

Une analyse comparative de l'impact sur l'emploi d'une installation de chauffage au bois

Yves Schenkel ⁽¹⁾, Michael Temmerman ⁽¹⁾, Didier Marchal ⁽¹⁾, Céline Schaar ⁽²⁾

⁽¹⁾ Département Génie rural. Centre wallon de Recherches agronomiques. Chaussée de Namur, 146. B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : schenkel@cra.wallonie.be

⁽²⁾ Sol-écologie-territoire. Laboratoire d'Aménagement du Territoire. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux (Belgique).

Reçu le 3 février 2004, accepté le 10 février 2005.

Le potentiel bois-énergie est important en Région wallonne (Belgique). L'utilisation de ce bois dans des installations de chauffage permet de diminuer les émissions de gaz à effet de serre d'origine fossile, mais surtout conduit à la création d'emplois directs, liés au fonctionnement de l'installation, et d'emplois indirects, liés à la mise en place de l'investissement. L'estimation des emplois directs créés par une installation de chauffage au bois de 585 kW approvisionnée à partir de filières de valorisation de rémanents forestiers et de taillis à courte rotation est réalisée et comparée aux emplois directs d'une filière de chauffage au fuel. Les effets induits des emplois supplémentaires (emplois nets) ainsi générés par les filières bois sont alors évalués.

Mots-clés. Bois énergie, chauffage au bois, emploi, Belgique.

A comparative analysis of the impact on employment of a wood-based heating system. The wood-energy potential is important in Wallonia (Belgium). Utilization of fuel wood in heating plants decreases the greenhouse gases emissions, but, more importantly, leads to jobs creation – direct jobs linked to the operation of a heating plant, indirect jobs linked to the implementation of a plant. An evaluation of direct jobs created by a 585 kW wood heating plant has been conducted on the basis of a wood supply with logging residues and short rotation coppices and has been compared to direct jobs created by a fuel oil heating system. Economic secondary effects of new jobs (net employment) created by fuel wood supply chains are assessed.

Keywords. Wood energy, wood-based heating plants, employment, Belgium.

1. INTRODUCTION

Si le lien entre les énergies renouvelables et l'environnement est aujourd'hui bien établi, il n'en est pas de même pour l'impact des énergies renouvelables sur l'emploi. Les informations disponibles sur ce sujet sont rares et d'une manière générale peu précises.

Une étude réalisée par la FEDARENE (1995), en collaboration avec un groupement européen d'agences de l'énergie, évalue le nombre d'emplois créés par différents projets d'énergie renouvelable (photovoltaïque, solaire thermique, éolien, hydroélectrique, géothermique). Le nombre d'emplois équivalents temps plein (etp)¹ créés par million d'euros investi varie de 10 à 30, pour la construction et l'installation des équipements. Les emplois concernent surtout la construction des équipements, le montage et la mise en route de l'installation, la maintenance de l'équipement.

Ces chiffres sont confirmés par ESD (1996). Ils estiment qu'environ 35 emplois etp sont créés par million d'euros investi dans des projets de production d'énergie à partir de sources renouvelables (éolien, hydroélectricité, biomasse). Ces 35 emplois sont aussi bien des emplois directs créés par le projet que des emplois indirects, liés essentiellement à la réalisation de l'investissement (construction des équipements, engineering de l'installation, etc.).

En ce qui concerne plus spécifiquement la biomasse, Buydens *et al.* (1982) évaluent les effets en termes d'emploi de différentes filières régionales de valorisation de la biomasse. Dans le cas d'installations de chauffage au bois de 40 kW (25 tonnes de bois/an) équipant des fermes, ils estiment le nombre d'emplois créés à 18,5 etp/million d'euros. Pour des installations de biométhanisation à la ferme (70 à 250 m³ de gaz traités par an), le nombre d'emplois générés est de 32,5 etp/million d'euros. Il s'agit exclusivement d'emplois indirects liés à la construction et à l'installation des équipements. Les emplois directs

¹ Un équivalent temps plein (etp) correspond à un homme/an.

produits par les opérations liées au fonctionnement des installations, ne sont pas pris en compte.

Le CLER (1990) observe que le bois énergie procure trois à quatre fois plus d'emplois que le gaz naturel ou le pétrole.

Dans son étude, la FEDARENE (1995) présente l'exemple d'un réseau de chaleur au bois installé en France. Le nombre d'emplois créés est de 60 par million d'euros. La FAO (1999) estime quant à elle, pour les pays en développement, le nombre d'hommes.jour nécessaires pour alimenter en combustible une installation énergétique, depuis la collecte jusqu'à la distribution/vente de ce combustible. Pour le bois, ce nombre varie de 110 à 170 hommes.jour/TJ, en fonction du type de bois (rémanents forestiers, résidus d'entreprises du bois, etc.) et de la puissance de l'installation, tandis que pour le fuel, il est estimé à 10 hommes.jour/TJ.

La plupart des études dans ce domaine ont comme objectif de fournir des données permettant d'extrapoler à l'échelon régional, national ou européen (aspects macro-économiques) l'impact de l'utilisation des énergies renouvelables sur l'emploi. La très grande majorité des installations de production d'énergie à partir de sources renouvelables ont pour promoteurs de projet des petites ou moyennes entreprises, des communes, des collectivités, des associations. Si la décision de substituer une installation alimentée en combustibles fossiles (fuel, gaz naturel, charbon) par une installation basée sur une source renouvelable, est souvent motivée par un souci de protection de l'environnement, il est également important pour les opérateurs de ces projets de connaître l'impact sur l'emploi local, c'est-à-dire dans les environs immédiats de l'installation (commune, arrondissement, province).

L'objectif de cette analyse est par conséquent d'établir l'impact sur l'emploi local d'une installation de chauffage au bois se substituant à une installation de chauffage au fuel. Le choix de la filière chauffage au bois repose sur trois éléments :

- Le potentiel du chauffage au bois est important en Région wallonne : un grand nombre de chaufferies pourraient être installées au vu du potentiel bois (Lemaire *et al.*, 1997 ; Marchal, 2001 ; Schenkel *et al.*, 2001, Marchal *et al.*, 2003) et du contexte socio-économique (Institut wallon et ERBE, 1997).
- La biomasse, dont le bois, possède un avantage technique important par rapport aux autres énergies renouvelables : la biomasse peut être stockée et donc être utilisée pour produire de l'énergie lorsque celle-ci, sous forme de chaleur ou d'électricité, est demandée. Les autres sources d'énergie renouvelable dépendent des conditions climatiques ou physiques pour produire de l'énergie utile : présence ou absence de soleil ou de vent, débit des cours d'eau, etc. Les éoliennes, les capteurs solaires, et dans une

moindre mesure les centrales hydroélectriques, produisent de l'énergie non pas en fonction des besoins mais bien en fonction de conditions externes.

- Les emplois directs créés par la biomasse énergie sont des emplois durables. En effet, les emplois générés par un projet de bio-énergie ne se limitent pas à la conception de l'installation, à la construction des équipements et à la mise en route de ceux-ci (emplois indirects, limités à la phase de construction et de montage de l'installation). Une fois l'installation démarrée, il faut continuer à l'alimenter en biocombustibles. L'approvisionnement en biomasse crée en amont de l'installation énergétique des emplois dont l'existence est liée à la durée de vie de cette centrale énergétique (emplois directs).

Dans une première partie, nous décrivons la méthode utilisée : nous prenons l'exemple d'une installation de chauffage au bois se substituant à une installation de chauffage au fuel. Pour l'installation de chauffage au bois, nous établissons les filières des opérations d'alimentation en combustible bois à partir de rémanents forestiers et de taillis à courte rotation. Pour l'installation de chauffage au fuel, nous définissons également la filière d'alimentation depuis la raffinerie jusqu'à la chaufferie, afin de ne prendre en compte que les emplois créés aux niveaux régional ou national.

Dans la deuxième partie, nous examinons et discutons pour les deux types d'installation de chauffage et les filières d'approvisionnement correspondantes, le volume de travail créé. Les principaux enseignements découlant de l'étude sont tirés en guise de conclusion.

2. MÉTHODES

2.1. Les installations de chauffage

L'étude prend la Région wallonne pour cadre. Nous considérons un exemple : une installation de chauffage au bois de 585 kW. Elle produit de l'eau chaude destinée au chauffage de locaux et d'ateliers. L'installation comprend une chaudière à foyer sur sole complétée par un système d'alimentation constitué d'un silo tampon, d'un extracteur et d'un poussoir. Le combustible bois est livré broyé à la granulométrie requise (plaquettes). La chaudière consomme 300 tonnes de bois par an à 67 % d'humidité sur base de la masse anhydre (% m_{ba}) soit 180 tonnes de bois anhydre (tm_{ba}/an). Le pouvoir calorifique inférieur moyen de ce combustible humide est de 10800 kJ/kg. La consommation énergétique annuelle est donc de 3240 GJ/an, soit 77 tonnes équivalent pétrole (tep)/an. Cette installation de chauffage au bois se substitue à une installation de chauffage au fuel consommant environ 90.000 litres/an.

Le coût de l'installation de chauffage au bois, comprenant le système d'alimentation en combustible, la chaudière et un filtre multi-cyclones de dépoussiérage des fumées est de 112.500 euros. Cette étude se limite à l'évaluation des emplois directs créés par chacune des filières examinées en Région wallonne. Il s'agit bien des emplois directement liés à l'approvisionnement et au fonctionnement des installations de chauffage. Pour chacune des filières, nous détaillons à la **figure 1** les différentes opérations concernées.

2.2. La filière rémanents forestiers

Les rémanents forestiers sont les bois qui, lors de l'exploitation forestière, n'ont pas d'utilisation dans l'industrie. Ces bois sont généralement laissés en forêt. Ils sont constitués essentiellement des cimes des arbres et des branches de diamètre inférieur à 8 cm. La préparation de rémanents forestiers pour l'utilisation énergétique peut prendre un grand nombre de voies différentes. On en trouvera des descriptions détaillées chez Ferrero *et al.* (1987), Hakkila (1989) et

Temmerman *et al.* (1998). Nous considérons ici le façonnage des rémanents forestiers après coupe à blanc, selon quatre sous-filières de plus en plus mécanisées. Le coût du broyage du combustible produit par ces différentes sous-filières varie de 79,6 euros/tm_{ba} pour la sous-filière petite déchiqueteuse à 41,1 euros/tm_{ba} pour la sous-filière grosse déchiqueteuse (Van Belle *et al.*, 1998).

Sous-filière petite déchiqueteuse. Montée sur l'attelage trois points d'un tracteur agricole léger (environ 75 chevaux (ch) – 55 kW) (**Figure 2**); la déchiqueteuse est alimentée manuellement; les plaquettes sont envoyées dans une remorque attelée, transportées jusqu'au site de plate-forme de gestion des bois. Le matériel nécessaire à cette sous-filière est largement disponible en Région wallonne.

Sous-filière déchiqueteuse moyenne. Les rémanents sont regroupés lors de la coupe. La déchiqueteuse est montée sur l'attelage trois points d'un tracteur d'environ 120 ch – 88 kW (**Figure 3**). Elle est alimentée par un grappin. Les plaquettes sont envoyées dans une

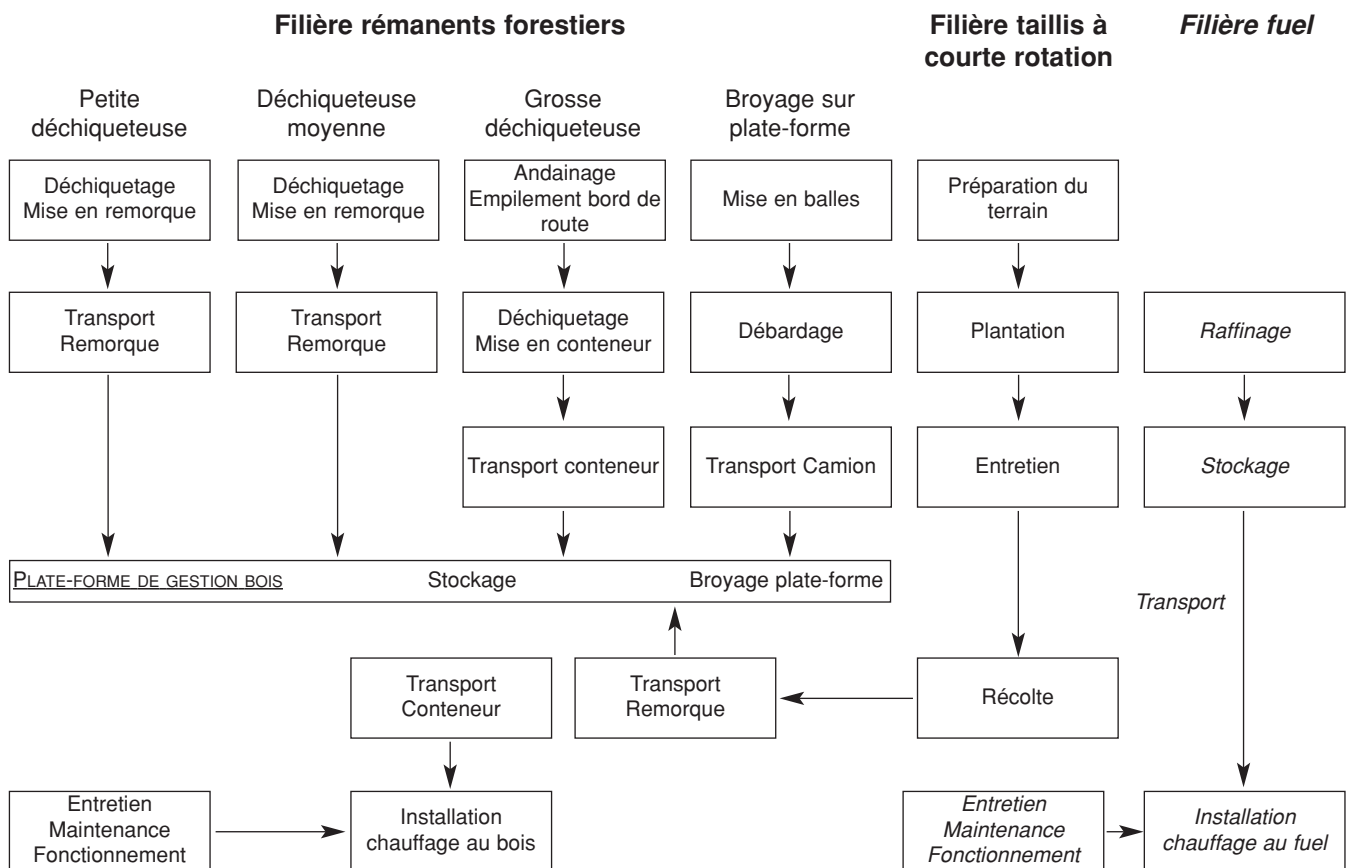


Figure 1. Approvisionnement et fonctionnement des installations de chauffage — *Fuel supply chains and operation of heating plants.*

remorque tractée jusqu'à la plate-forme de gestion des bois. Le matériel nécessaire à cette sous-filière est disponible en Région wallonne.

Sous-filière grosse déchiqueteuse. Les rémanents sont andainés ou regroupés lors de l'exploitation ; ils sont ensuite débardés et empilés en bord de route. Ils sont enfin broyés par une grosse déchiqueteuse, montée sur châssis, et alimentée par grappin (**Figure 4**). Les plaquettes sont envoyées dans un conteneur, amenées ensuite à la plate-forme bois. Cette sous-filière est surtout pratiquée dans les pays où la mécanisation forestière et l'utilisation à grande échelle du bois énergie sont bien développées (Scandinavie, Canada).

Sous-filière broyage sur plate-forme. Les rémanents sont mis en balles, débardés et transportés par camion sur le site de la plate-forme de gestion des bois. Là, les balles sont stockées et broyées dans un broyeur à bol (**Figure 5**). À nouveau, cette sous-filière est caractéristique d'une mécanisation forestière très développée et suppose des débouchés suffisants pour le bois énergie. De plus, cette sous-filière n'est envisageable que pour le traitement de grandes quantités de rémanents forestiers (55.000 m³ par an minimum). Par conséquent, nous faisons l'hypothèse que la plate-forme de gestion des bois alimente un grand nombre d'installations énergétiques, dont celle considérée ici.

Les hypothèses de travail retenues pour les filières rémanents forestiers sont reprises au **tableau 1**.

Dans le cas de la filière "rémanents forestiers", nous prenons comme point de départ l'opération de

Tableau 1. Filière rémanents forestiers : hypothèses de travail pour la fourniture annuelle de 180 t m_{ba} de plaquettes — *Forest residues supply chain: working hypotheses for an annual supply of 180 oven dry tons (odt) of wood chips* (d'après Van Belle *et al.*, 1998).

Sous-filières	Productivité (t m _{ba} /h)	Temps pour 180 t m _{ba} (h)	Nombre d'hommes
Petite déchiqueteuse	0,8	225	2
Déchiqueteuse moyenne	1,2	150	1
Grosse déchiqueteuse			
Andainage et empilement	5,0	36	1
Déchiquetage	4,0	45	1
Broyage sur plate-forme			
Mise en balle (15 balles/h)	7,8	23	1
Débardage	10,0	18	1
Broyage (broyeur à bol)	8,0	22,5	1

regroupement des rémanents. Les opérations liées à la coupe des grumes (abattage, ébranchage, mise à longueur) ne sont pas incorporées à la filière car relevant de l'exploitation "bois d'œuvre". De plus amples informations sur les techniques de broyage peuvent être obtenues dans Grulois et Van Belle (1997).

2.3. La filière taillis à courte rotation

Le taillis à courte rotation est une culture d'espèces ligneuses (*Salix sp.*, *Populus sp.*) à haute densité de plantation (10 à 20 mille pieds à l'hectare). Théoriquement, le taillis a une durée de vie de 20 à 25 ans (nous considérons ici 7 rotations de 3 ans, soit 21 ans) et produit en pratique de 6 à 12 tonnes de matière anhydre par hectare et par an. La récolte des bois est effectuée tous les 3 à 4 ans (Schenkel *et al.*, 1997). La **figure 6** illustre les différentes opérations liées à la culture et à la récolte des taillis à courte rotation.

Pour produire la quantité de bois requise par l'installation de chauffage de 585 kW (180 tonnes de matière anhydre par an), il est nécessaire de cultiver 24 ha, à raison de 7,5 t m_{ba}/ha/an. Sur base d'une rotation de 3 ans, 8 ha sont récoltés chaque année. Cette récolte fournit 8 fois 22,5 t m_{ba}, soit 180 t m_{ba} par an.

Pour la filière taillis à courte rotation, l'opération de départ est la plantation des taillis. L'ensemble des opérations de production et de récolte des taillis à courte rotation est donc pris en compte ici, car la vocation unique de cette culture est de fournir un combustible. Les opérations de préparation du terrain et de plantation du taillis à courte rotation sont effectuées une seule fois pour une période de 21 ans (7 rotations de 3 ans). Le temps de travail correspondant à ces opérations a donc été réparti sur cette période. Les hypothèses de travail sont reprises au **tableau 2**.

Pour la récolte, nous avons choisi d'utiliser le système de récolte directe en plaquettes à l'aide d'une ensileuse modifiée et équipée d'une tête de récolte de taillis à courte rotation. En effet, la destination des plaquettes étant un foyer de combustion sur sole, il n'est pas nécessaire de faire appel à un système de récolte respectant les contraintes plus strictes de granulométrie ou d'humidité du combustible telles qu'imposées par d'autres installations de conversion énergétique comme le gazogène ou le foyer à lit fluidisé. D'autres machines de récolte de taillis à courte rotation sont analysées par Quenon et Schenkel (1996).

2.4. Transport des plaquettes de bois

Ainsi qu'illustré à la **figure 1**, nous considérons trois modes de transport des plaquettes de bois du site de coupe vers la plate-forme de gestion des bois.

– Transport par remorque (35 m³) attelée à un tracteur (sous-filières petite et moyenne déchiqueteuses



Figure 2. Filière rémanents forestiers : petite déchiqueteuse — *Forest residues supply chain: small chipper* (Photo D. Marchal).



Figure 3. Filière rémanents forestiers : déchiqueteuse moyenne — *Forest residues supply chain: medium chipper* (Photo D. Marchal).



Figure 4. Filière rémanents forestiers : grosse déchiqueteuse — *Forest residues supply chain: large chipper* (Photo D. Marchal).



Figure 5. Filière rémanents forestiers : récolte des rémanents en balles pour broyage sur plate-forme bois et stockage — *Forest residues supply chain: harvesting of residues in bales for chipping and storage on an industrial site* (Photo D. Marchal).

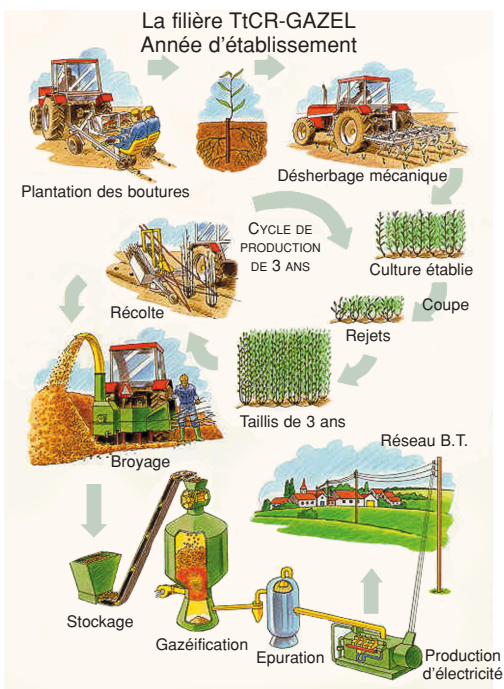


Figure 6. Filière taillis à courte rotation : l'exemple du projet TtCR-GAZEL — *Short rotation coppice supply chain: the SRC-GAZL project* (d'après la plaquette Électrabel).

Tableau 2. Filière taillis à courte rotation : hypothèses de travail pour la production annuelle de 180 t m_{ba} de plaquettes de *Salix sp.* — *Short rotation coppice supply chain: working hypotheses for an annual production of 180 odt of Salix sp wood chips.*

Surface cultivée : 24 ha – Rotation récolte : 3 ans – Quantité récoltée par an : 22,5 t m_{ba}/ha – Surface récoltée par an : 8 ha.

Opérations	Productivité (ha/heure)	Temps pour 24 ha (heures)	Facteur multiplicatif	Équipement	Source
Préparation du terrain					
Labour	0,6	40,0	1/21	Charrue portée 4 corps 5 km/heure – r* = 70 %	Miserque <i>et al.</i> (1998)
Travail	2,0	12,0	1/21	Combinée de préparation du sol largeur 4 m 8 km/heure – r = 70 %	Miserque <i>et al.</i> (1998)
Plantation	0,95	25,3	2/21	Planteuse semi-automatique (2 personnes)	Grulois <i>et al.</i> (1997)
Entretien					
Fertilisation (3 passages annuels)	3,0	8,0	3/1	Distributeur engrais traîné largeur 12 m 7 km/heure – r = 35 %	Miserque <i>et al.</i> (1998)
Désherbage herbicides (1 passage)	5,0	4,8	1/3	Pulvérisateur traîné largeur : 21 m 7 km/heure – r = 35 %	Miserque <i>et al.</i> (1998)
Désherbage mécanique (2 passages)	0,9	26,7	2/3	Herse à axe horizontal largeur : 2,5 m 5 km/heure – r = 60 %	Miserque <i>et al.</i> (1998)
Récolte	2,0	12,1	3/3	Ensileuse adaptée + 2 tracteurs avec remorque	Quenon, Schenkel (1996)

* r = rendement de chantier, % — *operations yield, %.*

pour les rémanents forestiers, filière taillis à courte rotation).

- Transport par conteneur (35 m³) (sous-filière rémanents forestiers grosse déchiqueteuse).
- Transport par camion des balles (sous-filière rémanents forestiers broyage sur plate-forme).

Les hypothèses de travail sont reprises au **tableau 3**. Nous considérons une distance moyenne de 20 km entre le site de coupe et la plate-forme de gestion des bois combustibles pour les rémanents forestiers et de 5 km pour le taillis à courte rotation. En ce qui concerne le transport des plaquettes de la plate-forme à l'installation de chauffage, il est réalisé par conteneur sur une distance établie à 50 km.

2.5. Filière Fuel

Pour cette filière, les opérations de préparation et de livraison du combustible sont réduites. Elles se limitent au raffinage, stockage et distribution (transport) du fuel. Les données sur les emplois directement liés à

Tableau 3. Filières rémanents forestiers et taillis à courte rotation : hypothèses de travail pour le transport des plaquettes et balles — *Forest residues and short rotation coppice supply chains: working hypotheses for wood chips and bales transport* (d'après FORONEX, comm. pers.).

Système	Productivité (h)	Nombre	Vitesse (km/h)	Temps (h) pour 180 t m _{ba}
Remorque				
Chargement	0,50	26		13
Transfert (20 km)	1,33		15	33
(5 km)	0,33		15	9
Déchargement	0,50			13
Conteneur				
Chargement	0,50	26		13
Transfert (20 km)	0,67		30	17
(50 km)	1,67			43,3
Déchargement	0,50			13
Camion (balles)				
Chargement	1,50	6		9
Transfert (20 km)	0,67		30	4
Déchargement	1,50			9

ces opérations sont très rares dans la littérature. Nous nous sommes basés sur l'étude du CLER (1990) qui, en termes d'emplois, estime le nombre d'équivalents temps plein pour 1000 tep à 1,4 pour la filière pétrole. Ce chiffre englobe cependant tous les emplois liés à cette filière, y compris les emplois indirects au sens de cette étude (administration, vente, marketing, etc.). Faute de pouvoir disposer de chiffres plus précis, et après consultation de différents experts du Bureau du Plan et des universités, nous supposons que 1/10 de ces emplois concernent directement les opérations retenues ici ; nous évaluerons plus loin la sensibilité de cette hypothèse.

En outre, nous nous basons sur un nombre moyen d'heures prestées annuellement par personne de 1768 (FEDARENE, 1995). Rappelons aussi que la quantité de fuel consommée par l'installation de chauffage est de 90.000 litres, soit 77 tep.

2.6. Remarque

Pour les trois filières, nous ne prenons donc pas en compte les emplois indirects liés à

- la prestation de services entourant la fourniture des combustibles (administration, vente, gestion financière, etc.) ;
- la conception des installations, la construction et le montage des équipements.

En effet, ces emplois indirects sont difficiles à estimer, et nous ne disposons pas, pour les systèmes de chaufferies au bois, d'un inventaire précis des emplois indirects créés par la réalisation d'une telle installation. Nous préférons donc ne pas prendre en compte ces emplois afin d'éviter de fausser la présente étude par des imprécisions trop importantes.

Par contre, les opérations d'entretien et de maintenance, directement liées au fonctionnement des installations de chauffage, sont intégrées à notre étude. Pour l'installation de chauffage au bois, la durée des travaux d'entretien et de maintenance est estimée à 84 heures par an (CLER, 1990). Pour l'installation de chauffage au fuel, cette durée est estimée à 5 heures/an.

Les chiffres retenus pour les opérations de récolte, le conditionnement et le transfert des plaquettes provenant des filières rémanents forestiers et taillis à courte rotation, doivent être considérés comme des valeurs moyennes. En effet, les temps de travaux varient fortement en fonction de paramètres liés au site de coupe : relief, accessibilité, type de peuplement, conditions climatiques, etc. Ces valeurs moyennes proviennent de données citées dans la littérature, d'informations fournies par les entrepreneurs forestiers et agricoles, ainsi que de l'expérience acquise sur le terrain par le personnel du Département Génie rural du Centre wallon de Recherches agronomiques. Ces valeurs ne prétendent donc pas reprendre tous les cas de figure

existant sur le terrain et doivent donc être utilisées avec prudence. Elles constituent surtout des ordres de grandeur qui vont nous permettre de comparer des filières "installation de chauffage au bois" à une filière classique "installation de chauffage au fuel".

Enfin, soulignons que cette étude n'a pas pour objectif d'analyser la rentabilité financière des installations de chauffage au bois. Nous ne procédons pas à une étude des coûts et recettes de ces systèmes énergétiques. Néanmoins, il est utile de donner un ordre de grandeur des coûts annuels en combustible des deux filières envisagées, bois et fuel, dans le cas de l'installation de chauffage analysée ici. Pour la filière fuel, la consommation est de 90.000 litres/an à 0,32 euro/litre (prix avril 2004), soit un montant annuel total de 28.800 euros. Pour la filière rémanents forestiers (peu à moyennement mécanisée), l'ADEME (1999) cite des chiffres de 8,7 à 17,5 euros/map² entrée chaufferie. Pour l'ITEBE (Institut technique européen du bois énergie, communication personnelle), les chiffres annoncés vont de 8,2 à 22,4 euros/map pour une plaquette forestière à 25 % d'humidité (sur masse brute). L'installation de 585 kW demandant 900 map/an, nous obtenons un coût annuel du combustible rémanents forestiers variant de 7380 à 20160 euros. Le coût de la filière taillis à courte rotation n'est pas connu, cette culture étant toujours expérimentale en Belgique. Jossart *et al.* (1999) estiment à 92,5 euros le coût de la tonne anhydre rendue usine de plaquettes de taillis à courte rotation (mais pour une productivité de 12 t m_{ba}/ha/an, ce qui est élevé en pratique). La chaudière de 585 kW demande 180 t m_{ba} par an, le coût total annuel du combustible par la filière taillis à courte rotation est alors de 16500 euros.

Le coût des filières bois est donc inférieur, en première approximation, au coût de la filière fuel, mais reste dans le même ordre de grandeur.

3. ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Les résultats obtenus pour les calculs de création d'emplois sont présentés par filière :

- filière rémanents forestiers
- filière taillis à courte rotation
- filière fuel.

Ensuite, nous donnons une synthèse des résultats qui nous permet d'obtenir le nombre d'emplois nets créés par chaque filière de chauffage au bois. Les effets économiques induits générés par ces emplois nets sont également évalués.

²map = mètre cube apparent de plaquettes de bois

3.1. Filière rémanents forestiers

La durée des travaux de récolte, conditionnement et approvisionnement des plaquettes de bois à partir des rémanents forestiers, est donnée à la **figure 7**. Cette durée varie de 239 heures/an (30 jours de travail à raison de 8 heures/jour) pour la filière la plus mécanisée (broyage sur site plate-forme bois), à 662 heures/an (83 jours/an) pour la filière la moins mécanisée (petite déchiqueteuse). Ramenée à la tonne de matière anhydre, cette durée varie de 1,3 à 3,7 heures. Il faut remarquer également la durée importante demandée par les opérations de transport du bois.

Pour 180 t_{ba} (900 map/an), nous obtenons un temps de travail variant de 1,3 à 4,2 mois/an selon le degré de mécanisation de la filière, confirmant les chiffres cités par le CLER (1990).

3.2. Filière taillis à courte rotation

La **figure 8** reprend la durée des travaux de production, récolte, conditionnement et approvision-

nement de l'installation de chauffage au bois à partir de plaquettes provenant de taillis à courte rotation.

La durée des travaux de la filière taillis à courte rotation (249 heures/an, soit 31 jours/an) se situe au même niveau qu'une récolte de rémanents forestiers très mécanisée. Ceci est conforme à notre attente : la culture de taillis à courte rotation est une production agricole qui doit s'inscrire dans le contexte socio-économique de notre agriculture. Celle-ci est fortement mécanisée et évolue vers une intégration de plus en plus poussée des différentes opérations de la culture. Par conséquent, la culture de taillis à courte rotation doit être très mécanisée afin de répondre aux attentes des agriculteurs. Pour récolter et produire une tonne de matière anhydre de plaquettes de taillis à courte rotation, 1,4 heure de travail est nécessaire. En ce qui concerne la plate-forme de gestion des bois de taillis, nous considérons le temps de travail comme nul : les taillis sont broyés à la récolte et la plate-forme est par conséquent une simple étape de stockage des plaquettes.

Dans la culture de taillis à courte rotation, les travaux imposant le plus de temps sont ceux relatifs à

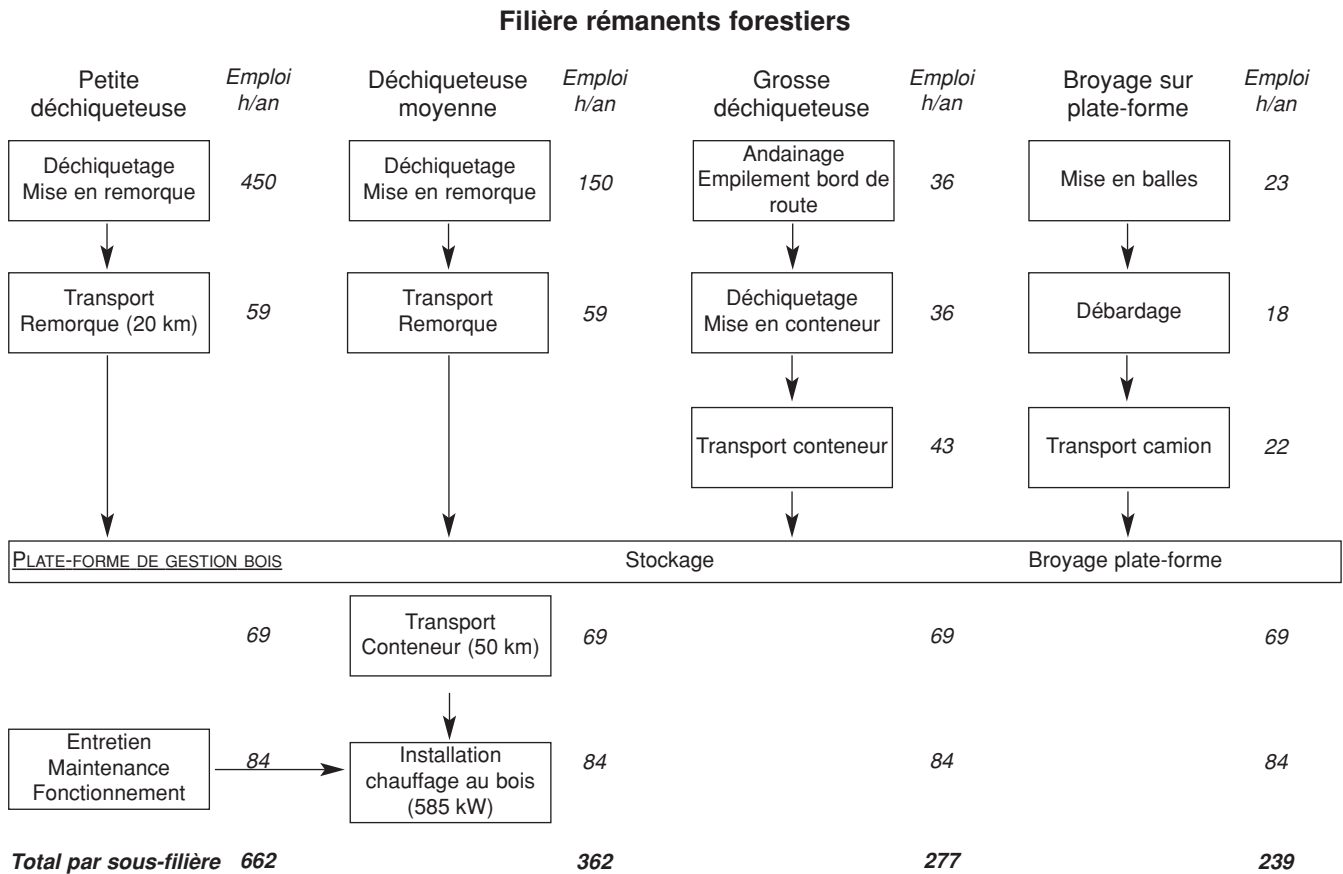


Figure 7. Filière rémanents forestiers : durée des travaux de récolte, conditionnement, approvisionnement et fonctionnement de l'installation de chauffage au bois de 585 kW (180 t_{ba}/an de plaquettes de bois) — *Forest residues supply chain: working time for harvesting, conditioning, supply of wood chips and for operation of the 585 kW wood heating plant (180 odt/year of wood chips).*

l'entretien des plantations – fertilisation, désherbage – et à la récolte. Ces travaux doivent être effectués sur une surface de 8 ha chaque année. Les autres travaux – préparation du terrain, plantation – ne sont réalisés qu'une seule fois pour la période de production théorique des taillis, 21 ans. Dans notre approche, nous avons réparti le temps total de ces travaux sur les 21 années de culture. Ceci explique leur faible impact sur l'emploi par rapport aux autres opérations.

3.3. Filière fuel

La durée des travaux relatifs à la filière chauffage au fuel est donnée à la **figure 9**.

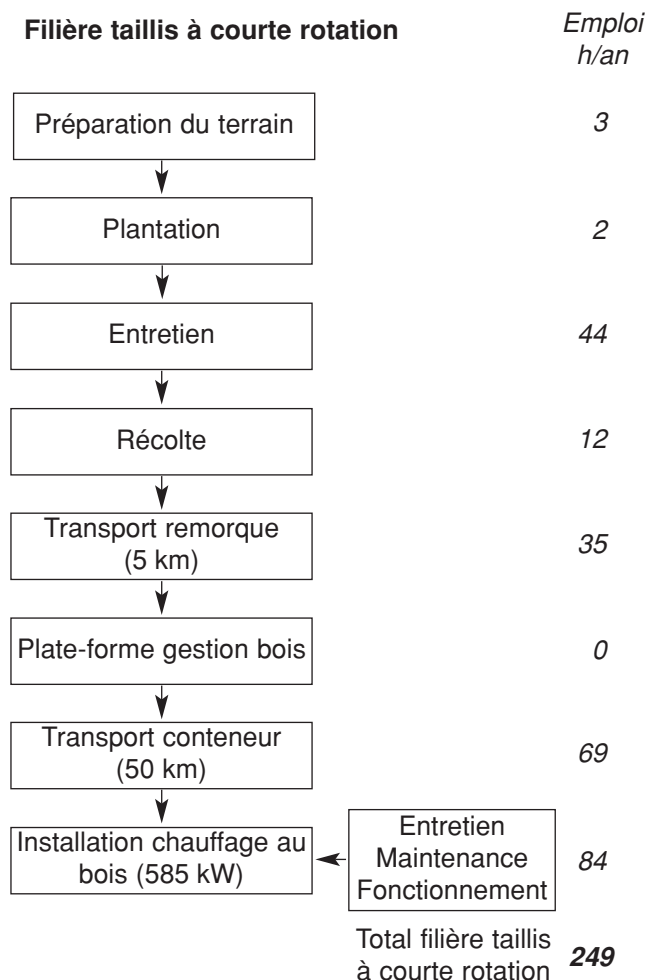


Figure 8. Filière taillis à courte rotation : durée des travaux de production, récolte, conditionnement, approvisionnement et fonctionnement de l'installation de chauffage au bois de 585 kW (180 t_{pa}/an de plaquettes de bois) — *Short rotation coppice supply chain: working time for growing, harvesting, conditioning, supply of short rotation coppice wood chips and for operation of the 585 kW wood heating plant (180 odt/year of wood chips).*

3.4. Emplois nets

Le **tableau 4** synthétise les durées totales des travaux de l'ensemble des filières et sous-filières présentées ci-dessus. Il reprend également pour chacune des filières chauffage au bois, les emplois nets créés. Par emploi net, nous entendons le temps de travail créé par chaque filière bois diminué du temps de travail perdu du fait de l'abandon de la filière chauffage au fuel.

Le premier point ressortant du **tableau 4** est la confirmation de l'effet positif des filières chauffage au bois sur l'emploi : celles-ci génèrent beaucoup plus d'heures de travail que la filière fuel et ce quel que soit le degré de mécanisation de la filière, donc indépendamment du coût du combustible. Dans le cadre de notre étude, les filières rémanents forestiers créent de 10 à 28 fois plus d'heures de travail³ que la filière fuel, en fonction du degré de mécanisation des opérations de récolte et de conditionnement des rémanents. Dans le cas de la filière taillis à courte rotation, ce facteur multiplicateur est de 10.

Ceci se traduit par le nombre de jours de travail "emploi net" créés par les filières chauffage au bois : de 27 à 80 jours par an, soit de 1,4 à 4,0 mois de travail (20 jours de travail par mois), sont produits en plus par ces filières bois.

Au §2.5, faute d'une meilleure estimation, nous avons fait l'hypothèse que, pour le secteur pétrolier,

³ Rappelons qu'il s'agit bien d'emplois directs.

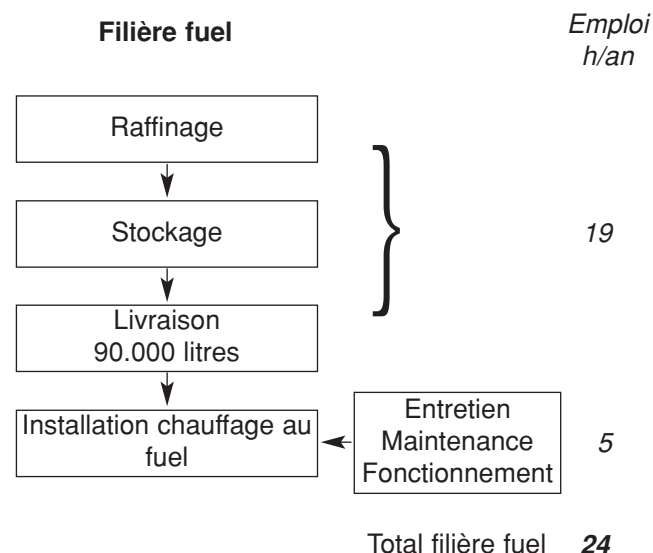


Figure 9. Filière chauffage au fuel : durée des travaux de production, approvisionnement et fonctionnement de l'installation de chauffage au fuel (90.000 litres fuel/an) — *Fuel oil supply chain: working time for the production and supply of fuel oil and for heating plant operation (90.000 litres/year of fuel oil).*

Tableau 4. Filières de chauffage au bois et au fuel (installation de 585 kW de puissance) : durée totale des travaux et emplois nets créés par les filières rémanents forestiers et taillis à courte rotation — *Wood and fuel oil heating chains (585 kW plant) : total working time and net employment created by the forest residues and short rotation coppice supply chains.*

Filières	Durée totale travaux		Emplois nets	
	h/an	j/an*	h/an	j/an*
Rémanents forestiers				
Petite déchiqueteuse	662	83	638	80
Déchiqueteuse moyenne	362	45	338	42
Grosse déchiqueteuse	277	35	253	32
Broyage sur site plate-forme	239	30	215	27
Taillis à courte rotation	249	31	225	28
Fuel	24	3	-	-

*8 heures de travail par jour.

1 emploi sur 10 concerne les opérations retenues pour la filière de chauffage au fuel. Afin de vérifier l'impact de cette hypothèse, nous faisons passer ce rapport à 1/5. Dès lors, le nombre d'emplois nets dans le cas des filières rémanents forestiers diminue et passe de 25 à 77 jours/an (au lieu de 27 à 80) tandis que dans le cas de la filière taillis à courte rotation il se réduit à 26 jours/an. L'impact de cette hypothèse sur les emplois nets est donc minime et ne modifie pas les ordres de grandeur obtenus.

Que représentent ces emplois nets créés par les filières chauffage au bois, à l'échelon de la Wallonie ? À partir de l'estimation du potentiel énergétique des rémanents forestiers de 7400 TJ/an (177.000 tep/an) (Temmerman *et al.*, 1998), en admettant que le type d'installation de chauffage au bois pris en exemple ici (puissance 585 kW, consommation bois combustible 180 t m_{ba}/an) se multiplie, à raison de 220 jours ouvrables par an, nous obtenons en termes d'emplois directs nets pour une utilisation du potentiel de rémanents forestiers de 30 %, de 85 à 251 etp ; de 75 %, de 212 à 627 etp.

Notons cependant que le facteur limitant le développement des sous-filières mécanisées est le manque de débouchés actuels pour le combustible produit. Une utilisation du bois énergie à grande échelle conduirait vraisemblablement à l'emploi de sous-filières très mécanisées, à une production totale plus importante à un coût de production plus faible. L'impact sur l'emploi serait donc moindre.

Dans le cas de la filière taillis à courte rotation, en supposant que la culture se développe sur des surfaces totales de 5000 et 20.000 ha, nous obtenons pour 5000 ha : 27 etp, et pour 20.000 ha : 106 etp.

Le nombre d'emplois nets ainsi créés par les filières chauffage au bois n'est donc pas négligeable, d'autant plus que les chiffres cités ne comprennent pas les emplois indirects.

3.5. Effets induits

Une chaufferie au bois crée non seulement des emplois pour sa construction, son fonctionnement mais également de l'activité économique dans d'autres secteurs tels que le tertiaire, l'alimentation, la santé, le logement, la culture et les loisirs, le transport et les communications. Ce sont les effets économiques induits ; Schaar (2003) a développé une méthode pour estimer les effets induits d'une chaufferie au bois.

Ne disposant pas dans la littérature d'une méthode permettant de calculer ces effets induits pour une activité économique comme celle des chaufferies au bois, Schaar (2003) a construit un multiplicateur sur base du budget des ménages. Elle met en relation le tableau de consommation d'un ménage moyen, le tableau des entrées-sorties (Avons *et al.*, 1999), le salaire mensuel moyen par catégorie de profession ainsi que le chômage moyen.

Le tableau de la structure du budget d'un ménage moyen se divise en huit catégories principales :

- A. Alimentation, tabac, boissons
- B. Habillement et chaussures
- C. Habitation principale ou secondaire
- D. Meubles et appareils ménagers
- E. Santé
- F. Transport et communication
- G. Culture, loisirs, enseignement
- H. Autres biens et services.

La création d'emplois par la chaufferie se traduit par une augmentation du pouvoir d'achat des personnes concernées ; cette augmentation est mesurée par la différence entre le nouveau salaire net annuel et les allocations de chômage. Cette différence est ensuite soumise au taux d'épargne pour obtenir le montant net annuel utilisé pour effectuer les dépenses de consommation dans les huit catégories reprises ci-dessus.

En se basant sur le pourcentage que chacune des huit catégories représente dans les dépenses des ménages de la Région wallonne, en faisant correspondre à chacune des catégories le nombre d'emplois et le montant total des entrées monétaires du secteur, Schaar (2003) obtient un total de 6,42 emplois générés par million d'euros entrant dans le budget des ménages. Si nous prenons un salaire moyen d'ouvrier agricole, d'ouvrier ou d'employé non qualifié (1050 euros/mois), une allocation de chômage de cohabitant de 606 euros/mois et un taux d'épargne moyen de 14,6 % (INS, 2003), nous concluons que pour chaque emploi créé par une chaufferie au bois,

0,029 emploi est créé dans les différents secteurs économiques correspondant aux huit catégories de dépenses des ménages.

Pour illustrer cette approche, nous posons l'hypothèse que 100 piscines communautaires en Région wallonne s'équipent d'une chaufferie au bois de 500 kW. Cet ensemble consommerait environ 33500 tonnes de bois par an, soit 5 % du potentiel de la Wallonie. Le nombre d'emplois directs ainsi créés serait d'environ 73 équivalents temps plein, qui eux-mêmes génèrent des effets induits représentant 2,12 équivalents temps plein. Ce chiffre, qui peut paraître faible, appelle deux remarques :

- il s'agit d'emplois en milieu rural, où l'effet multiplicateur est en principe plus élevé qu'en milieu urbain ;
- les emplois calculés ici sont des emplois directs, nous n'avons pas tenu compte des emplois indirects créés par la construction des équipements, par les activités sylvicoles, etc.

4. CONCLUSIONS

Le bois représente une source d'énergie renouvelable importante en Région wallonne : 10 PJ ou 240.000 tep. L'utilisation du bois-énergie génère, selon quelques études recensées dans la littérature, plus d'emplois que l'utilisation de combustibles fossiles. Deux grandes catégories d'emplois sont à distinguer : les emplois indirects, occasionnés par la conception, la construction et la mise en route des installations énergétiques ; les emplois directs, liés au fonctionnement de ces installations. Le bois-énergie peut créer un grand nombre de ces emplois directs, particulièrement importants car ils sont des emplois durables, existant tant que la centrale énergétique fonctionne.

Les études recensées donnent en général une information globale sur les emplois créés par les filières bois-énergie. L'approche proposée s'attache à évaluer les emplois directs générés par une installation de chauffage au bois, approvisionnée en bois combustible provenant de rémanents forestiers et de taillis à courte rotation. Par comparaison avec une installation de chauffage au fuel de puissance utile équivalente, les emplois nets créés par les filières bois sont déterminés.

Le premier enseignement tiré de l'application de cette démarche est que les filières bois génèrent de 10 à 28 fois plus d'emplois directs que la filière fuel, en fonction de leur degré de mécanisation. L'alimentation d'une chaudière de 585 kW en plaquettes de bois à partir de rémanents forestiers crée 83 jours/an (3,7 heures/tonne anhydre ou 0,74 heure/map) de travail dans le cas d'une filière peu mécanisée utilisant une petite déchiqueteuse montée sur tracteur ; cette filière est aussi celle qui est la plus pratiquée actuellement en Wallonie. Une filière beaucoup plus

mécanisée, faisant appel à la mise en balle des rémanents forestiers et à leur broyage sur le site d'une plate-forme bois, inconnue en Région wallonne mais pratiquée en Scandinavie, procure 30 jours de travail par an (1,3 heure/tonne anhydre ou 0,27 heure/map). La filière taillis à courte rotation demande 32 jours/an de travail pour alimenter la chaudière de 585 kW (1,4 heure/tonne anhydre ou 0,28 heure/map).

Pour l'ensemble de la Wallonie, la multiplication d'installations de chauffage au bois créerait, par la valorisation de 75 % des rémanents forestiers, de 212 à 627 emplois directs durables par an (équivalents temps plein - etp) selon le degré de mécanisation de la filière. La culture de taillis à courte rotation sur une surface de 20.000 ha, conduirait au développement de 106 emplois durables par an. La multiplication d'installations de chauffage au bois, approvisionnées à partir de rémanents forestiers et de taillis à courte rotation, a donc un effet positif significatif sur l'emploi durable, principalement en zone rurale.

Les emplois créés par les chaufferies au bois ont également des effets induits. Ces effets induits sont estimés à 0,029 etp par emploi direct (etp) généré par la chaufferie. Par exemple, si 100 piscines wallonnes s'équipent chacune d'une chaufferie au bois de 500 kW, elles consommeront environ 33.500 tonnes de bois par an (5 % du potentiel de la Région wallonne), créeront 73 équivalents temps plein qui eux-mêmes généreront 2,12 équivalents temps plein en effets économiques induits.

Cependant, la démarche adoptée ici ne concerne que les emplois directs. Les emplois indirects (conception, construction et mise en route des installations, autres services) et les effets sur l'environnement ne sont pas intégrés dans l'étude. Ils doivent également contribuer à la justification de la subvention accordée par le Ministère de la Région wallonne aux investissements en installations de chauffage au bois.

La démarche développée dans cette étude pourrait être appliquée à d'autres types d'installations bois-énergie, de taille et de technologie différentes. En pratique, il est nécessaire d'envisager des équipements de 40 kW à 5 MW, mettant en œuvre des technologies de combustion sur sole, grille, en suspension, de gazéification ou de cogénération. Les filières d'approvisionnement pourraient être utilement élargies aux industries du bois, à d'autres biomasses (paille, miscanthus, produits de taille, etc.). Enfin, l'approche détaillée développée ici pour les emplois directs doit être généralisée aux emplois indirects. Ces développements permettront d'évaluer complètement l'impact des filières bois-énergie sur l'emploi. Ce sera un outil d'évaluation très précieux pour les petites et moyennes entreprises, les administrations et les décideurs politiques.

Bibliographie

- ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie () (1999). *Bois-énergie. Chaufferies à alimentation automatique*. Paris : ADEME, 155 p.
- Avons L. *et al.* (1999). *Tableau entrées-sorties 1990. Une analyse des structures économiques de la Belgique*. Bruxelles : Bureau Fédéral du Plan, 96 p.
- Buydens C., Louveaux F., Schepens G., Jaumotte C. (1982). *Projet "Biomasse et Régions". Rapport de synthèse*, Commission Européenne, DG XII, 9 p.
- CLER – Comité de Liaison Énergies Renouvelables (1990). *Le bois-énergie et l'emploi. Situation présente et perspectives*. Paris : CLER, 21 p + 5 annexes.
- Electrabel (1996). *Le projet TtCR-GAZEL. Brochure de présentation du projet*, 8 p.
- ESD – Energy for Sustainable Development (1996). *Renewables' impact on employment. ESD News (UK)* 3, p 1.
- FAO – Food and Agricultural Organization (1999). *Wood energy and employment*. Page Web de la Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1 p.
- FEDARENE (1995). *ELVIRE – Evaluation Guide for Renewable Energy Projects in Europe*. Brussels: FEDARENE, for the European Commission, Directorate General for Energy (DG XVII), 28 p.
- Ferrero GL., Grassi G., Williams HE. (1987). *Biomass energy: from harvesting to storage*. UK: Elsevier Applied Science, 327 p.
- Grulois C., Van Belle JF. (1997). *Catalogue du matériel convenant pour le broyage de rémanents forestiers et de déchets verts (Français/English)*. Gembloux, Belgique : Centre wallon de Recherches agronomiques, Département Génie rural, 56 p.
- Grulois C., Quenon G., Van Belle JF., Schenkel Y. (1997). *Projet TtCR-GAZEL : la mécanisation de la plantation. Rapport d'activités*. Gembloux, Belgique : Centre wallon de Recherches agronomiques, Département Génie rural, 22 p.
- Hakkila P. (1989). *Utilisation of residual forest biomass*. Springer Series in Wood Science. Berlin, Germany: Springer Verlag, 568 p.
- Institut National Statistique (INS) (ed) (2003). *Emploi et chômage. Enquête sur les forces de travail 2001*. Bruxelles : Institut National Statistique, Ministère des Affaires économiques.
- Institut Wallon ; Équipe Régionale Biomasse-Énergie (ERBE) (1997). *Le chauffage au bois, une énergie au service de la collectivité*. Plaquette. Namur et Gembloux, Belgique : Institut Wallon asbl et Équipe Régionale Biomasse-Energie, 7 p.
- Jossart JM., Goor F., Nerinckx X., Ledent JF. (1999). *Le taillis à très courte rotation, alternative agricole* (2 éd.). Louvain-la-Neuve, Belgique : UCL, Laboratoire ECOP, 170 p.
- Lemaire P., Schenkel Y., Van Belle JF. (1997). Les possibilités de la biomasse en Wallonie. *In Proceedings Benelux Workshop "Energies Renouvelables"*, Maastricht, Pays-Bas, 16 p.
- Marchal D. (2001). Le bois-énergie, éternel recommencement ? *Silva Belg.* 108 (3), p. 20–25.
- Marchal D., Grulois C., Vankerkove R. (2003). *Inventaire des sources de biomasse ligneuse en Région wallonne (pour la production d'énergie)*. Gembloux, Belgique : Équipe Régionale Biomasse Énergie, 63 p.
- Misereque O., Tissot S., Bruart J. (1998). *Indicateur des performances et des coûts d'utilisation des machines agricoles. Note technique*. Gembloux, Belgique : Centre wallon de Recherches agronomiques, Département Génie rural, 166 p.
- Quenon G., Schenkel Y. (1996). Harvesting short rotation coppice for gasification in the framework of the TtCR-GAZEL Project. *In* Chartier P., Ferrero GL., Henius UM., Hultberg S., Sachau J., Wiinblad ADM. (eds). *Proceedings 9th EC Conference on "Biomass for Energy and the Environment"* UK: Elsevier Science, p. 878–883.
- Schaar C. (2003). *Modélisation des impacts socio-économiques et environnementaux de chaufferies au bois*. Mémoire de fin d'études. Gembloux, Belgique : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 78 p.
- Schenkel Y., Grulois C., Martin J., Bourgeois F., Jossart JM., Meekers E. (1997). SRC-GAZEL: a full-scale pilot project. *In* Overend RP., Chornet E. (eds). *Proc. 3rd Biomass conference of the Americas "Making a Business from Biomass"*. UK: Elsevier Science, p. 465–476.
- Schenkel Y., Marchal D., Vankerkove R., Delaunois C. (2001). La biomasse énergie en Région wallonne. *In Actes de 6^{ème} Rencontre de l'Énergie – Les Énergies Renouvelables, Charleroi, 21 septembre 2001*. Namur, Belgique : Institut Wallon.
- Temmerman M., Grulois C., Van Belle JF. (1998). *Contribution des filières bois-énergie au développement durable en Belgique*. Gembloux, Belgique : Centre wallon de Recherches agronomiques, Département Génie rural, 195 p.
- Van Belle JF., Grulois C., Temmerman M., Vankerkove R. (1998). *Potential bois en Wallonie pour la production d'électricité*. Gembloux, Belgique : Rapport du Centre wallon de Recherches agronomiques, Département Génie rural, 123 p.