (manuelle)	Aisée (automatique)	Très aisée (automatique)	Elevée (manuelle)
Secteur d'utilisation	Domestique (zone rural)	Domestique Tertiaire Industriel	Domestique Tertiaire Industriel	Domestique (zone urbaine)
Humidité	Bois frais : 50% Après 2 ans : 20%	Bois frais : 50% Après 1 an : 30 à 25%	8 à 12% (grâce au procédé de densification)	
PCI	1800 kWh/T	2200 à 3900 kWh/T	4600 kWh/T	
Masse volumique	250 à 760 kg/stère	180 à 400 kg/m <sup>3</sup>	700 à 750 kg/m <sup>3</sup>	
Energie volumique	1500 à 2000 kWh/stère	600 à 1000 kWh/map <sup>1</sup>	3200 à 3500 kWh/map	
Prix <sup>2</sup> (2012)	Bois sec : 72€/stère 4,0 c€/kWh	Vrac : 24€/map 3,0 c€/kWh	Sac : 269€/T 5,4 c€/kWh Vrac : 250€/T 5,0 c€/kWh	Vrac : 170 - 250€/T

En règle générale, le coût par kWh d'un produit bois-énergie reste inférieur aux coûts des combustibles fossiles traditionnels comme le mazout (environ 8,4 c€/kWh) ou le gaz naturel (6,9 – 10,1 c€/kWh) et à l'électricité (environ 25 c€/kWh). En outre, les variations du coût de la filière bois restent minimales par rapport à celles du gaz et du pétrole. Toutefois le prix va varier suivant que le bois est acheté sur pied ou découpé et qu'il soit frais ou séché. Les prix peuvent encore fortement varier d'un point de vente à l'autre et suivant l'essence du bois car elle influence la vitesse de combustion.

<sup>1</sup> map = mètre cube apparent de plaquettes : 1m<sup>3</sup> de bois plein donnera après broyage environ un tas de 2,5 map soit 2,5 m<sup>3</sup> contenant du bois décheté et de l'air.

<sup>2</sup> Les prix en c€/kWh comprennent la livraison (max 30 km). Source : Renouvellement n°49 (c€/kWh) et Valbiom (€/volume ou poids).





## Les bûches

Les bûches achetées en stère ou directement sur pied vont surtout être utilisées par les ménages qui se trouvent directement à la source et donc très rarement en ville. Elles sont principalement utilisées dans un chauffage local comme les feux ouverts et les poêles. Elles nécessitent une alimentation manuelle ce qui les empêche d'être utilisées facilement dans des chaudières industrielles ou collectives. Elles gardent le côté traditionnel du chauffage au bois mais leur principal désavantage est leur caractère hétérogène : humidité variable, essences et gabarits différentes, présence de nœuds, etc. Toutes ces différences vont entraîner des vitesses de combustion plus ou moins rapides et les bûches présentent ainsi, en moyenne, de moins bons rendements énergétiques que les plaquettes ou les pellets.

## Les plaquettes

Les plaquettes permettent de valoriser, par déchetage, tous les déchets de bois issus des forêts, des entretiens des parcs, haies et voies de circulation ou encore de l'industrie du bois et de la grande distribution, comme les caquettes et palettes qui n'ont pas pu être utilisées par les entreprises de fabrication de panneaux ou de papier. Elles peuvent aussi provenir de cultures énergétiques comme les taillis à très courte rotation. Du fait de leur forme relativement homogène, l'alimentation de la chaudière ou autre pourra se faire de façon automatisée par tapis roulant ou vis sans fin. Les plaquettes peuvent ainsi être facilement utilisées dans le secteur domestique, collectif ou non, et dans les secteurs tertiaire et industriel.

## Les pellets et les autres bois densifiés

Les produits densifiés présentent le meilleur pouvoir calorifique inférieur grâce à l'évacuation de l'humidité qui se fait durant la compression des copeaux et sciures. On atteint ainsi un taux d'humidité inférieur à 12%, soit deux à trois fois moins que dans le cas des autres formes de combustible bois. Il n'y a donc pratiquement plus d'eau à évaporer durant la combustion. Outre son bon rendement, sa taille réduite permet une réduction de la capacité de stockage et une gestion du combustible automatisée. Les pellets sont introduits dans le foyer directement via une vis sans fin pratiquement comme un fluide et procure ainsi un confort d'utilisation quasi identique au mazout ou au gaz naturel. Dans le cas d'un poêle, le stockage est, dans une moindre mesure, même directement intégrer à l'unité de chauffe.

## Le stockage

Le stockage du combustible bois est un paramètre important de la filière et ses conditions doivent être maîtrisées. Peu importe la forme, le stockage se fait généralement à l'abri avec un niveau d'humidité et une ventilation contrôlée de manière à continuer le séchage. Lorsque l'alimentation de la chaudière peut se faire automatiquement par vis sans fin ou un tapis roulant, le stockage



se fait sous forme de silo, de fosse ou de conteneur plus ou moins proche du lieu de combustion comme c'est le cas pour les plaquettes et les pellets. Dans le cas des bûches, bûchettes et briquettes, l'alimentation manuelle du foyer ne demande pas de forme de stockage particulière et se fait souvent par empilement sur une surface plane abritée.

Du fait de leur caractère hétérogène, les bûches sont la forme de combustible bois qui va prendre le plus de place. Toutefois, les plaquettes nécessitent également un volume de stockage important. Les pellets, grâce à leur densification et leur petite taille, vont prendre beaucoup moins de place. Par exemple, dans le cas d'une maison qui consommerait six mètres cubes de pellets sur une année (Crehay et Marchal, 2004), il faudrait, en comparaison, plus ou moins trois fois plus de places à des bûches et quatre fois plus de place à des plaquettes pour fournir la même quantité d'énergie.

## Les voies de valorisation énergétique du bois

Au niveau domestique, le bois sera surtout valorisé par la combustion. Ce moyen de conversion énergétique reste le plus simple et le plus rentable. La chaleur est fournie soit via une chaudière par flux d'air ou fluide caloporteur comme l'eau, soit par combustion directe dans un poêle, foyer, feu ouvert ou autre. Et même si pour certain le chauffage au bois revêt une image ancienne et pas forcément propres, il reste encore aujourd'hui très apprécié dans nos maisons. Les appareils individuels de chauffage comme les poêles sont en outre de plus en plus performants tout en apportant un caractère chaleureux à la pièce de vie principale de la maison où il est généralement installé.

### La combustion du bois

La combustion du bois consiste en une oxydation de celui-ci en présence d'air qui va libérer une grande quantité de chaleur. Ce processus passe par quatre phases distinctes qui auront tendance à de plus en plus se chevaucher lorsque la pièce de bois est de grande dimension : le séchage, la pyrolyse, la combustion des gaz et, pour terminer, la combustion du résidu carboné. En tout premier lieu, l'eau contenue dans le bois s'évapore. Ensuite, avec la chaleur, le bois se décompose en composés organiques volatiles, en gouttelettes de goudrons qui se vaporisent et sont responsables de la suie dans nos conduits de cheminée et en un résidu carboné. Finalement, les composés organiques brûlent au contact de l'oxygène en dégageant de la chaleur. Il en est de même pour le résidu carboné, ce qui donne l'incandescence des braises.

Ainsi plusieurs paramètres principaux influencent la combustion du bois et son rendement :

- **La quantité d'air** : il faut réaliser la combustion en présence contrôlée d'oxygène pour trouver un juste équilibre entre une



quantité trop faible qui entraîne une combustion incomplète générant des imbrûlés et des gaz nocifs (comme le monoxyde de carbone qui est très dangereux pour la santé) et, a contrario, un excès d'air (>50%) qui provoque une diminution de la température et donc une baisse de rendement (Energie+, 2013);

- **L'humidité du bois** qui détermine la quantité de chaleur nécessaire à l'évaporation préalable de l'eau durant la phase de séchage et donc le rendement du processus de conversion ;
- **La dimension et l'essence** (porosité) du bois brûlé qui déterminent la vitesse de combustion.

Il faut également veiller à maintenir une température homogène dans le foyer.

Au niveau d'une habitation, les combustibles solides issus de la biomasse permettent donc de fournir, par combustion, de la chaleur et, dans certains cas, de l'électricité. La chaleur peut ainsi être produite soit de manière locale – via un poêle à bois par exemple – soit de manière centrale –via une chaudière à bois – ou encore de manière excentrée et distribuée grâce à un réseau de chaleur collectif. Dans le cas d'une cogénération, de l'électricité est également produite. Il peut s'agir d'une unité de cogénération publique ou collective ou d'une unité de micro cogénération domestique directement située à l'intérieur du logement.

## Le chauffage local au bois

Les appareils individuels de chauffage au bois sont très variés. Les feux ouverts ou âtres sont les systèmes les plus simples mais aussi les moins efficaces avec des rendements allant de 10 à 15%. Les encastrables ou foyers fermés permettent de garder l'image de la cheminée et de fournir de bons rendements de 40 à 60%. Les poêles, en acier ou en fonte, de nouvelle génération présentent des rendements de plus en plus importants variant entre 40 et 90% tout en gardant la convivialité du feu. Les poêles de masse sont des poêles entourés de matériaux qui accumulent et stockent la chaleur pour la restituer ultérieurement. Finalement, les poêles à pellets ont un rendement atteignant les 80 à 85% et permettent non seulement de garder le côté chaleureux grâce à une vitre mais également d'automatiser l'introduction du combustible grâce à un réservoir et une vis sans fin. Ces poêles vont même jusqu'à être totalement automatisés et gérés électroniquement.

## Le chauffage central au bois

Le chauffage central au bois est généralement effectué via une chaudière à bois. Son installation, son fonctionnement, son entretien, etc. seront principalement fonction de la forme que prendra le combustible bois. En effet, celle-ci conditionnera surtout le volume de stockage et l'alimentation manuelle ou automatique. Les chaudières au bois peuvent atteindre de très bons rendements, allant jusqu'à 90% voire 95%.



## Le chauffage collectif au bois

A une échelle plus grande comme celle d'un quartier ou d'un ou plusieurs immeubles à appartements, une chaufferie collective avec ou sans cogénération d'électricité peut, via un réseau d'eau ou de vapeur, distribuer la chaleur au sein des différents logements. La chaufferie n'a en outre pas besoin de se trouver sur le site même de l'utilisation de la chaleur pour autant que le réseau soit correctement isolé pour limiter au maximum les pertes de chaleur durant la distribution. Cette mutualisation de l'énergie permet à la fois de garder son confort personnel, puisque les consignes de températures restent propres à chaque logement, et permet à l'habitant de ne plus se charger de l'entretien ni de l'approvisionnement et du stockage du combustible. Aussi le stockage et la grande échelle de l'installation permettent de bénéficier de prix avantageux auprès des fournisseurs. Ce système est en outre créateur d'emplois. Finalement, dans ce type de chaufferie d'habitats groupés ainsi que pour les secteurs public et tertiaire, les plaquettes et les pellets sont particulièrement adaptés.

## La cogénération au bois

La cogénération permet de fournir de l'électricité en même temps que de la chaleur à partir d'une même source d'énergie primaire : soit une chaudière au bois fournit la vapeur qui fait tourner la turbine ou le moteur de la cogénération, soit le bois est valorisé par le processus de gazéification qui va fournir le gaz nécessaire à l'actionnement de la turbine ou du moteur de l'unité de cogénération. Ceux-ci produisent alors de l'électricité via un alternateur. La combinaison de production permet de réaliser des gains d'énergie de 15 à 20% en limitant au maximum les pertes par rapport à une production distincte de la chaleur et de l'électricité. L'électricité produite pourra être directement utilisée sur site ou revendue au distributeur si il y a un surplus ou non consommation. Ce principe est surtout utilisé dans les milieux industriels et tertiaires. Il présente des rendements énergétiques moyens allant de 80 à 95%. Lorsque la cogénération se place directement dans le logement on parle de micro-cogénération domestique. La micro cogénération à la biomasse couple donc de bons rendements énergétiques et un bilan carbone neutre.

## Avantages et inconvénients

Outre tous les avantages précités : diminution des émissions de CO<sub>2</sub>, valorisation de déchets bois, production locale d'énergie, ... Il est important de spécifier plusieurs inconvénients de l'utilisation du bois comme énergie et en particuliers les émissions nocives de particules fines dans l'atmosphère que la combustion du bois peut entraîner si le système n'est pas correctement dimensionné et étanchéifié.



## L'accessibilité et le transport du bois

On ne peut pas toujours profiter (grâce à un réseau de chaleur urbain, par exemple) de la chaleur produite par des industries brûlant des sous-produits du bois, comme les menuiseries. Le bois-énergie est, en effet, la seule énergie renouvelable qu'il faut importer. C'est particulièrement le cas dans une production individuelle à l'échelle de l'habitation. On estime en général qu'au-delà de 50 kilomètres, le bois importé perd considérablement de sa valeur énergétique et environnementale, rendant son utilisation discutable (Filloux, 2010 ; Penders, 2013).

## La gestion et l'évacuation des cendres

Les cendres sont un produit résiduel et naturel de la combustion du bois. Elles sont composées en grande partie des minéraux naturels contenus au départ dans le bois. La quantité de cendre formée est fonction de la teneur en minéraux du bois-énergie ainsi que de la consommation du bâtiment. Par exemple, le taux de cendres est environ de 0.5 % du poids avec des pellets et atteindra 2 à 3% dans le cas de bois fortement minéralisés comme ceux contenant beaucoup d'écorce. Les cendres sont récoltées au niveau du foyer, au niveau du système de filtration des particules ou encore lors du nettoyage de l'échangeur thermique. Une bonne conception du système permettra de les faire aboutir dans un cendrier sous l'effet combiné de la gravité et de dispositifs mécaniques (Energie+, 2013). Ce conteneur devra être vidé périodiquement et demande une certaine manutention : cela peut varier de un décentrage toutes les deux semaines à un par saison de chauffe.

Pour garantir un caractère renouvelable complet du bois-énergie, les cendres devraient idéalement être restituées à la nature pour fournir les minéraux nécessaires à la croissance de l'arbre et ainsi garantir un bilan écologique le plus neutre possible. Toutefois, actuellement, les cendres doivent être analysées et agréées par l'AFSCA pour pouvoir intégrer un amendement agricole. En effet, le bois peut contenir des polluants. C'est le cas des bois de démolition qui sont couverts d'enduits ou des végétaux qui ont absorbé des minéraux d'un sol pollué. La combustion de ces bois produira des produits dangereux pour l'homme et l'environnement. Les équipements, et surtout les filtres, doivent donc être adaptés à ce type de bois. Les cendres peuvent ainsi contenir des produits toxiques comme le Plomb ou de l'Arsenic. Il n'est dès lors pas question de répandre ces cendres polluées directement dans la nature (Energie+, 2013).

## La pollution des fumées et émissions nocives

Comme toute combustion, la combustion du bois émet de la vapeur d'eau, des NOx et de SOx. Le bois contenant peut de soufre, les émissions de SOX sont moindres que dans le cas du pétrole. Au contraire, l'émission de NOx est aussi importante que lors de la combustion d'énergie fossile et les composés azotés seront donc autant responsables des pluies acides. Il est donc nécessaire de respecter les normes d'émissions pour le bois énergie au même titre que pour les autres combustibles fossiles (Energie+, 2013).



A côté de ces émissions normales, quand la combustion est sous-optimale, une série de gaz nocif supplémentaire est émise lors de la combustion. On retrouve ainsi dans les fumées des composés organiques volatiles (COV), du goudron (qui condense sur les parties froides et encrasse l'installation) et du charbon. Une combustion non maîtrisée peut aussi produire du monoxyde de carbone très dangereux pour la santé. Ces problèmes peuvent être maîtrisés voire évités en travaillant avec des chaudières ou poêles modernes, bien dimensionnés, et un combustible de qualité avec un taux d'humidité acceptable (Energie+, 2013).

Mais la combustion du bois est surtout émettrice de particules très fines, de diamètre aérodynamique inférieur à  $1\mu\text{m}$  ce qui leur permet de se fixer dans les poumons et les rend cancérigènes pour l'homme. Ainsi, si celles-ci ne sont pas récoltées dans le cendrier, on parle alors de cendres «volantes», elles sont susceptibles d'être inhalées par l'homme (Energie+, 2013).

Pour gérer ces émissions nocives pour l'homme et/ou l'environnement, il est donc primordial de contrôler et d'assurer l'étanchéité de l'installation. De même, il est possible d'éviter de telles émissions dans l'atmosphère grâce à des dispositifs adaptés et des techniques d'épuration (multicyclones, électrofiltres, filtres à manche, ...). Ainsi, un filtre à particules (ou FAP) est un système de filtration utilisé pour retenir les fines particules. Ces filtres équipent de plus en plus les échappements des moteurs Diesel récents mais devraient aussi équiper tous les systèmes de chauffage au bois pour réduire la pollution de l'air, surtout en zone d'habitat rapproché. Les particules fines ayant un effet négatif notamment dans les environs immédiats de la source d'émission. Cependant, ceux-ci sont relativement coûteux ce qui ne les rend accessibles qu'aux plus grandes installations industrielles seulement (Crehay et Marchal, 2004). Mais d'un point de vue environnemental, ces filtres s'imposent même si leur efficacité n'atteint pas 100 %.

En conclusion, la pollution par le bois-énergie pourrait être réduite en encourageant les particuliers à s'équiper en foyers de cheminée fermés et en incitant les collectivités à recourir à des chaufferies bois de grande taille. Les appareils labélisés Flamme verte garantissent une qualité, un rendement, et des performances énergétiques et environnementales accrues.

## Exemples, bonnes pratiques

### **Le bois-énergie dans le secteur tertiaire : l'école d'Ambly à Nassogne :**

C'est suite à une rénovation complète de son enveloppe en 2005 et à l'obtention du label « école-éco-sympa » en 2006 que l'école d'Ambly a continué sur sa lancée et entamé des travaux d'extension et d'aménagements écoresponsables par l'utilisation de matériaux écologiques et naturels durant les années 2007 et 2008. C'est dans ce cadre-là qu'il a été décidé de remplacer l'ancienne chaudière alimentant le chauffage central par une nouvelle chaudière automatique aux pellets.

D'un point de vue environnemental, le projet permet de limiter les émissions de gaz carbonique et la consommation de pétrole. Il permet en plus de produire localement puisque les granulés de bois sont compactés à partir de sous produits bois des scieries et des entreprises régionales. Ce projet, outre sa valeur éducative au sein de l'école, a également impliqué la population dans les décisions sur la gestion de l'environnement et, plus largement, sur le développement durable.





D'un point de vue économique, cette installation est le fruit d'un investissement commun entre la Communauté française et la Commune de Nassogne permettant, en estimation, une économie annuelle de 700€ pour l'école d'Ambly.

Tableau 3 : Fiche technique du projet bois-énergie de l'école d'Ambly

<b>Fiche technique du projet</b>	
<b>Technologies installées</b>	
Type de chaudière	Ökofen Pellematic (15 kW)
Type de combustible bois	Pellets
Volume du silo	6 m <sup>3</sup>
Consommation annuelle en granulés	3 tonnes
<b>Données économiques</b>	
Investissement brut	21 611 €
Réduction sur la facture énergétique	Environ 700 € par an
Temps de retour sur investissement	7,8 ans
<b>Gains environnementaux</b>	
Litres équivalent de pétrole par an	1 500 l
Economie d'émissions de CO <sub>2</sub>	4,1 tonnes/an

D'un point de vue technique, la chaudière est totalement automatisée. L'alimentation du foyer volcan, via le silo tampon, est réalisée grâce à une vis sans fin directement depuis le silo principal. Un – voire deux – remplissage quotidien du silo tampon est suffisant et la capacité du silo principal permet de satisfaire pendant un an aux besoins de l'école entre 2 approvisionnements par camion citerne.

Ces informations proviennent de la Fiche Bois « Le bois-énergie fait «école» à Ambly (Nassogne). Elèves et instituteurs y sont chauffés aux granulés de bois ! » réalisée par la FRW Facilitateur Bois-Energie – Secteur Public (septembre 2008) qui est disponible sur le Portail de l'énergie en Wallonie.

## Le bois-énergie dans le logement collectif : le « Clos du Chemin Vert » à Chimay

L'asbl « Le Clos des Chemin Vert » qui occupe 6 bâtiments identiques à Chimay est une association d'accueil et d'encadrement active dans le secteur de la jeunesse et de l'enfance. Depuis 2007, l'association a entamé plusieurs actions dans le but d'économiser de l'énergie. D'une part, de manière pratique en améliorant l'enveloppe de ses bâtiments et, d'autre part, de manière pédagogique en sensibilisant leurs jeunes occupants à un comportement moins énergivore. Ainsi, c'est dans ce cadre de réflexion qu'un audit





énergétique a montré en 2008 non seulement l'importance de remplacer les installations vétustes de chauffage mais aussi la pertinence d'une chaufferie centralisée pour les 6 bâtiments et, finalement, la rentabilité d'un projet bois-énergie.

Pratiquement, le choix s'est porté sur une chaudière à pellets. En effet ce combustible présente à la fois un caractère écologique de part ces émissions de CO<sub>2</sub> neutres et durable du fait que les pellets étaient fabriqués à partir de sous-produits provenant de l'activité du bois en Région wallonne. La chaufferie centralisée a donc permis d'économiser de la place dans chaque bâtiment et à été installée dans des locaux techniques à part. Toutefois, une chaudière d'appoint au mazout a été installée pour parer à toutes éventualités étant donné l'occupation du site par des enfants et des jeunes.

Un réseau de chaleur enterré de deux fois 412 m et constitué de conduites souples pré-isolées permet de relier les 6 différents bâtiments de l'asbl. La aussi, la réflexion a été menée jusqu'au bout puisqu'il s'agit d'un réseau possédant une durée de vie supérieure à 75 ans et qui, en outre, est adapté à tous types de production de chaleur pour parer à un éventuel changement du système de chauffe dans l'avenir. De plus, chaque bâtiment possède un ballon de stockage thermique de 800 litres permettant également de produire de l'eau chaude sanitaire en semi-instantané. Une résistance électrique produit le complément lorsque la chaudière est à l'arrêt. A nouveau, la réflexion environnementale a été poussée jusqu'au bout puisque des raccordements à des panneaux solaires ont déjà été prévus pour le futur.

Tableau 4 : Fiche technique du projet bois-énergie du «Clos du Chemin Vert»

<b>Fiche technique du projet</b>	
<b>Technologies installées</b>	
Type de chaudière	Köb – VIESSMANN (150 kW)
Type de combustible bois	Pellets
Volume du silo	48 m <sup>3</sup>
Consommation annuelle en granulés	120 tonnes
Chaudière d'appoint au mazout	270 kW
Consommation résiduelle de mazout	500 l/an
<b>Données économiques</b>	
Investissement brut	320 540 €
Réduction sur la facture énergétique	Environ 7 960 € par an
Temps de retour sur investissement	5,65 ans
<b>Gains environnementaux</b>	
Litres équivalent de pétrole par an	60 800 l
Economie d'émissions de CO <sub>2</sub>	164 tonnes/an



Ainsi, ce projet pensé de manière globale permet notamment de consommer moins grâce aux divers rénovations de l’enveloppe et à un comportement écoresponsable des habitants, de consommer mieux en utilisant un combustible neutre en émissions de carbone et, finalement, de consommer durable en valorisant une ressource locale.

Ces informations proviennent de la Fiche Bois « Un chauffage écologique et durable pour le «Clos du Chemin Vert à Chimay» réalisée par la FRW Facilitateur Bois-Energie – Secteur Public (septembre 2010) qui est disponible sur le Portail de l’énergie en Wallonie.

## Le bois-énergie pour alimenter un réseau de chaleur urbain : La Commune de Libin

La Commune de Libin, située dans la province du Luxembourg, fait partie des grosses communes forestières de Wallonie avec plus 8 200 ha de forêts dont plus de 6 000 ha communaux. C’est donc tout naturellement qu’elle s’est tournée vers une chaufferie centralisée au bois pour chauffer ses bâtiments communaux. Cependant la Commune a très rapidement associé les riverains à proximité à la démarche, ce qui fait qu’aujourd’hui ils représentent la moitié des consommations du réseau.

Ce partenariat permet, d’un point de vue économique, de réduire les coûts d’investissement et d’augmenter la rentabilité et, d’un point de vue environnemental, d’améliorer la performance du système en variant les profils de consommations.

La chaufferie, située dans d’anciens locaux de la Commune, est alimentée via un silo de 90 m<sup>2</sup> utile en bois de la région. La Commune de Libin s’est également associée aux Communes voisines de Wellin et de Paliseul pour créer et gérer une plateforme de préparation, de séchage, de stockage et de distribution des plaquettes de bois.

Tableau 5 : Fiche technique du projet bois-énergie de la commune de Libin

Fiche technique du projet	
<b>Technologies installées</b>	
Type de chaudière	SCHMID (550 kW)
Type de combustible bois	Plaquettes
Volume du silo	130 m <sup>3</sup> (90m <sup>3</sup> utile)
Consommation annuelle en plaquettes	2 000 map (1 m <sup>3</sup> ≈ 2,5 map ≈ 250 l de mazout)
Chaudière d’appoint au mazout	600 kW
Consommation résiduelle de mazout	20 000 l/an
<b>Données économiques</b>	
Investissement brut	1 078 000 €
Réduction sur la facture énergétique	Environ 60 000 € par an
Temps de retour sur investissement	3,6 ans
<b>Gains environnementaux</b>	
Litres équivalent de pétrole par an	180 000 l
Economie d’émissions de CO <sub>2</sub>	486 tonnes/an





Une chaudière d'appoint au mazout est également installée mais la chaudière bois est largement valorisée et couvre à peu près 90% des besoins thermiques du réseau. Le réseau de chaleur alimente 9 bâtiments publics et 16 privés, soit 22 logements, via 715 mètres de conduites.

Ce projet a permis le remplacement de 26 chaufferies distinctes par seulement 2 et de diviser par trois la puissance installée, tout en couvrant toujours près de l'entièreté des besoins de chaleur du réseau.

Ces informations proviennent de la Fiche Bois « La forêt communale plutôt que les derricks de pétrole pour alimenter le réseau de chaleur de Libin » réalisée par la FRW Facilitateur Bois-Energie – Secteur Public (mai 2009) qui est disponible sur le Portail de l'énergie en Wallonie si vous désirez plus d'information.

## Conclusion

La filière bois-énergie représente une part importante de la production de chaleur en Wallonie et dans le monde. Le bois de chauffage peut provenir aussi bien de nos forêts que des déchets de l'industrie du bois ou que des produits en bois en fin de vie. Il est présent sous différentes formes dont les plus courantes sont les bûches, les plaquettes et les pellets. Chaque type de bois de chauffage va présenter des caractéristiques propres qui vont influencer sur son secteur d'utilisation, sur son stockage, sur le mode d'alimentation de la chaudière, sur son prix ou encore sur son rendement énergétique. Le bois est le premier combustible que l'homme a utilisé pour se chauffer et, aujourd'hui, il garde encore ce caractère chaleureux dans nos maisons. En plus les systèmes de conversion du bois en chaleur et/ou en électricité étant de plus en plus performants, cela en fait une ressource énergétique renouvelable de premier plan parmi la biomasse et les autres énergies renouvelables.

## Références

La plus part des éléments de cette fiche technique proviennent de l'asbl ValBiom. L'ensemble des documents, fiches et notes produits par l'asbl sont disponible en ligne sur leur site : [www.valbiom.be](http://www.valbiom.be)

- CARRE J. et al. [1991]. Le chauffage au bois, Note technique du Centre de Recherches agronomiques de l'Etat Gembloux, N° 48, juin 1991, 2nde édition, 56p, ISSN 0771-0607.



- Crehay R. et Marchal d. [2004]. La filière bois-énergie, Dossier réalisé par ValBiom pour le compte de la DGTRE, Décembre 2004.
- Energie+
- Nijskens P. [2005]. Note récapitulative : culture de Taillis à très Courte Rotation (TtCR) de saules, Document « FARR\_WAL » réalisé par ValBiom avec le soutien de la Région wallonne, DG Agriculture, Mai 2005.
- Observ'ER [2012]. Baromètre Biomasse solide, Baromètre réalisé dans le cadre du projet « EurObserv'ER 2020 », Décembre 2012, disponible sur le site internet : [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)
- Quadu F. [2013]. Les impacts du développement de la biomasse-énergie sur le territoire wallon, Territoire(s), Revue scientifique en ligne spécialisée en développement territorial et en aménagement du territoire, Article 2, Mai 2013, disponible sur le site internet : [www.territoires.be](http://www.territoires.be)
- Energie+ [2013]. Energie+, version 8, Architecture et Climat, Université catholique de Louvain (Belgique) 2013, réalisé avec le soutien de la Wallonie - DGO4 - Département de l'Énergie et du Bâtiment Durable. Disponible sur : <http://www.energieplus-site.be>
- Filloux A. [2010] Intégrer les énergies renouvelables. CSTB, Nancy, 127p.
- Penders M. [2013] Rénovation énergétique des îlots, Stratégie d'intégration des énergies renouvelables dans le but de tendre vers l'objectif zéro-énergie, Travail de In d'études réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en Ingénieur Civil Architecte à ULg, Liège, non-publié.

## Pour aller plus loin

### Autres fiches

Découvrez nos autres fiches pratiques sur [www.solen-energie.be](http://www.solen-energie.be), en particulier celles sur la biomasse :

- SOLENER05 : La biomasse
- SOLENER07 : Le biogaz
- SOLENER08 : Les biocarburants

Ainsi que les autres fiches techniques sur les énergies renouvelables :

- SOLENER02 : Les panneaux solaires photovoltaïques
- SOLENER03 : Les panneaux solaires thermiques
- SOLENER04 : Les éoliennes
- SOLENER10 : La pompe à chaleur et la géothermie





## Liens utiles

- Notre site : [www.solen-energie.be](http://www.solen-energie.be)
- L'asbl ValBiom : [www.valbiom.be](http://www.valbiom.be)
- Portail de l'énergie en Wallonie : <http://energie.wallonie.be/>
- LEMA : [www.lema.ulg.ac.be](http://www.lema.ulg.ac.be)
- Architecture et Climat : [www-climat.arch.ucl.ac.be](http://www-climat.arch.ucl.ac.be)

## Auteurs de la fiche

### Architecture et Climat

Université catholique de Louvain

S. Cuvellier et Prof. A. De Herde

Place du Levant, 1

1348 Louvain-La-Neuve

[simon.cuvellier@uclouvain.be](mailto:simon.cuvellier@uclouvain.be)

+32 10 47 23 34