



Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Vlaamse overheid 



LE GOUVERNEMENT DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG



Wallonie



REGION DE BRUXELLES-CAPITALE  
BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

  
benelux



ANNÉE INTERNATIONALE DES FORÊTS - 2011



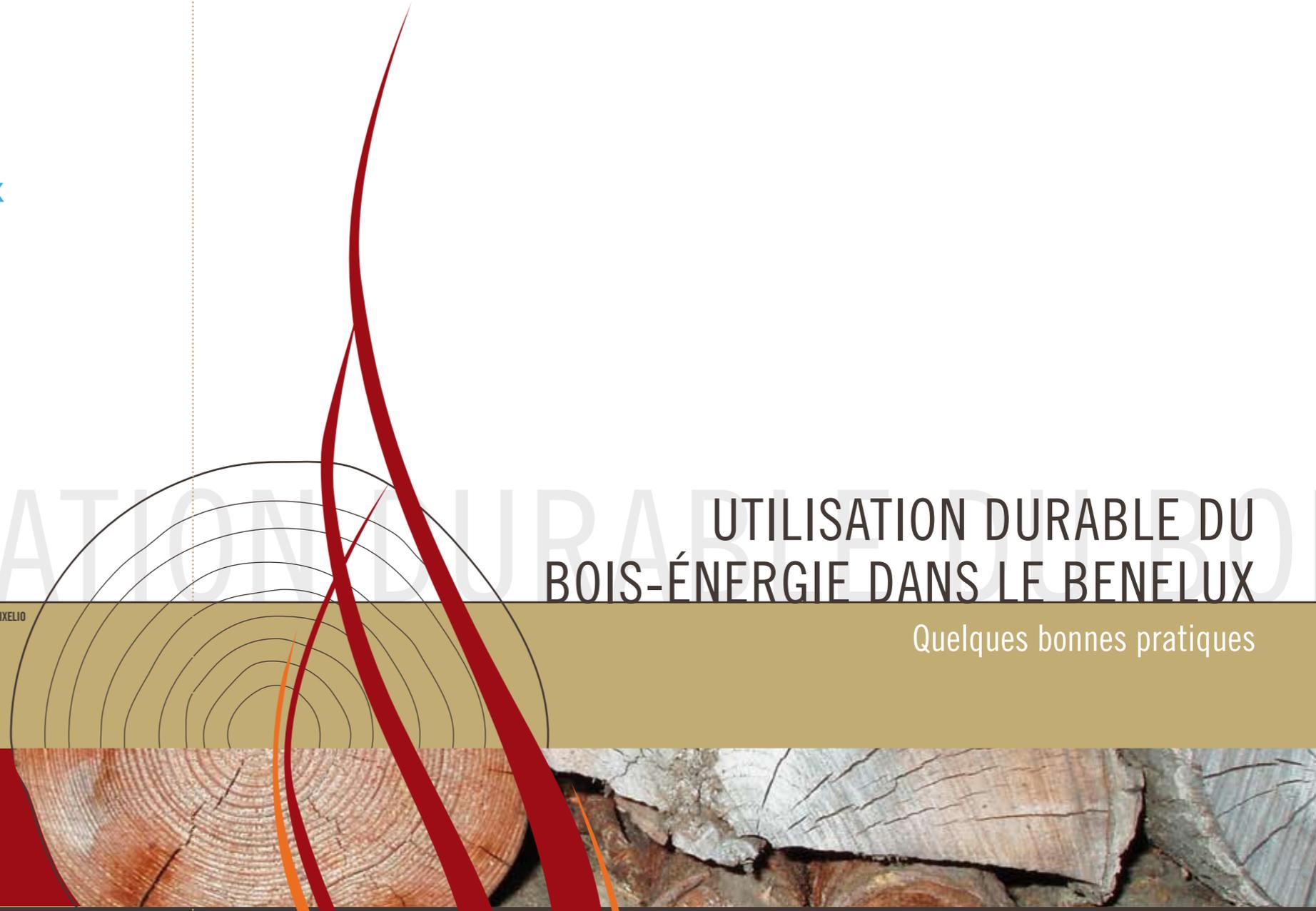
2010 Année Internationale de la Diversité Biologique

# UTILISATION DURABLE DU BOIS-ÉNERGIE DANS LE BENELUX

Quelques bonnes pratiques

© Maria Lanznaster / PIXELIO

Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement.





## CONTENU

Préface	05	2.6 Derniers conseils	18
<b>1 Le bois-énergie – penser globalement, agir localement</b>	<b>06</b>	<b>3 Quelques pratiques dans le Benelux</b>	<b>20</b>
<b>2 La valorisation énergétique du bois</b>	<b>08</b>	3.1 Région de Bruxelles-Capitale (Belgique) : Potentiel dans la Région	20
2.1 Comparaison des différentes catégories de bois-énergie	08	3.2 Région flamande (Belgique) : Taillis à très courte rotation	22
2.2 Aperçu des caractéristiques de différents combustibles ligneux	12	3.3 Région wallonne (Belgique) : Un réseau de « facilitateurs »	24
2.3 Considérations sur le changement climatique	13	3.4 Pays-Bas : Installation de biomasse à Beetsterwaag	26
2.4 Autres impacts écologiques importants	14	3.5 Grand-Duché de Luxembourg : Succès d'une approche locale	28
2.5 Considérations économiques sur les différentes catégories de bois-énergie	17	Remerciements et adresses des administrations concernées	30

## A QUI

est destiné ce dossier ?

Ce document s'adresse aux personnes impliquées dans la production d'énergie ou toute autre utilisation de la biomasse provenant du bois (les produits chimiques, les carburants de seconde et troisième génération) et/ou de l'approvisionnement du secteur (production et récolte de bois). Le contenu a été élaboré pour des lecteurs qui réfléchissent et agissent déjà selon les principes de gestion durable et qui veulent exploiter la biomasse bois comme une matière première locale, écologique et renouvelable, que ce soit pour des applications énergétiques ou autres.

Si vous estimez faire partie de ce public cible, ce document vous fournira une vue d'ensemble du secteur de la biomasse bois, allant de la production jusqu'à la consommation.

Si vous êtes désireux d'en savoir encore un peu plus, consultez le site [www.benelux.be](http://www.benelux.be) (cliquez sur l'onglet «Dossiers») où une version plus technique de la présente publication est téléchargeable. Vous y trouverez des informations complémentaires, des références bibliographiques, et des liens Internet vous feront «voyager» dans le monde du bois-énergie.

## PRÉFACE

A une époque où nous devons faire face à de sérieux défis, tels que le changement climatique, la perte continue d'espèces animales et végétales, la consommation accrue des ressources fossiles d'énergie et des matières premières, notre devoir est d'agir de façon plus respectueuse de l'environnement.

Le Benelux, avec une densité de population élevée, une économie forte et un réseau d'échanges intensifs sur un territoire très limité, se doit donc, dans notre intérêt et celui des générations à venir, d'aspirer au développement durable. Ainsi, œuvrer en faveur de l'expansion des sources renouvelables d'énergie peut contribuer à relever les défis évoqués ci-dessus.

Le Benelux soutient l'ambition «20/20/20» affichée par l'Union Européenne qui consiste à réduire de 20% les émissions des gaz à effet de serre, atteindre une efficacité énergétique de 20% et une part de 20% de renouvelable dans la consommation d'énergie, à l'échelle européenne et à l'horizon 2020. Dans ce contexte, la promotion de l'utilisation d'une partie de la biomasse produite par les forêts pour la production d'énergie a été intégrée dans le plan d'action forestier européen.

Dans les pays tels que ceux du Benelux, la plus grande partie du bois produit est déjà utilisée à de multiples fins (bois d'œuvre et bois d'industrie, notamment). La promotion de la valorisation énergétique du bois doit s'effectuer en donnant la priorité à une valorisation matière. Néanmoins, sous certaines conditions, l'optimisation des ressource

forestières autorise d'intéressantes perspectives de valorisation énergétique. La biomasse ligneuse, c'est-à-dire issue du bois, représente une source renouvelable d'énergie dont la production et l'utilisation rationnelles sont neutres vis-à-vis du climat, créatrices d'emplois et source de valeur ajoutée régionale.

Cependant, bien que renouvelable, cette ressource naturelle n'est pas inépuisable ! Là aussi, l'équilibre entre les trois piliers du développement durable doit être respecté. Tout recours abusif et irréfléchi à cette source d'énergie pour atteindre l'objectif européen «20/20/20», mènerait inévitablement à des déséquilibres néfastes pour les forêts et la biodiversité. Ce n'est que dans le cadre d'une politique énergétique diversifiée que le bois-énergie pourra apporter sa contribution équilibrée à la lutte contre le changement climatique.

Si vous souhaitez œuvrer pour le développement durable dans le domaine du bois-énergie, ce document vous présentera une vue d'ensemble sur l'utilisation et la production de la biomasse ligneuse, dans le but de promouvoir de bonnes pratiques professionnelles.



Jan P.R.M. van Laarhoven  
Secrétaire général du Secrétariat  
général Benelux

# 1. LE BOIS-ÉNERGIE

— penser globalement, agir localement

La promotion des sources d'énergie renouvelables est une mesure importante pour contribuer à résoudre le défi du changement climatique. L'énergie provenant de la biomasse ligneuse représente l'une des pièces de ce vaste puzzle. Bien sûr, la combustion du bois émet du dioxyde de carbone, mais il ne faut pas oublier que le carbone stocké dans la biomasse a récemment été extrait de l'atmosphère via la photosynthèse des

plantes, alors que ce processus a eu lieu il y a des millions d'années pour les ressources fossiles. Il s'agit donc d'une **source renouvelable d'énergie avec un bilan en CO<sub>2</sub> neutre, pour autant que les matières premières formant cette biomasse proviennent de systèmes de production gérés de manière durable et n'utilisent que l'accroissement naturel des plantes sans porter préjudice à la biodiversité.**

## Caractéristiques liées à l'utilisation d'énergie équivalente à 5.000 litres de mazout (~ 50.000 kWh = 50 MWh)

	BÛCHES DE BOIS	COPEAUX DE BOIS	GRANULÉS DE BOIS (PELLETS)	MAZOUT	GAZ
VOLUME	25.000 litres	62.500 litres	15.000 litres	5.000 litres	5.000 m <sup>3</sup>
ENERGIE	50.000 kWh	50.000 kWh	50.000 kWh	50.000 kWh	50.000 kWh
POIDS	12,5 t	12,5 t	10 t	4,3 t	4,2 t
CO <sub>2</sub> FOSSILE	0 kg	0 kg	0 kg	13,5 t	9,5 t
NO <sub>x</sub>	11 kg	11 kg	11 kg	5,4 kg	7,2 kg
SO <sub>2</sub>	9,6 kg	9,6 kg	9,6 kg	14,35 kg	78 g
MICROPARTICULES	12,35 kg	12,35 kg	12,35 kg	181 g	25 g

Emissions en CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> et fines particules de la production d'énergie équivalente à 5.000 litres de mazout (~ 50.000 kWh = 50 MWh)  
=> «Energie grise» non indiquée. (Source: Leitfaden für die Errichtung von Holzenergie-Anlagen; RUCHSER, deuxième édition (2001))



Il importe de préciser que, même si la combustion de la biomasse en soi est neutre en CO<sub>2</sub>, sa production et son exploitation ne le sont pas, puisque les machines généralement utilisées dans ce secteur fonctionnent aux combustibles fossiles. Cette quantité d'énergie nécessaire à l'exploitation d'une source d'énergie est généralement appelée «énergie grise» ou «sac à dos écologique». Cette «énergie grise» augmente proportionnellement à la distance de transport d'un produit et la complexité de sa production. **L'exploitation énergétique de la biomasse ligneuse doit donc idéalement être effectuée à un niveau local et régional.**

L'utilisation énergétique du bois n'est qu'une des multiples applications de cette matière première. Le bois est un matériau naturel noble d'une importance particulière pour les secteurs de la construction, de l'ameublement et de l'industrie du papier. En d'autres termes, **si l'on utilise le bois comme source d'énergie, il faut être conscient de l'impact global de cette décision sur l'entièreté du secteur, afin d'éviter des effets contradictoires.**

De manière générale, la décision en faveur ou non d'une valorisation énergétique du bois doit toujours être prise en **respectant le «principe de la cascade économique»**. Il faut donc donner la préférence à une utilisation du bois procurant une plus value technologique et économique maximale et préservant un maximum d'emplois. Le bois de qualité supérieure doit être prioritairement utilisé dans le cadre de processus de production plus nobles comme par exemple la fabrication de meubles, le bois de moindre qualité ou les sous-produits pouvant être valorisés par exemple en vue d'une utilisation énergétique.

**En tenant compte de ces principes généraux, la biomasse ligneuse représente une source d'énergie écologique, renouvelable, qui n'affecte pas le climat et qui crée des plus-values régionales.** C'est pour cette raison, que la promotion de la biomasse ligneuse comme source d'énergie est un des objectifs de la stratégie de l'UE qui vise à assurer la sécurité de son approvisionnement en énergie et de rendre ainsi les États membres moins dépendants de d'éventuelles pénuries de combustibles fossiles et des augmentations incontrôlables de leur prix.

## 2. LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

du bois

### 2.1 Comparaison des différentes catégories de bois-énergie

On peut regrouper les combustibles ligneux en trois grandes catégories :

1. **Les sous-produits primaires** (bois de qualité faible provenant des opérations de récolte);
2. **Les sous-produits secondaires** (produits connexes de l'industrie de la transformation du bois);
3. **Le bois de rebut** (bois recyclé).

#### 2.1.1 Les sous-produits primaires

Cette première catégorie se compose de résidus de bois obtenus lors des opérations d'exploitation et de récolte du bois, à savoir les opérations de coupes finales ou d'éclaircies en forêt, certaines mesures de conservation de la nature, la gestion du paysage, l'entretien des arbres bordant les routes ou les mesures de jardinage comme par exemple la taille des haies. Le bois provenant de plantations à courte rotation (TCR) fait également partie de cette caté-

gorie. Dans ce cas, il ne s'agit pas à proprement parlé d'un sous-produit, mais d'une production énergétique à part entière. Ces produits ne peuvent pas être utilisés dans les processus de production de qualité supérieure.

Les types de combustibles produits dans la catégorie des sous-produits primaires sont:

- le bois de chauffage classique (bûches) et
- les copeaux de bois (appelés aussi «plaquettes» ou «bois déchiqueté»)

Comme ce bois n'est pas traité chimiquement, il est bien adapté à tous les systèmes de chauffage au bois, et surtout aux plus **petites installations** qui ne sont pas équipées d'un système de filtration des gaz d'échappement<sup>1</sup>. On retrouve ce type d'installation surtout dans des **maisons privées** (p.ex. poêles et chaudières à bois) ou dans des **immeubles à appartements** et des **bâtiments publics** (p.ex. chauffage central fonctionnant aux plaquettes de bois).

© Rainer Sturm / PIXELIO



bois de chauffage classique (bûches)



copeaux de bois

1 | Des systèmes de filtration pour des installations domestiques sont en cours de développement

### Comparaison du bois de chauffage classique et des copeaux de bois

	BOIS DE CHAUFFAGE CLASSIQUE	COPEAUX DE BOIS
ADAPTÉ AUX UNITÉS DE COMBUSTION ENTIÈREMENT AUTOMATIQUES?	☹️	😊
ADAPTÉ AUX UNITÉS DE COMBUSTION PUISSANTES?	☹️	😊
PRIX DU COMBUSTIBLE	😊	😊
CONFORT D'UTILISATION	☹️	😊
EXIGENCES PAR RAPPORT À LA QUALITÉ DU BOIS	😊	😊
INVESTISSEMENT POUR L'INSTALLATION D'UNE UNITÉ DE COMBUSTION	😊	☹️
EFFICACITÉ DES UNITÉS DE COMBUSTION	😊	😊
ÉNERGIE GRISE	😊	😊
CONTENU ÉNERGÉTIQUE PAR VOLUME	😊	☹️



## 2. LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

du bois

### 2.1.2 Les sous-produits secondaires (produits connexes de l'industrie du bois)

Les produits connexes de l'industrie du bois consistent essentiellement en écorces, sciures et copeaux. Comme pour les sous-produits primaires, ici aussi le bois n'est généralement pas traité chimiquement. La combustion des sous-produits secondaires peut donc également se passer de systèmes de filtration des gaz d'échappement et convient ainsi aux moyennes et petites installations de chauffage.

Les types de combustibles produits dans la catégorie des sous-produits secondaires sont:

- les granulés de bois (pellets)
- les copeaux de bois
- les briquettes de bois

Les GRANULÉS DE BOIS sont principalement employés dans les **petites installations** de chauffage, **entièrement automatiques** et faciles à manipuler (poêles et chaudières à pellets). Leur utilisation a connu un essor persistant au cours des dernières années. Dans le cadre de petites installations pour des **maisons unifamiliales**, les granulés de bois offrent une alternative valable, confortable et écologique aux sources d'énergies fossiles. En raison de leur homogénéité, ceux-ci peuvent être transportés et livrés facilement, et leur haut potentiel énergétique n'exige qu'une capacité de stockage limitée.

L'utilisation de COPEAUX DE BOIS est comparable à celle des granulés. Les unités de combustion fonctionnent de façon entièrement automatisée et offrent un confort élevé à l'utilisateur. En ce qui concerne l'investissement, les unités de combustion à copeaux de bois sont généralement plus chères



les granulés de bois (pellets)

© Thorben Wengert / PIXELIO



copeaux de bois (plaquettes)

© Stihl024 / PIXELIO



les briquettes de bois

que les installations de chauffage aux granulés de bois, en raison de leur plus grande complexité technique. Par contre, le coût plus faible des copeaux de bois compense rapidement l'investissement de départ plus élevé. C'est la raison pour laquelle les copeaux de bois sont le plus souvent utilisés dans le cadre d'**unités de combustion plus puissantes pour chauffer par exemple plusieurs grands bâtiments à l'aide d'un système de réseau de chaleur**. Une autre raison pour laquelle les copeaux de bois sont essentiellement utilisés dans des installations plus grandes, est que les copeaux de bois sont généralement moins homogènes<sup>2</sup> (taille, humidité, qualité) que les granulés de bois. Un aspect qui freine quelque peu une utilisation plus générale des copeaux de bois dans le secteur des maisons unifamiliales est l'espace de stockage nécessaire, qui en moyenne, est quatre fois plus élevé que celui des granulés de bois.

Les BRIQUETTES DE BOIS peuvent être utilisées de la **même façon que le bois de chauffage traditionnel (poêles, chauffage central au bois)**, mais pas dans le cas d'installations entièrement automatiques. En comparaison au bois de chauffage traditionnel, les briquettes de bois sont d'une grande homogénéité et ont une valeur calorifique élevée. Leur stockage est facile et propre.

### 2.1.3 Le bois de rebut (bois recyclé)

Le bois recyclé représente un potentiel énergétique important, bon marché mais souvent sous-estimé. Il s'agit par exemple de :

- bois issu de démolitions ou de rénovations d'immeubles,
- vieux meubles en bois,
- emballages en bois,
- bois de rebut et déchets de bois

La principale différence, par rapport aux catégories de bois des classes de sous-produits primaires et secondaires, est que dans ce cas-ci, le bois est souvent traité chimiquement et mélangé à d'autres matériaux comme par exemple le plastique, le verre, etc. Dans certains pays comme les Pays-Bas, le bois recyclé est classé. La classe A fait référence aux vieux bois non-transformés, la classe B aux bois légèrement transformés et la classe C se réfère à du bois traité chimiquement.

En raison d'une contamination éventuelle des bois recyclés, la combustion de ceux-ci ne peut avoir lieu que dans des **installations industrielles adaptées et équipées de systèmes de filtration** des gaz d'échappement et des particules.

<sup>2</sup> Des copeaux calibrés et contrôlés en ce qui concerne leur taille et le taux d'humidité (CEN/TS 14961), sont également disponibles sur le marché.

## 2. LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

du bois

### 2.2 Aperçu des caractéristiques de différents combustibles ligneux

Le tableau ci-dessous donne un aperçu très général de quelques caractéristiques de différents combustibles ligneux. On constate qu'il existe parfois des différences sensibles dans les domaines

d'application spécifique à chaque catégorie. Les prix par exemple ne sont pas fixes. Ils dépendent directement de la situation actuelle du marché (avec en plus, des différences régionales qui peuvent parfois être importantes). Par conséquent, **il est vivement conseillé de faire appel à des spécialistes avant toute prise de décision.**

- favorable
- neutre
- défavorable

#### Aperçu des caractéristiques de différents combustibles à base de bois

CONVIENT POUR LA COMBUSTION DANS DES:	BOIS DE CHAUFFAGE CLASSIQUE	COPEAUX DE BOIS (NON-TRAITÉS)	GRANULÉS DE BOIS	BOIS DE REBUT
PETITES UNITÉS DE COMBUSTION (0-49 KW)	●	●	●	●
MOYENNES UNITÉS DE COMBUSTION (50-999 KW)	●	●	●	●
GRANDES UNITÉS DE COMBUSTION (1-5 MW)	●	●	●	●
TRÈS GRANDES UNITÉS DE COMBUSTION (> 5 MW)	●	●	●	●
PRIX DU COMBUSTIBLE	●	●	●	●
INVESTISSEMENTS EN CAPITAL	●	●	●	●
EMISSIONS/ASPECT ENVIRONNEMENTAL (INSTALLATIONS MODERNES)	● poêle traditionnel ● chauffage central	●	●	●
RENDEMENT (INSTALLATIONS MODERNES)	● poêle traditionnel ● chauffage central	●	●	●



© Rainer Sturm / PIXELIO

### 2.3 Considérations sur le changement climatique

Dans le contexte du changement climatique global, l'argument le plus important pour la promotion de l'utilisation du bois-énergie est sa neutralité en CO<sub>2</sub>, pour autant que la biomasse utilisée provienne de systèmes gérés de manière durable.

Bien que la combustion du bois soit en principe un procédé à bilan de CO<sub>2</sub> neutre, du dioxyde de carbone est toujours émis pendant sa production,

son exploitation et son transport. Cette «énergie grise» nécessaire pour la fourniture d'un certain produit, est aussi appelée «énergie cachée», car elle n'est pas directement visible par le consommateur final.

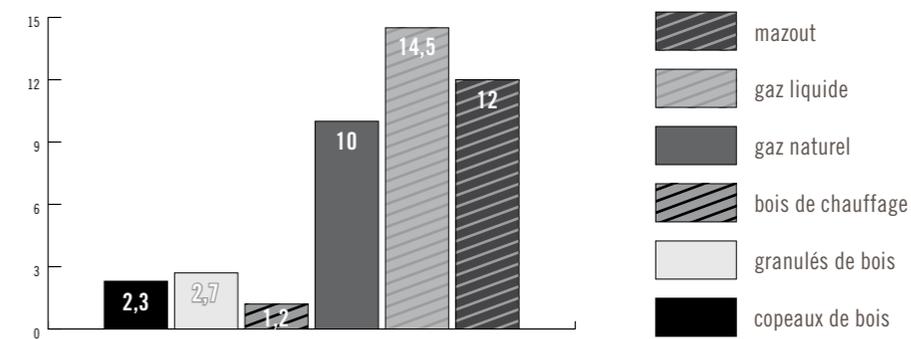
La quantité en «énergie grise» peut différer considérablement en fonction de l'intensité énergétique du processus de fabrication du produit. Néanmoins, la teneur en «énergie grise» des différentes catégories de bois-énergie est bien inférieure à celles des combustibles fossiles.

Le graphique montre que l'exploitation des différentes catégories de bois-énergie demande moins d'énergie que celle des combustibles fossiles. Toutefois, les valeurs illustrées dans ce graphique se basent sur un approvisionnement en bois régional.

**Afin de minimiser cette «énergie grise», il importe de réduire au maximum les distances de transport et l'énergie utilisée pour la logistique.**

Quantité moyenne d'«énergie grise» (en pourcentage du contenu énergétique total du combustible) pour différentes catégories de combustibles

(Source: BERGMAYER, J. (1996): Gesamtenergieaufwand bei der Herstellung von Hackgut bzw. Pellets; Universität de technologie Graz, Autriche)



## 2. LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

du bois

### 2.4 Autres impacts écologiques importants

Le bois-énergie présente encore d'autres impacts écologiques pendant sa production ou son utilisation. Pendant le cycle de production primaire de la biomasse ligneuse dans l'écosystème de production (à savoir les forêts, les plantations à courte rotation...), certains aspects écologiques comme par exemple la dégradation, la déminéralisation ou le compactage du sol doivent être pris en considération afin d'éviter des impacts négatifs sur l'environnement. Ces aspects sont également abordés dans le cadre des systèmes de certification forestière comme le FSC ou le PEFC.

#### 2.4.1 Risque de dégradation, de déminéralisation et de compactage du sol

La productivité des ZONES FORESTIÈRES ou agricoles est directement liée à la fertilité des sols. Par conséquent, il est important de veiller à ce que les systèmes d'exploitation mis en place ne conduisent pas à un appauvrissement en nutriments des surfaces exploitées et maintiennent leur fertilité et leur productivité.

Dans des systèmes d'exploitation forestière durables, gestion respectant la nature (par exemple les forêts certifiées PEFC ou FSC), la dégradation des sols n'est pas un problème, parce que le système entier est un circuit fermé où l'extraction et l'alimentation des sols en substances nutritives sont bien équilibrées.



De manière générale, et afin d'éviter la dégradation des sols et la perte de productivité des surfaces exploitées, **le système de gestion forestière appliqué doit respecter les points suivants:**

- pas d'exploitation par arbre entier,
- abandon des coupes rases,
- pas de surexploitation,
- plantation d'essences (indigènes) adaptées aux conditions climatiques et aux spécificités des habitats,
- pas de monoculture, mais des peuplements forestiers irréguliers,
- pas de déboisement pour des plantations à courte rotation.

Dans des PLANTATIONS À COURTE ROTATION, la situation est complètement différente de celle des forêts conventionnelles. La technique se rapproche plus des systèmes d'exploitation agricole que sylvicole. Dans de tels systèmes de production intensive, la totalité de l'accroissement en biomasse est exploitée entraînant un appauvrissement du sol.

Pour maintenir un niveau de productivité suffisant, ce type d'exploitation nécessite des amendements nutritionnels (fertilisation) à intervalles réguliers. Ces plantations peuvent donc être très productives, mais exigent en même temps un apport énergétique et nutritionnel sensiblement plus élevé.

**De manière générale, les plantations à courte rotation ne devraient jamais concurrencer la production alimentaire.** Par conséquent, l'installation de ce type de culture devrait être limitée aux terrains en jachère ou aux sols moins fertiles sur lesquels une production alimentaire n'est pas possible.

EN FORÊT, les méthodes de récolte modernes et fortement mécanisées utilisent souvent des engins d'exploitation très lourds. Le compactage du sol que ces machines peuvent induire est très néfaste à la structure fragile des sols forestiers et peut causer des dommages irréparables. Afin de les éviter, **les engins d'exploitation forestière lourds doivent être utilisés en respectant les principes suivants:**

- ils ne peuvent circuler en forêt que sur les chemins ou les layons de débardage marqués de manière visible et durable dans le peuplement, afin de concentrer les dommages dus au compactage du sol sur une partie restreinte de la forêt (certains systèmes de certification définissent des distances minimales entre ces chemins d'exploitation),
- ils ne doivent circuler en forêt que si le sol est suffisamment sec ou profondément gelé en vue de réduire au maximum les dégâts de compactage,
- ils doivent être équipés de pneus à basse pression et être manipulés par des chauffeurs expérimentés.

**L'aspect du compactage du sol est moins problématique** dans les PLANTATIONS À COURTE ROTATION, puisque les sols sont régulièrement labourés ce qui neutralise artificiellement le compactage. Néanmoins, l'activité de la pédofaune et la disponibilité d'éléments nutritifs sont sensiblement inférieures à celles des véritables sols forestiers.



## 2. LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

du bois



### 2.4.2 L'impact sur la biodiversité

Afin de maintenir une grande biodiversité EN FORÊT, il faut s'assurer que l'utilisation accrue de bois-énergie ne conduise pas à des méthodes de gestion non-durables de la forêt, c'est-à-dire que la quantité de bois exploité ne dépasse pas la capacité d'accroissement naturel. Néanmoins, dans certains cas, il peut être intéressant d'éclaircir davantage les peuplements forestiers afin de diversifier la structure des forêts et de favoriser ainsi la biodiversité. Mais il est préférable de prendre de telles décisions de gestion dans le contexte d'un plan de gestion spécialement élaboré pour une forêt donnée.

Dans ce contexte, **une exploitation énergétique du bois doit se faire selon les règles de gestion forestière suivantes :**

- pas d'exploitation par arbre entier,
- conserver en forêt une quantité suffisante de vieux arbres et de bois mort,
- planter uniquement des essences indigènes et/ou bien adaptées à l'habitat,
- pas de grandes coupes rases.

En raison de son caractère monoculturel, **la biodiversité dans les plantations à courte rotation est beaucoup plus limitée** et ne peut être comparée à

celle des peuplements forestiers plus naturels. La biodiversité est cependant en général plus élevée que celle d'autres cultures agricoles annuelles. Concernant leur niveau de biodiversité, ces plantations sont donc à classer entre les peuplements forestiers plus naturels et les cultures énergétiques agricoles.

### 2.4.3 L'émission de fines particules pendant la combustion

La pollution par les fines particules, susceptibles d'être cancérigènes, a récemment suscité beaucoup d'attention. Les vieilles unités de combustion de bois avec un rendement limité, peuvent produire de grandes quantités de particules fines. Ceci peut être le cas si elles sont alimentées avec un combustible trop humide ou si elles ne sont pas utilisées de manière professionnelle.

Dans les systèmes de chauffage modernes qui contrôlent la qualité de la combustion par des sondes lambda, la combustion est très efficace pour autant qu'elle soit effectuée avec du combustible de bonne qualité. Généralement, les systèmes entièrement automatiques ont un degré de qualité de combustion plus élevé que les appareils de chauffage à alimentation manuelle: le contrôle de l'arrivée d'air et l'alimentation automatique garantissent une combustion efficace et propre.

## 2.5 Considérations économiques sur les différentes catégories de bois-énergie

### 2.5.1 Concurrence entre les usages traditionnels du bois et sa valorisation énergétique

Parallèlement à la «renaissance» du bois-énergie au cours des dernières années, une nouvelle concurrence entre l'utilisation énergétique et les autres utilisations de certains produits du bois (pâte à papier, OSB, MDF...) est apparue. Elle se remarque surtout au niveau des sous-produits primaires et secondaires. Pour les propriétaires de forêt cette nouvelle situation est généralement positive, parce qu'elle induit des prix plus élevés pour les catégories de bois industriel de moindre qualité.

Outre l'augmentation du coût de la matière première pour certains secteurs de l'industrie du bois, une expansion non-contrôlée de l'utilisation de bois comme source d'énergie peut entraîner un risque de pénurie de matière première pour l'industrie. Dans le pire des cas, un tel développement pourrait mener à des ferme-

tures d'entreprises. Pour éviter un tel développement contre-productif, l'accroissement de l'utilisation du bois-énergie doit respecter le potentiel de biomasse ligneuse disponible de manière durable.

En ce qui concerne cette problématique, les mécanismes de régulation de l'économie du marché sont souvent insuffisants. Il est donc important que le développement du secteur du bois-énergie se fasse sous l'œil attentif des décideurs politiques afin de pouvoir prendre les mesures nécessaires pour assurer une coexistence durable entre les différents types d'utilisation du bois.

### 2.5.2 Conséquences économiques d'une expansion du secteur du bois-énergie

Tenant compte de ce qui précède, l'utilisation du bois-énergie à plus grande échelle offre différents avantages économiques, particulièrement dans les

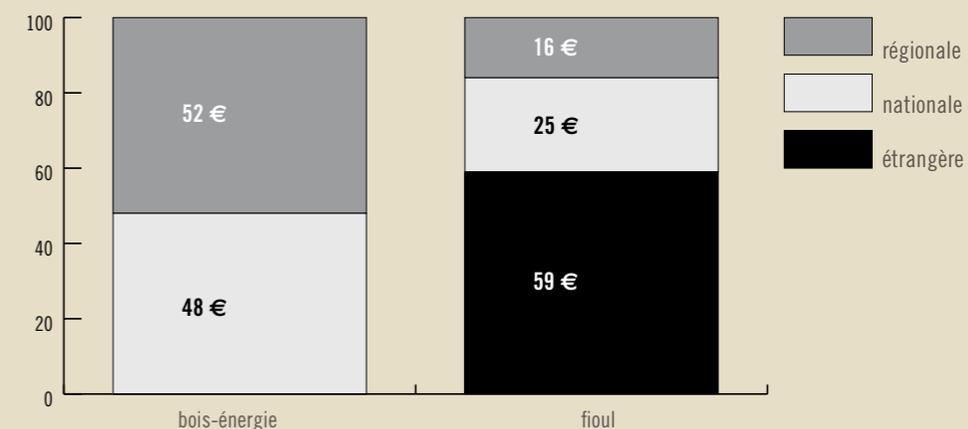
zones rurales structurellement faibles:

- l'utilisation d'une source d'énergie régionale préserve et crée des emplois dans la région;
- les effets sur l'emploi sont positifs à long terme, étant donné que le bois-énergie doit être fourni dans des intervalles réguliers ;
- la majeure partie de l'argent investi demeure dans la région ;
- l'utilisation du bois-énergie offre la possibilité de contrats de vente directe entre les producteurs et les consommateurs, ce qui peut mener à des prix plus stables à long terme ;
- pour les agriculteurs, les plantations à courte rotation peuvent offrir une alternative économiquement intéressante par rapport aux cultures traditionnelles et ainsi contribuer à une diversification et une sécurisation de la production agricole.

Le graphique suivant montre l'impact positif du bois-énergie sur les cycles économiques locaux et régionaux:

### Comparaison de la création de valeur du bois-énergie par rapport au fioul pour 100 € de combustible

(Source: HOLZENERGIE SCHWEIZ (2006): "Im Wald wächst Wärme"; Holzenergie Schweiz; Zürich)



## 2. LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE

du bois

### 2.6 Derniers conseils

#### 2.6.1 Source et production

De manière générale, les catégories de combustibles ligneux peuvent être considérées comme une source d'énergie renouvelable et neutre en CO<sub>2</sub>. Cela n'est pourtant le cas que si la biomasse utilisée est produite de manière durable. En d'autres termes, un système de production de biomasse durable est basé exclusivement sur l'accroissement naturel des plantes. Il respecte et protège ainsi l'écosystème (par exemple la forêt).

Dans ce contexte, il est recommandé de s'assurer que les catégories de bois-énergie ainsi que leurs matières premières respectives proviennent de forêts gérées conformément à des standards de certification forestière crédibles comme le PEFC ou le FSC.

#### 2.6.2 Le stockage et son impact sur le taux d'humidité

Un des aspects les plus importants pour garantir la bonne qualité des différentes catégories de bois-énergie est leur stockage professionnel. L'objectif consiste à éviter les conditions qui stimuleraient la croissance de différents organismes de décomposition du bois.

Outre la réduction du danger de décomposition, un séchage et un stockage adéquat ont une grande influence sur la quantité d'énergie disponible et utilisable contenue dans le bois et constituent donc aussi un intérêt économique en matière de rendement de la combustion.



Un stockage professionnel doit remplir les conditions suivantes:

- réduire le taux d'humidité le plus rapidement possible,
- éviter que la matière sèche ne redevienne humide,
- empêcher que le bois ne soit pollué par d'autres matières, comme par exemple de la boue ou des pierres.

#### 2.6.3 Aspects techniques de la combustion

Au cours des dernières années, le développement technique des unités de combustion de bois-énergie

a fait des progrès significatifs. Néanmoins, pour les petites installations à alimentation non-automatique, on peut retenir les conseils suivants :

- utiliser exclusivement des combustibles à base de bois naturel et non traité,
- réduire le taux d'humidité du bois au maximum (idéalement < 20 %),
- pour atteindre de hautes températures de combustion en un minimum de temps, il est indispensable d'utiliser uniquement un combustible très sec pour le démarrage de la combustion. En effet, les émissions se situent au-dessus de la moyenne en

début de combustion,

- assurer une bonne aération du feu (ne provoquez pas un feu à combustion lente en fermant l'admission d'air de l'installation). Une combustion propre produit une cendre blanche et fine, et aucune fumée n'est visible à la cheminée,
- maintenir l'installation de chauffage propre et vérifier régulièrement le bon fonctionnement du système,
- ne jamais brûler des déchets ou des ordures dans l'installation de chauffage au bois.

## 3. QUELQUES PRATIQUES

dans le Benelux

### 3.1 Région de Bruxelles-Capitale (Belgique) : Potentiel dans la Région

Bruxelles est souvent considérée comme une ville «verte». En effet, les espaces ouverts couvrent une superficie d'environ 8500 ha, ce qui représente la moitié de la superficie de la Région. La principale source d'énergie pour le logement, secteur qui représente 41% des consommations énergétiques régionales, est néanmoins le gaz naturel. Le secteur tertiaire, qui intervient à hauteur de 31% des consommations, utilise également surtout le gaz naturel et l'électricité (84%). Le gaz naturel est donc fortement implanté dans la Région, ce qui peut être considéré comme très favorable à la qualité de l'air bruxellois.

Une étude réalisée en 2006 montre que 332 tonnes de bois pourraient être valorisées moyennant par exemple la transformation de ce bois en plaquettes.

Afin de compléter ces résultats, les 19 communes de la Région, qui gèrent également une partie des parcs, jardins et bois accessibles au public, ont été contactées en 2007.

En première analyse, les éléments suivants étaient soulignés:

- les déchets verts constituent la plus grande part du potentiel «biomasse», ces matières proviennent surtout de l'apport des habitants de la commune;

- les déchets bois sont surtout utilisés en compost ou en mulch, et proviennent de l'entretien des parcs et jardins. Une petite partie est toutefois utilisée comme bois de chauffage par divers types d'utilisateurs.

La quantité totale de biomasse recensée correspond à un contenu énergétique de près de 1 million de litres de mazout. Cela correspondrait à la consommation d'environ 400 ménages sur base d'une consommation moyenne de 2 500 litres de mazout par an. Mais étant donné que la plus grande partie de cette ressource est déjà utilisée, il reste environ 10% de ce potentiel qui serait encore disponible. Cela représente l'équivalent de la consommation de quelque 50 ménages.

Parmi les appareils susceptibles de se développer en Région de Bruxelles-Capitale, les systèmes utilisant des pellets sont vraisemblablement les plus concernés.

Quelques projets de valorisation énergétique du bois sont actuellement en service dans la Région :

- **la Maison forestière de la Drève des Bonniers est équipée d'une chaudière à bûches ;**

La rénovation de la maison de service d'un garde forestier, propriété de Bruxelles Environnement – IBGE, se devait d'être remarquable du point de vue de l'éco-construction. Mais les techniques sont ici, d'abord et avant tout, utilitaires : les enduits



à l'argile régulent les problèmes hygrométriques importants de ce bâtiment ancien ; le lagunage des eaux usées remédie à l'éloignement du réseau d'égout. Une citerne d'eau de pluie alimente aussi les sanitaires et le jardin. La chaudière à bois chauffe l'ensemble de la maison et produit l'eau chaude sanitaire, sur le compte de la dotation de bois dont l'occupant bénéficie. L'installation de chauffage prévoit la pose de panneaux solaires thermiques, afin de réduire l'allumage de la chaudière en été.

- **La Maison des Energies Renouvelables (rue d'Arlon) est équipée d'une chaudière à pellets;**

- **plusieurs particuliers ont également installé un système de chauffage à pellets (poêle ou chaudière).**

La pénétration du bois-énergie en Région de Bruxelles-Capitale est très faible, comme en attestent les chiffres du dernier recensement de l'INS (2001) : 557 logements sur plus de 400 000 utilisaient le bois comme source principale d'énergie pour le chauffage en 2001, soit 0,13%. Dans un contexte d'augmentation du prix des combustibles fossiles, on peut toutefois s'attendre à une augmentation du nombre d'appareils individuels de chauffage au bois : poêles à bûches, poêles à pellets, inserts, poêles-chaudières principalement.

© Valbiom

### 3. QUELQUES PRATIQUES

dans le Benelux

#### 3.2 Région flamande (Belgique) : Taillis à très courte rotation (TtCR)

Les exploitations de taillis à très courte rotation ont recours à une méthode intéressante et efficace de production de combustible ligneux. Dans d'autres zones peu boisées d'Europe occidentale, cette pratique connaît aussi des avancées progressives certaines. Des expériences sont également menées en Flandre. L'idée de base est de produire autant de biomasse que possible sur une brève période, avec des essences qui permettent une récolte régulière (p.ex. : le saule et le peuplier). Le système consiste en une plantation initiale dense de 10.000 à 20.000 arbres par hectare et des récoltes successives tous les 2 à 4 ans alors que les arbres se renouvellent de façon naturelle par la formation de pousses. Lors de la récolte, le bois est déchiqueté pour servir de combustible. Ce système, généralement entièrement mécanisé permet de produire de 10 à 15 tonnes de combustible de haute qualité par hectare et par an.

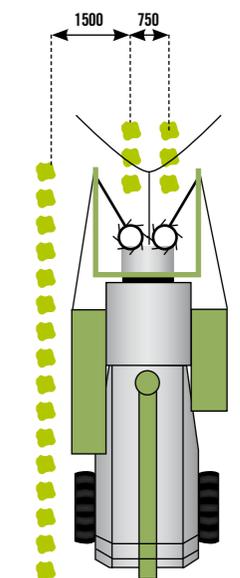
Des parcelles sablonneuses, à Maaseik et Bruges (préalablement labourées et hersées), ont fait l'objet de plantations de saules (croisements de *Salix viminalis* et de *Salix schwerinii*) et de peupliers (*Populus trichocarpa* et de croisements de *Populus deltoides* et de *Populus nigra*) en mars 2004.

La qualité du désherbage lors de la première saison de croissance détermine dans une vaste mesure le succès de la plantation. La récolte a lieu en hiver, ce qui présente divers avantages. Les arbres n'ayant pas de feuilles, seule la biomasse ligneuse est prélevée et les nutriments restent en grande partie sur place. À cette époque, il n'y a pas de flux de sève dans les tiges : le bois est donc plus sec ce qui réduit la période de séchage. La récolte hivernale présente, par ailleurs, également un avantage pratique pour les travailleurs agricoles indépendants qui peuvent ainsi déployer plus aisément leur parc de machines en cette période très calme de l'année.

En théorie, les sols des deux parcelles ne se prêtaient que peu à la plantation de peupliers et de saules. La pratique a révélé que ce n'était pas vrai dans les deux cas. En dépit de textures de sol relativement comparables, il a fallu, après trois saisons, constater de fortes différences de rendement entre la parcelle de Bruges, où les arbres poussaient bien, et celle de Maaseik qui avait un rendement très faible. Un facteur crucial était la disponibilité d'eau. À Bruges, les arbres bénéficiaient de suffisamment d'humidité tout au long de l'année. La parcelle de Maaseik, par contre, séchait fortement au cours des mois estivaux.

Il ressort des résultats provisoires que le saule s'en tire nettement mieux que le peuplier, mais il est très probable que le peuplier n'atteindra son plein développement que lors des prochaines rotations. Les pertes importantes parmi les peupliers des deux sites indiquent que cette essence nécessite un désherbage encore plus intensif que le saule.

© Association pour la Forêt en Flandre



Distance à respecter entre alignements de la plantation (©Claes-Jaguar)

Le statut juridique des taillis à très courte rotation est un facteur important lorsqu'un particulier, une organisation ou une autorité doit décider de se lancer dans un tel projet. En Flandre, le tout s'est traduit en une modification du Décret forestier (Bosdecreet : Moniteur belge du 19 mai 2006) qui entraîne que les exploitations de plantations à courte rotation ne doivent plus être considérées, dans certaines affectations spatiales, comme des forêts du ressort de la législation sur les forêts mais bien comme des productions agricoles régulières.

Les taillis à très courte rotation pourront certainement remplir un rôle dans les zones peu boisées dans le cadre d'une politique diversifiée qui sera nécessaire

pour respecter les engagements pris en matière de limitation des rejets de dioxyde de carbone, d'autant plus que ces plantations ont un meilleur rendement énergétique que d'autres biocarburants tels que les biocarburants à base de colza ou de betteraves sucrières, qui nécessitent de nombreuses étapes intermédiaires avant d'en arriver au produit final.

Selon une première estimation les taillis à très courte rotation, pourraient, dans de bonnes circonstances, couvrir le besoin annuel en électricité d'environ 300 000 familles flamandes ce qui représente une réduction annuelle de 750 000 tonnes des émissions de dioxyde de carbone et environ 5 millions de gigajoules d'énergie utile produite.

Le projet «Production de biomasse ligneuse pour une production durable d'énergie» a été mis en œuvre par l'Association pour la Forêt en Flandre ('Vereniging voor Bos in Vlaanderen', [www.vbv.be](http://www.vbv.be)), en coopération avec le point d'appui pour l'innovation en agriculture et en horticulture et le soutien des autorités flamandes. Cette culture a fait l'objet de recherches et de démonstrations à travers le projet 'Du saule à la chaleur', réalisé en coopération avec l'association pour la forêt en Flandre, le Centre provincial pour l'Agriculture et l'Environnement et l'Institut pour la Recherche dans le domaine de la Nature et des Bois, avec l'appui du fonds pour la gestion durable des déchets et de l'énergie.

## 3. QUELQUES PRATIQUES

dans le Benelux

### 3.3 Région wallonne (Belgique) : Un réseau de «facilitateurs»

La majeure partie des forêts belges est située en Wallonie. En 2001, «Le Plan Bois-énergie & Développement Rural» (PBE&DR) a été lancé par les autorités wallonnes. Au début, ce plan visait à soutenir des projets, pour la plupart communaux, dans le secteur du bois-énergie. Après quelques années, c'est devenu un programme cadre pour le développement d'initiatives de bois-énergie dans tous les secteurs en Wallonie: l'industrie (particulièrement les industries de la filière bois, mais pas exclusivement), les propriétaires publics (les communes rurales) et les particuliers.

Parmi plusieurs initiatives, on peut citer la mise en place d'un réseau de «facilitateurs» pour accompagner les divers acteurs économiques. Le concept des «facilitateurs» est intéressant, puisqu'il s'agit

d'organisations indépendantes spécialisées dans le domaine des énergies renouvelables ou d'un de ces secteurs d'activité. Dans le domaine du bois-énergie, il y a trois «facilitateurs»: le premier pour le secteur public, le deuxième pour l'industrie, et le dernier pour le secteur domestique. Leur rôle consiste à soutenir le développement de la filière bois-énergie dans les trois secteurs mentionnés ci-dessus. D'une part, ils conseillent les pouvoirs publics et les professionnels, et d'autre part ils essayent de mettre en place une véritable filière bois-énergie bien intégrée dans la filière bois traditionnelle.

Plusieurs professionnels ont débuté leur activité dans le cadre du PBE&DR en Wallonie. Parmi de nombreux exemples, une société située dans le sud de la Wallonie a débuté ses activités en 2007. Les principales activités de cette société sont la production et la livraison de copeaux de bois à l'utilisateur final. La majeure partie de la matière première utili-

sée est constituée de sous-produits forestiers. Sont également effectuées des opérations d'exploitation dans certaines réserves naturelles où il est nécessaire d'abattre une grande partie des arbres. La zone d'approvisionnement en matières premières a un rayon de 50 kilomètres. Les résidus de bois industriel (essentiellement des produits connexes de scieries) sont également utilisés pour la production des copeaux de bois. Ils proviennent des scieries locales distantes de maximum 30 kilomètres. L'entreprise effectue également l'entretien des bords de routes.

Le bois à broyer est acheminé et empilé par un porteur à l'endroit de chargement. Le broyage a lieu sur place en utilisant un broyeur tracté et entraîné par un tracteur agricole. Les copeaux sont ensuite chargés dans des remorques agricoles (35 m<sup>3</sup>), des conteneurs (40 m<sup>3</sup>) ou des semi-remorques (85 m<sup>3</sup>). La société est très flexible à ce niveau, et la logis-



tique mise en place peut être adaptée à la demande du client et/ou de l'utilisateur final. À l'heure actuelle, ce sont les communes rurales avec de petites installations de chauffage qui forment la majorité de la clientèle.

Un autre exemple est le premier fabricant de granulés (pellets) de bois en Wallonie, qui a débuté son activité à la fin de l'année 2005. Sa capacité de production est de 15 000 tonnes de granulés de bois par an, ce qui représente environ 4% de la capacité de production totale en Wallonie (7 usines en 2009). L'entreprise utilise différents types de bois, à savoir,

la sciure pour la production des granulés de bois proprement dite et des plaquettes ou des chutes de bois pour le système de séchage. Les matières premières utilisées proviennent principalement des industries de la filière bois locale et en majeure partie les scieries. Celles-ci se trouvent majoritairement dans un rayon de 50 kilomètres autour de l'usine.

Les deux sociétés citées utilisent donc de la biomasse ligneuse locale (dans un rayon de 50 kilomètres) pour produire leur combustible (copeaux ou granulés de bois). Elles contribuent ainsi au développement de l'économie locale.

Outre ces deux exemples, de nombreuses sociétés se sont spécialisées dans divers domaines du bois-énergie (production de granulés de bois, production de plaquettes, livraison, stockage, bureaux d'étude, ...).

Fin 2009, 22 installations étaient fonctionnelles en milieu rural (petits réseaux de chaleur, le plus souvent) et 78 dans le domaine industriel. Cela représente une économie de mazout de près de 30 millions de litre par an, ou encore 76 000 tonnes de CO<sub>2</sub> fossile évitées.

De nombreuses installations sont encore en projet.

## 3. QUELQUES PRATIQUES

dans le Benelux

### 3.4 Pays-Bas : Installation de biomasse à Beetsterzwaag

Au bas Moyen Âge, les paysans du sud-est de la Frise ont aménagé des brise-vents et des talus boisés, à la fois pour séparer leurs terrains et pour assurer leur approvisionnement en bois. La linéarité et l'effet de profondeur de ces plantations ont donné naissance aux paysages 'en coulisses', qui couvrent une superficie de plus de 2500 kilomètres carrés. De nos jours, ces paysages ont surtout une valeur culturelle, historique, écologique et touristique. Vu son coût élevé, l'indispensable entretien paysager n'est toutefois plus suffisamment assuré. Pour que l'entretien du paysage reste néanmoins payable, on s'est mis à la recherche de sources de revenus alternatifs.

Depuis le mois d'octobre 2004, le Service de l'espace rural (DLG), Région Nord, à Groningue est chargé de la mise en œuvre du projet Interreg IIIB Mer du Nord Bio-énergie, un projet européen dont les partenaires sont la Belgique, l'Allemagne, les Pays-Bas et l'Ecosse. C'est dans le cadre de ce projet que le DLG a consacré une étude prospective aux possibilités et opportunités d'utiliser le bois de taille des talus boisés et des brise-vents comme biomasse pour produire de l'énergie durable, en réalisant le projet pilote à Beetsterzwaag.

L'exploitation de l'installation de combustion de biomasse est aux mains de l'association agricole de défense de la nature 'De Âlde Delte' d'Opsterland. L'investissement total pour l'installation de com-

bustion au bois de 1 mégawatt, en ce compris les travaux de construction et l'aménagement des conduites de transport de chaleur, s'élève à environ 800.000 euros. Ce financement a pu être réalisé notamment grâce aux contributions des agriculteurs, d'Interreg IIIB Projet Mer du Nord Bio-énergie, de la Province de Frise ou encore de la commune d'Opsterland.

Les bénéficiaires du réseau de chaleur sont d'une part le centre Revalidatie Friesland, centre de réadaptation pour enfants, jeunes et adultes, qui comprend une clinique de 65 lits et une grande polyclinique, et d'autre part l'école Lyndensteyn, école d'enseignement spécial et d'enseignement secondaire spécial pour handicapés physiques, polyhandicapés ou malades de longue durée.

La consommation annuelle de gaz naturel des deux établissements était d'environ 400.000 m<sup>3</sup>. Lorsque l'installation de combustion au bois tourne à régime optimal, elle comble environ 80% de la demande totale en énergie. Cela se traduit par une économie de gaz naturel de plus de 320.000 m<sup>3</sup> par an. Sur base annuelle, la réduction totale de CO<sub>2</sub> par rapport à l'utilisation de gaz dépasse les 640 tonnes.

A titre de précision: l'installation de biomasse permet de compenser les émissions de CO<sub>2</sub> de plus ou moins 200 ménages.

L'installation de combustion du bois provient de la firme Kohlbach en Autriche.



Centre Revalidatie Friesland et école Lyndensteyn

### 3. QUELQUES PRATIQUES

dans le Benelux

#### 3.5 Grand-Duché de Luxembourg : Succès d'une approche locale

Au Luxembourg, outre l'utilisation traditionnelle du bois de chauffage dans les maisons privées, c'est surtout au niveau municipal que les unités de combustion à copeaux de bois entièrement automatiques et reliées à un réseau de chaleur urbain ont connu un développement marqué au cours des dernières années.

C'est en 1997 que, malgré de nombreuses voix sceptiques, une première installation de ce type a été mise en place à l'initiative de l'Administration des Eaux et Forêts. L'installation se situe au nord du pays dans la commune de Tandel. Elle alimente en énergie de chauffage une école, un hall omnisport et un autre bâtiment communal. En dépit du scepticisme initial, cette « installation pilote »

a tout de suite fonctionné de façon très efficace et a encouragé les responsables d'autres communes à s'équiper également d'un tel système de chauffage à copeaux de bois en combinaison avec un réseau de chaleur local qui permet de chauffer plusieurs bâtiments dans l'entourage proche de l'installation. Le bois nécessaire pour toutes ces unités de combustion à copeaux de bois est en majeure partie extrait des propres forêts communales. Cet approvisionnement local en bois offre plusieurs avantages très importants:

- Grâce à de courtes distances de transport, la quantité d'« énergie grise » est très basse.
- La majeure partie de la valeur ajoutée générée est maintenue dans la région et reste au profit des processus économiques locaux. Ceci est d'une grande importance particulièrement en zone rurale.
- L'utilisation par les communes du bois originaire

de leurs propres forêts garantit des coûts très stables pour la matière première. Cette stabilité des prix facilite une bonne planification, assure une grande sécurité d'approvisionnement et permet d'échapper aux fluctuations du marché.

Reconnaissant ces avantages et les bonnes expériences faites dans le cadre des premières « installations pilotes », plus de 25% des communes au Luxembourg ont installé des unités de combustion à plaquettes de bois et de nombreuses unités supplémentaires se trouvent actuellement en phase de planification et de réalisation.

L'évolution de l'utilisation du bois-énergie au Luxembourg au cours des dernières années peut donc être qualifiée de succès, grâce à l'initiative locale des municipalités et des gestionnaires forestiers et avec le soutien du gouvernement.



Approvisionnement en copeaux de bois local de l'installation pilote de Tandel par le service forestier (AEF, 1998).

# REMERCIEMENTS ET ADRESSES

des principales administrations concernées

## COLOPHON

Editeur responsable : J.P.R.M. van Laarhoven, rue de la Régence 39, 1000 Bruxelles  
Rédaction : Groupe de travail Benelux «Bois & Forêts»  
Coordination : Marc Naessens  
(Team développement durable du Secrétariat général Benelux)  
Traduction : Service linguistique du Secrétariat général Benelux  
Mise en forme : Naujoks Design, [www.naujoks-design.de](http://www.naujoks-design.de)  
Impression : Albe De Coker, [www.albedecoker.com](http://www.albedecoker.com)

Pour leur contribution à l'élaboration de ce document, les personnes suivantes sont remerciées:

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG: M. WOLTER Frank & M. WERNICKE Sascha  
PAYS-BAS: M. POST Ruben & Mme VAN DEN HAM Marleen  
FLANDRE: M. DE SCHEPPER Carl  
BRUXELLES-CAPITALE: M. VAN WIJNSBERGHE Stéphane. &  
M. HANCE Cédric-Nathanaël  
WALLONIE: M. HERMAN Marc & M. MARCHAL Didier

- Ministère du Développement durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement, Administration de la nature et des forêts, Rue Eugène Ruppert 16, LU · 2453 Luxembourg (Luxembourg) · [www.emwelt.lu](http://www.emwelt.lu)
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Natuur, Landschap en Platteland, PB 20401, NL · 2500 EK Den Haag (Nederland) · [www.minlnv.nl](http://www.minlnv.nl)
- Agentschap voor Natuur en Bos, Centrale Diensten, Graaf de Ferrarisgebouw, Koning Albert II laan, 20 bus 8, BE-1000 Brussel (België) · [www.natuurenbos.be](http://www.natuurenbos.be)
- Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, Gulledele 100, BE-1200 Bruxelles (Belgique) · [www.ibgebim.be](http://www.ibgebim.be)
- Service public de Wallonie, Département de la Nature et des Forêts (DNF), Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement, Avenue Prince de Liège, 15, BE-5100 Jambes (Belgique) · <http://environnement.wallonie.be/>

# REMERCIEMENTS ET ADRESSES