



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada



écoÉNERGIE  
une initiative d'écoACTION

# SITUATION SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS LE SECTEUR CANADIEN DES PRODUITS DU BOIS



EN COLLABORATION AVEC FPINNOVATIONS –  
DIVISION FORINTEK, RÉGION DE L'OUEST



PEEIC



Canada

## Remerciements

La présente étude a été rendue possible grâce à l'appui financier et aux conseils de Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts et Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne [PEEIC]), des provinces de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba, de l'Ontario, du Québec, de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick et de Terre-Neuve-et-Labrador, et du gouvernement du Yukon. L'étude n'aurait pu être réalisée sans la participation opportune des membres de l'industrie. Don Bisson de l'Association des fabricants de panneaux de composites a aidé grandement à obtenir leur soutien et participation à l'étude. En dernier lieu, le financement accordé par l'Alberta Forester Research Institute et le soutien technique fourni par l'Institut Athéna durant le projet a contribué à la réalisation de l'étude.

## Avis de non-responsabilité

Le guide *Situation sur la consommation d'énergie dans le secteur canadien des produits du bois* n'est fourni qu'à titre informatif. Quand vient le temps de prendre des décisions ou de faire des démarches, le guide ne peut en aucun cas remplacer l'avis d'un professionnel qualifié ou le recours à un service de recherche indépendant. Ressources naturelles Canada ne garantit ni l'exactitude, ni l'actualité, ni l'intégralité de l'information présentée dans le guide *Situation sur la consommation d'énergie dans le secteur canadien des produits du bois* et ne se tient nullement responsable de quelque perte ou dommage qui pourrait résulter d'omissions ou encore d'erreurs ou inexactitudes contenues dans le guide.

Situation sur la consommation d'énergie dans le secteur canadien des produits du bois.

N° de cat. M144-214/2009  
ISBN 978-1-100-52199-2

Pour obtenir de plus amples renseignements ou des exemplaires supplémentaires du présent document, écrire à l'adresse suivante :

Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne  
a/s Ressources naturelles Canada  
580, rue Booth, 18<sup>e</sup> étage  
Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Téléphone : 613-995-6839  
Télécopieur : 613-992-3161  
Adresse électronique : [cipec-peeic@rncan.gc.ca](mailto:cipec-peeic@rncan.gc.ca)  
Site Web : [oee.rncan.gc.ca/peeic](http://oee.rncan.gc.ca/peeic)

ou

FPIInnovations – Division Forintek  
Région de l'Ouest  
2665, East Mall  
Vancouver (C.-B.) V6T 1W5

Téléphone : 604-224-3221  
Télécopieur : 604-222-5690  
Site Web : [www.forintek.ca](http://www.forintek.ca)



Papier recyclé

[Version originale du présent rapport, publiée en anglais seulement]

Status of Energy Use in the Canadian Wood Products  
Sector

by

Jamie Meil  
Lindita Bushi  
Peter Garrahan  
Roger Aston  
Alain Gingras  
Diego Elustondo

Prepared for  
Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC)  
Office of Energy Efficiency  
Natural Resources Canada

March 2009

Project No. 6014  
Final Report 2008/2009  
Project Leader: Jennifer O'Connor  
Report reviewed by: Gilles Brunette



FPInnovations – Forintek Division  
Western Region  
2665 East Mall  
Vancouver, British Columbia V6T 1W5



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>2</b>
1.1	Aperçu de l'industrie .....	2
1.2	Participants de l'industrie .....	4
1.3	Combustion de la biomasse renouvelable – production de rapports sur les GES et comptabilisation du bilan du carbone .....	5
1.4	Contenu du rapport .....	6
<b>2</b>	<b>Extraction des ressources, gestion des forêts et transport des ressources</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Fabrication du bois d'œuvre résineux</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Fabrication du contreplaqué de résineux</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Fabrication de panneaux OSB</b> .....	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Fabrication de panneaux composites</b> .....	<b>32</b>
6.1	Fabrication de panneaux de particules .....	32
6.2	Fabrication de panneaux de fibres à densité moyenne .....	36
<b>7</b>	<b>Résumé : énergie brute et bilan du carbone</b> .....	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Comparaison sommaire de l'intensité énergétique dans différents pays</b> .....	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>Possibilité de réduction de la consommation d'énergie pour la fabrication des produits du bois</b> .....	<b>50</b>
9.1	Séchage au séchoir du bois d'œuvre résineux .....	50
9.2	Possibilités de réduction de la consommation d'énergie pour la fabrication de panneaux .....	56
<b>10</b>	<b>Références</b> .....	<b>62</b>
<b>Annexes</b>		
	Annexe 1 : Pouvoir calorifique inhérent et potentiel de réchauffement planétaire des sources d'énergie .....	66
	Annexe 2 : Répartition des essences et densité moyenne du bois au Canada .....	67
	Annexe 3 : Facteur de conversion en mètres cubes par Mpmp de bois d'œuvre .....	69

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1	Paramètres opérationnels et consommation d'énergie selon l'activité, de la forêt à l'usine de conversion du bois. . . . .	9
Tableau 2-2	Consommation d'énergie, émissions de GES et bilan net du carbone liés à la coupe et au transport . . . . .	10
Tableau 3-1	Bilan massique du bois lié à la production de bois d'œuvre résineux. . . . .	15
Tableau 3-2	Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication du bois d'œuvre résineux . . . . .	16
Tableau 3-3	Consommation d'énergie brute à l'étape de la fabrication – bois d'œuvre résineux	17
Tableau 3-4	PRP et bilan net du carbone – bois d'œuvre résineux . . . . .	17
Tableau 4-1	Bilan massique du bois lié à la production de contreplaqué de résineux . . . . .	22
Tableau 4-2	Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication du contreplaqué de résineux . . . . .	23
Tableau 4-3	PRP et bilan net du carbone – contreplaqué de résineux. . . . .	24
Tableau 5-1	Bilan massique ligneux lié à la production de panneaux OSB . . . . .	28
Tableau 5-2	Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication des panneaux OSB . . . . .	29
Tableau 5-3	PRP et bilan net du carbone – production de panneaux OSB. . . . .	30
Tableau 6-1	Bilan massique du bois lié à la production de panneaux de particules . . . . .	34
Tableau 6-2	Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication des panneaux de particules . . . . .	35
Tableau 6-3	Consommation d'énergie brute pour la fabrication des panneaux de particules par procédé unitaire . . . . .	36
Tableau 6-4	PRP et bilan net du carbone – panneaux de particules . . . . .	36
Tableau 6-5	Bilan massique du bois lié à la production de panneaux MDF . . . . .	38
Tableau 6-6	Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication des panneaux MDF . . . . .	39
Tableau 6-7	Consommation d'énergie brute pour la fabrication des panneaux MDF par procédé unitaire . . . . .	40
Tableau 6-8	PRP et bilan net du carbone – panneaux MDF. . . . .	40
Tableau 8-1	Consommation d'énergie en Amérique du Sud et en Scandinavie par produit..	48

## LISTE DES FIGURES

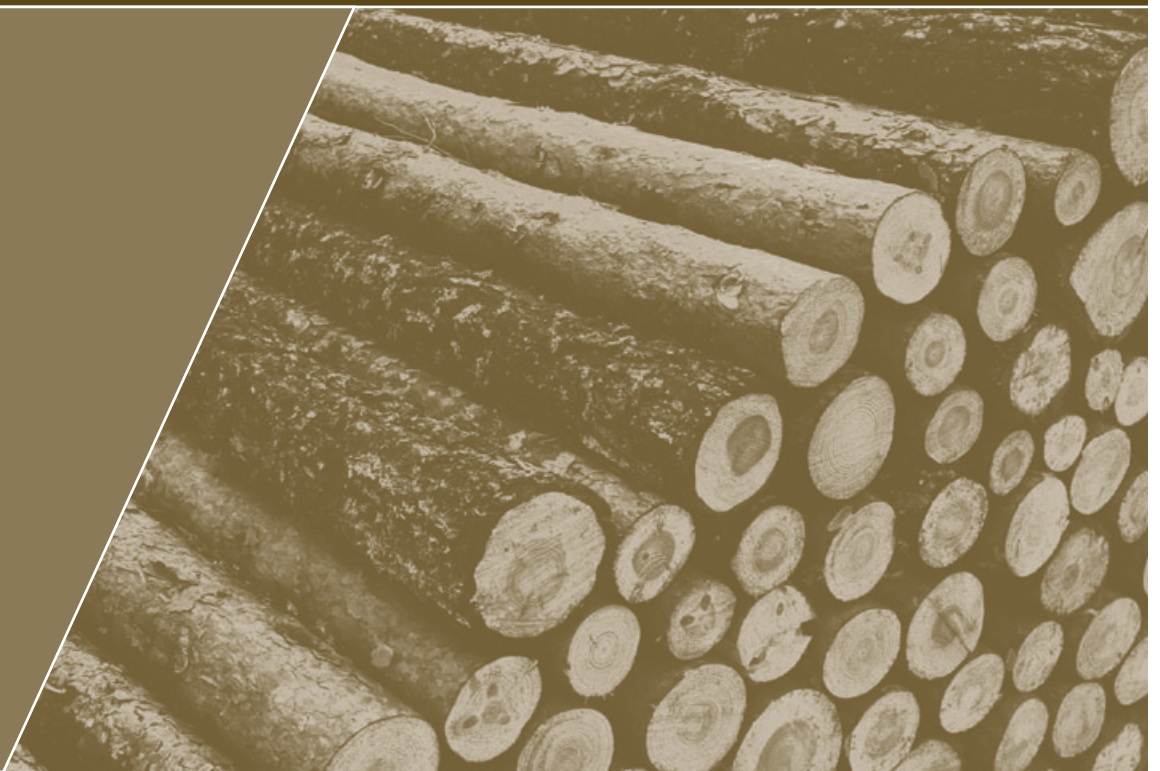
Figure 1-1	Consommation d'énergie pour la production de produits du bois selon la source d'énergie . . . . .	3
Figure 1-2	Analyse des tendances observées dans la consommation d'énergie pour la production de produits du bois selon la source d'énergie . . . . .	3
Figure 3-1	Schéma de production du bois d'œuvre résineux . . . . .	13
Figure 4-1	Diagramme de la production de contreplaqué de résineux. . . . .	21
Figure 5-1	Schéma de production des panneaux OSB . . . . .	27
Figure 6-1	Schéma de production des panneaux de particules . . . . .	34
Figure 6-2	Schéma de production des panneaux MDF. . . . .	38
Figure 7-1	Consommation d'énergie primaire brute pour l'ensemble du processus de fabrication selon la source d'énergie. . . . .	42
Figure 7-2	PRP et bilan net du carbone pour l'ensemble du processus de fabrication . . . . .	43
Figure 8-1	Consommation d'énergie pour la fabrication au Canada et aux États-Unis selon la source d'énergie . . . . .	46
Figure 9-1	Aperçu des types de séchoirs à bois d'œuvre utilisés au Canada . . . . .	51
Figure 9-2	Dispositif de circulation d'air muni d'un échangeur de chaleur air-air installé entre les événements d'arrivée et de sortie d'un séchoir à convection forcée. . . . .	54





# 1

## INTRODUCTION



## 1 INTRODUCTION

L'industrie canadienne des produits du bois joue depuis longtemps un rôle important dans l'économie du Canada. Il s'agit d'une industrie diversifiée produisant des produits de base et des produits à valeur ajoutée dans toutes les régions du pays.

Le présent rapport de situation sur la consommation d'énergie porte sur cinq produits de base du secteur des produits du bois au sens large : bois d'œuvre résineux, contreplaqué de résineux, panneaux à copeaux orientés (panneaux OSB), panneaux de particules et panneaux de fibres à densité moyenne (panneaux MDF).

La présente étude, effectuée par FPInnovations – Division Forintek, privilégie une approche différente de celle d'autres rapports du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC). Elle porte principalement sur la consommation d'énergie brute des installations de fabrication en plus de mettre en correspondance cette consommation avec l'énergie requise en amont pour fournir les matières premières et les intrants énergétiques. De plus, elle fait état des émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre (GES) attribuables à chaque source d'énergie et du dioxyde de carbone piégé dans les produits du bois, dans le but de dresser le bilan du carbone de chaque produit fini à la sortie de l'usine.

Fondé sur une approche axée sur l'analyse du cycle de vie, le présent rapport fait état de la consommation d'énergie pour l'ensemble du processus de fabrication des cinq produits de base. Les données présentées peuvent aider chaque secteur de l'industrie à mieux comprendre l'utilisation des matériaux et de l'énergie dans le but de réduire la consommation d'énergie dans l'avenir.

### 1.1 Aperçu de l'industrie

L'ensemble du secteur canadien des forêts traverse une période particulièrement difficile. Depuis 2003, l'industrie a subi des fermetures et des compressions qui ont touché approximativement 300 usines, principalement des usines de pâtes et papiers, des scieries et des entreprises de fabrication de panneaux structuraux. Pourtant, malgré les conditions variables des marchés et les fermetures d'usines subséquentes, l'industrie canadienne des produits du bois demeure l'un des secteurs industriels les plus importants du pays.

Le secteur canadien des produits du bois est une industrie diversifiée qui produit des marchandises faisant l'objet d'échanges (p. ex., bois d'œuvre et panneaux dérivés du bois) ainsi que des produits à valeur ajoutée (p. ex., armoires de cuisine et revêtements de sol en bois dur). La fabrication des produits du bois demande très peu d'énergie. En règle générale, les coûts énergétiques associés au secteur des produits en bois massif représentent moins de 5 p. cent du coût des biens vendus. Par conséquent, la consommation d'énergie n'a pas suscité autant d'intérêt que le contrôle et la surveillance des coûts de main-d'œuvre et des matières premières. Par contre, les dépenses de l'industrie relatives aux intrants énergétiques ont doublé au cours de la dernière décennie (Statistique Canada, *Enquête annuelle sur les manufactures*, 1998 à 2008).

Depuis 1990, la consommation d'énergie absolue de l'industrie des produits du bois a augmenté de 30 p. cent, tandis que la production brute de ce secteur a également connu une hausse de 45 p. cent, et sa contribution au produit intérieur brut a augmenté de 44 p. cent (CIEEDAC, 2009). On estime que l'intensité énergétique par unité produite par l'industrie a diminué de 10 p. cent entre 1997 et 2007. La figure 1-1 présente la consommation d'énergie dans l'industrie des produits du bois par source d'énergie sur une période de 10 ans.

De 1997 à 2007, la consommation d'énergie dans l'industrie des produits du bois est passée de 125 pétajoules (PJ)<sup>1</sup> à 140 PJ. Il est particulièrement important de signaler que plus de 50 p. cent de

<sup>1</sup>1 pétajoule (PJ) correspond à 10<sup>15</sup> joules; 1 térajoule (TJ) correspond à 10<sup>12</sup> joules; 1 mégajoule (MJ) correspond à 10<sup>6</sup> joules

l'énergie utilisée actuellement dans l'industrie provient d'un biocombustible renouvelable (produit à partir des coproduits des opérations de production). L'électricité et le gaz naturel représentent chacun environ 20 p. cent de l'énergie utilisée par l'industrie, et d'autres combustibles fossiles (distillats moyens : carburant diesel, essence, gaz de pétrole liquéfié [GPL] et mazout lourd) représentent 10 p. cent de l'énergie consommée.

Selon les tendances observées dans l'emploi des sources d'énergie présentées à la figure 1-2, l'utilisation d'électricité a légèrement augmenté depuis 1997. Le principal changement est le remplacement du gaz naturel par la biomasse renouvelable ou les combustibles de déchets de bois. L'utilisation du gaz naturel a diminué de 10 p. cent, ce qui a entraîné une hausse de 10 p. cent de la consommation de biocarburant.

Statistique Canada ne produit plus de rapports réguliers sur chaque sous-secteur de l'industrie des produits du bois, et il est donc difficile de déterminer la consommation d'énergie au sein de ces sous-secteurs de l'industrie. Cependant, les statistiques indiquent que l'industrie du bois d'œuvre représente à elle seule 40 p. cent de la consommation d'énergie au sein du secteur des produits du bois, ce qui en fait la première utilisatrice d'énergie du secteur. Par ailleurs, on estime que l'industrie des panneaux dérivés du bois (p. ex., contreplaqué, panneaux OSB, panneaux de particules et panneaux MDF) représente 15 p. cent de la consommation d'énergie au sein du secteur.

Figure 1-1 Consommation d'énergie pour la production de produits du bois selon la source d'énergie

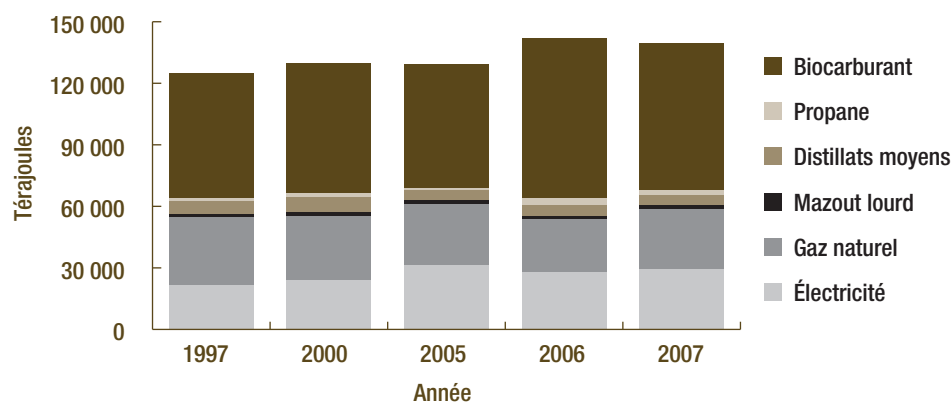
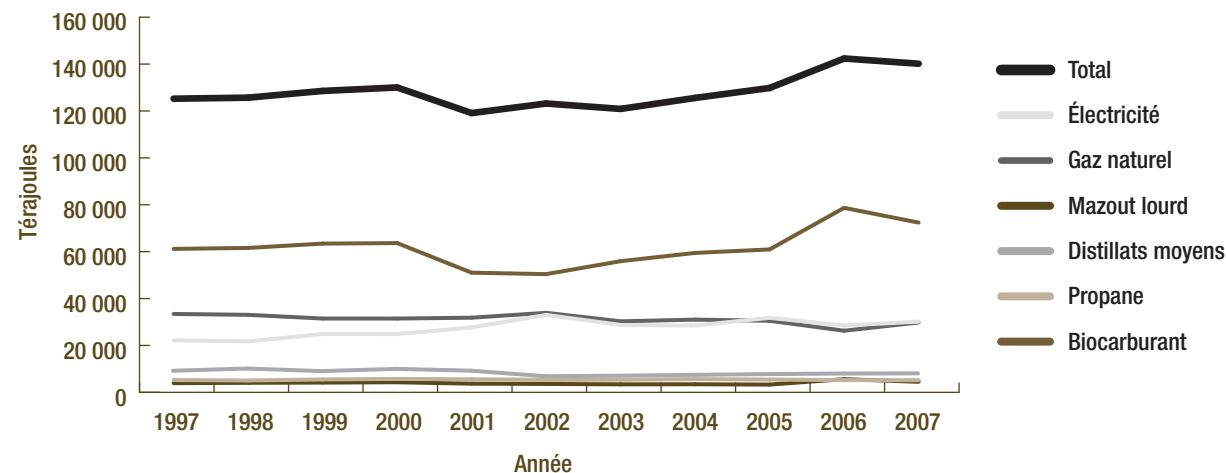


Figure 1-2 Analyse des tendances observées dans la consommation d'énergie pour la production de produits du bois selon la source d'énergie



## 1.2 Participants de l'industrie

Les données et les chiffres de référence établis pour les cinq produits de base visés par le présent rapport sont tirés d'enquêtes menées sur des usines sélectionnées pour chaque catégorie de produits. Le nombre d'enquêtes réalisées sur chaque catégorie de produit a été déterminé en fonction de l'importance de l'industrie et représente une combinaison de données sur la consommation d'énergie et la production de 2006 à 2008.

Le but de l'enquête consiste à donner un aperçu raisonnablement représentatif de l'utilisation de l'énergie et des ressources pour chaque catégorie de produits, en fonction du nombre d'usines ou du volume de production du secteur. Des efforts ont également été déployés pour s'assurer que les usines sélectionnées représentent la situation régionale du sous-secteur.

Quinze usines ont été sélectionnées pour établir le profil de consommation d'énergie de référence de l'industrie du bois d'œuvre résineux. Bien qu'il existe plus de 1 000 scieries au Canada, la capacité de production de l'industrie est concentrée dans les 200 plus grandes scieries des quatre provinces suivantes : Colombie-Britannique, Alberta, Ontario et Québec.

Outre une scierie située au Nouveau-Brunswick, voici la répartition des scieries qui ont fourni des données sur l'utilisation d'énergie et les ressources au sein des quatre principales provinces productrices suivantes : Colombie-Britannique (4 scieries), Alberta (2 scieries), Ontario (3 scieries) et Québec (5 scieries). Au total, les 15 scieries présentaient une production annuelle totale supérieure à 5,7 millions de mètres cubes ( $m^3$ ), ce qui représentait environ 8 p. cent de l'ensemble du bois d'œuvre résineux produit au pays en 2007. Dans l'ensemble, la production moyenne des scieries sélectionnées était d'environ 200 millions de pieds-planche ( $470\,000\ m^3$ ) par année.

La production canadienne de contreplaqué de résineux pour la charpente était approximativement de 2,2 milliards de  $m^3$  en 2006, dont 80 p. cent est consommée au Canada. Plus de 80 p. cent des feuilles de contreplaqué de résineux sont produites en Colombie-Britannique. En 2006, 12 usines de production de feuilles de contreplaqué de résineux étaient en exploitation au Canada. Les trois usines de la Colombie-Britannique qui ont contribué à la présente étude représentent 25 p. cent de la production de contreplaqué de résineux au Canada. Les données relatives aux scieries correspondent à l'année 2006. Le volume de production annuel de ces installations se situait entre 182 et 257 millions de pieds carrés  $pi^2$  par 3/8 pouce (po)<sup>2</sup>.

Quatre usines de panneaux OSB de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de l'Ontario et du Québec ont participé à l'étude. La capacité de production de ces quatre usines représentait plus de 10 p. cent de la capacité des usines de panneaux OSB dont la production combinée correspond à approximativement 15 p. cent de la production canadienne totale en 2006. Les données relatives aux scieries correspondaient à l'année 2006. Le volume de production annuel de ces installations se situait entre 167 et 625 millions de  $pi^2$  par 3/8 po.

L'enquête portait sur sept usines de panneaux de composites : trois usines de panneaux de particules et quatre usines de panneaux MDF. Les usines de panneaux de particules étaient situées dans l'est du Canada (Québec et Nouveau-Brunswick), où la majeure partie des panneaux de particules est produite au pays, tandis que les usines de panneaux MDF étaient réparties dans l'ensemble du pays (Colombie-Britannique, Alberta, Ontario et Nouveau-Brunswick). Les données relatives aux scieries correspondaient à l'année 2006.

---

<sup>2</sup>Le millier de pieds carrés ( $pi^2$ ) de 3/8 po est la convention habituelle utilisée par l'industrie pour les panneaux de contreplaqué et les panneaux OSB. 1 million de  $pi^2$  = 1 000  $pi^2$ ; 1 000  $pi^2$  de 3/8 po correspond à 0,844  $m^3$ .

Le volume de production annuel de ces installations se situait entre 107 et plus de 357 millions de pi<sup>2</sup> de 3/4 po<sup>3</sup>. Le volume de production annuel des usines de panneaux MDF se situait entre 74 et plus de 168 millions de pi<sup>2</sup> de 3/4 po. En 2006, 10 usines de panneaux de particules étaient en exploitation au Canada. Cependant, plusieurs de ces usines sont maintenant fermées ou ont vu leur production réduite en raison de contraintes relatives à la disponibilité des ressources et aux conditions du marché. Par ailleurs, sept usines de panneaux MDF étaient en activité au Canada en 2006, mais deux de ces usines avaient fermé leurs portes au moment où l'étude a été réalisée et où le rapport a été publié.

### 1.3 Combustion de la biomasse renouvelable – production de rapports sur les GES et comptabilisation du bilan du carbone

Le présent rapport est fondé sur une approche axée sur le cycle de vie pour assurer le suivi de la consommation d'énergie du point de départ (la forêt) jusqu'à la sortie de l'usine. Par ailleurs, cette approche permet de rendre compte du carbone piégé et de présenter un bilan net du carbone (moins d'émissions de GES) pour les produits finis à leur sortie de l'usine.

La politique de production de rapports la plus répandue au sein du secteur de l'énergie (GIEC, 2006) consiste à considérer que les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) générées par la combustion de la biomasse (source biogénique de CO<sub>2</sub>) présentent un bilan du carbone « neutre » parce qu'elles font partie du cycle naturel de production de carbone de la forêt. Cependant, la combustion de la biomasse ne présente pas un bilan du carbone neutre selon le cadre de production de rapports élaboré par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). L'hypothèse sous-jacente est que les émissions de carbone nettes générées par la combustion de la biomasse sont comptabilisées par le secteur du Changement d'affectation des terres et foresterie (CATF).

En d'autres termes, on estime que si la combustion de la biomasse entraîne un changement net des stocks de carbone dans la biomasse, ce changement sera reflété par la méthode de comptabilisation du CATF et qu'il peut donc être ignoré dans le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à l'utilisation d'énergie. Cette approche a été adoptée en raison du problème de la double comptabilisation des émissions, d'abord par les estimations du secteur de l'énergie ainsi que le calcul du CATF. Donc, bien que les émissions de CO<sub>2</sub> générées par la combustion de la biomasse soient habituellement considérées neutres aux fins de production de rapports sur les émissions de GES du secteur de l'énergie, ces émissions sont comptabilisées dans le cadre du calcul du bilan net du carbone.

Compte tenu du fait que le bilan du carbone reflète la quantité de carbone emprisonnée dans la biomasse accumulée (c.-à-d. le CO<sub>2</sub> qui n'est pas relâché dans l'atmosphère), toutes les émissions de carbone connexes (incluant celles qui sont attribuables à la combustion de la biomasse) doivent être prises en considération pour déterminer le bilan net du carbone. La présente étude fait état du potentiel de réchauffement planétaire<sup>4</sup> (PRP) associé à la combustion de la biomasse et des combustibles fossiles. Il est à noter qu'il est possible d'ignorer les valeurs du PRP associées à la biomasse (c.-à-d. considérées neutres) pour calculer les émissions de GES associées à la production d'énergie d'après les statistiques figurant dans la présente étude. Cependant, il est nécessaire d'inclure le PRP des émissions associées à la biomasse dans le calcul du bilan net du carbone d'un produit donné.

<sup>3</sup>Le millier de pieds carrés (pi<sup>2</sup>) de 3/4 po est la convention habituelle utilisée par l'industrie pour les panneaux de particules et de panneaux MDF. 1 000 pi<sup>2</sup> de 3/4 po correspond à 1,76979 m<sup>3</sup>.

<sup>4</sup>Une méthode d'équivalence pour calculer l'ensemble des émissions de GES correspondant à l'ajout d'une unité de CO<sub>2</sub> similaire dans l'atmosphère.

## 1.4 Contenu du rapport

Voici les chapitres compris dans le présent rapport :

- Le chapitre 2 traite de la consommation d'énergie et de l'intensité énergétique associées à l'approvisionnement en matières premières ligneuses dont dépend l'industrie.
- Le chapitre 3 présente les résultats de la consommation d'énergie brute dans l'industrie du bois d'œuvre résineux.
- Le chapitre 4 présente les résultats du profil énergétique de l'industrie du contreplaqué de résineux.
- Le chapitre 5 présente les résultats de l'évaluation de la consommation d'énergie pour l'industrie des panneaux OSB.
- Le chapitre 6 présente les résultats de la consommation d'énergie pour l'industrie des panneaux de composites non structuraux (panneaux de particules et panneaux MDF).
- Le chapitre 7 présente un résumé des cinq produits.
- Le chapitre 8 compare l'étude des divers sous-secteurs canadiens des produits du bois avec des études internationales similaires sur l'intensité énergétique et la consommation d'énergie.
- Le chapitre 9 examine les pratiques de gestion et les technologies que l'industrie pourrait adopter pour réduire sa consommation d'énergie.



# 2

## EXTRACTION DES RESSOURCES, GESTION DES FORÊTS ET TRANSPORT DES RESSOURCES



## 2 EXTRACTION DES RESSOURCES, GESTION DES FORÊTS ET TRANSPORT DES RESSOURCES

Dans le cadre de l'étude sur les usines de conversion du bois d'œuvre résineux, le questionnaire d'enquête a permis de recueillir de l'information sur la consommation d'énergie liée à l'extraction des ressources (coupe), la gestion des forêts et le transport de la fibre jusqu'aux usines de conversion du bois, afin de déterminer la consommation d'énergie nécessaire à ces activités clés se déroulant en amont.

Par le passé, la plus grande partie de l'industrie canadienne du bois d'œuvre résineux était intégrée à la forêt, et l'industrie exploitait et dirigeait ses propres opérations forestières. De nos jours, il est plus probable que l'industrie confiera cette activité en sous-traitance ou octroiera des contrats pour cette activité. C'est ainsi que les entreprises qui possèdent et exploitent des usines de conversion du bois ont moins de contrôle et d'information directe sur les opérations forestières et comptent sur des entrepreneurs tiers pour obtenir des renseignements sur la récolte, la gestion et le débardage du bois jusqu'aux usines. La présente étude est fondée sur des renseignements provenant à la fois des entreprises qui exploitent leurs propres divisions forestières et de celles qui confient à des entreprises tierces l'approvisionnement en bois de leurs usines.

Des questionnaires concernant la récolte des ressources, la gestion forestière et le transport ont été remplis par 12 des 15 usines prenant part à l'étude. De ce nombre, huit usines sont en Ontario et au Québec (Est du Canada) et quatre sont en Colombie-Britannique et en Alberta (Ouest du Canada). Le tableau 2-1 présente les moyennes de l'Ouest et de l'Est canadiens pour des paramètres opérationnels importants, de la forêt jusqu'aux portes de l'usine.

La coupe du bois est principalement effectuée à l'aide de systèmes mécaniques tant dans l'Est que dans l'Ouest du Canada. Bien que l'épinette soit la principale essence forestière récoltée dans l'Est, le pin domine les essences dans l'Ouest. Dans l'ensemble, le groupe d'essences EPS (épinette-pin-sapin) représente 90 p. cent du mélange d'essences récoltées et utilisées par l'industrie du bois d'œuvre résineux. Un petit nombre de peupliers et de bouleaux sont aussi récoltés à partir de peuplements mélangés.

Selon le mélange d'essences récoltées, on a calculé une densité moyenne de 392 kilogrammes par mètre cube ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). En poussant, les arbres piègent le carbone de l'atmosphère. La teneur en carbone du bois est d'environ 50 p. cent (selon les essences, la teneur en carbone varie de 48 p. cent à 53 p. cent). Puisque la densité moyenne d'un mélange EPS est de  $392 \text{ kg}/\text{m}^3$  et que la teneur en carbone emmagasiné est de 50 p. cent, on estime que, en moyenne,  $1 \text{ m}^3$  de bois brut d'abattage qui arrive aux portes de l'usine de conversion du bois contient 196 kg de carbone (C) ou 719 kg en équivalent  $\text{CO}_2^5$  ( $\text{kg éq CO}_2$ ) ( $392 \times 0,5 \times 44/12$ ).

La fibre ligneuse est en moyenne transportée sur 100 kilomètres (km) de la forêt jusqu'à l'usine de conversion du bois. Les distances de débardage sont plus importantes (20 p. cent) pour les usines de l'Est par rapport aux usines de l'Ouest. Pour chaque mètre cube de bois marchand récolté, environ  $52 \text{ m}^2$  (ou  $0,0052$  hectare [ $\text{ha}$ ]<sup>6</sup>) de forêt ont été récoltés ( $66 \text{ m}^2$  dans l'Est et  $36 \text{ m}^2$  dans l'Ouest).

La principale différence entre les secteurs de l'Est et de l'Ouest, en ce qui a trait aux exigences par mètre cube, est principalement en fonction de la grosseur des arbres au moment de la récolte. En moyenne, les arbres sont plus gros et l'âge moyen d'exploitabilité est plus grand dans l'Ouest que dans l'Est (102 par rapport à 87 ans). Les données de l'étude démontrent également que, pour chaque mètre cube récolté, environ 3,5 semis sont plantés et 92 milligrammes (mg) de graines sont épandues à la volée.

<sup>5</sup>Poids moléculaire du  $\text{CO}_2$  (44), par rapport à celui du C (12)

<sup>6</sup>1 ha équivaut à  $10\,000 \text{ m}^2$



La principale énergie utilisée par l'industrie pour la récolte du bois et les opérations de débardage est le carburant diesel. On utilise également de petites quantités de propane liquide et d'électricité achetée. Habituellement, la consommation d'énergie pour la récolte et les activités de transport sont semblables, mais elle reste plus basse dans l'Ouest que dans l'Est à la fois pour la récolte (de la souche à la jetée) et pour le débardage (de la jetée à l'usine). La consommation d'énergie plus basse dans l'Ouest est le reflet de la grosseur de la ressource, habituellement plus importante (moins de morceaux à manier au mètre cube récolté) et une distance de débardage plus courte que dans l'Est du Canada.

Tableau 2-1 Paramètres opérationnels et consommation d'énergie selon l'activité, de la forêt à l'usine de conversion du bois

Article	Unité	Canada	Est	Ouest
		Moyennes		
Taille de l'échantillon*	Nombre	12	8	4
<b>Méthode de coupe</b>	Pourcentage			
Coupe mécanique	%	97	99	94
Coupe manuelle	%	3	1	6
<b>Essences</b>	Pourcentage			
Épinette	%	40	54	21
Pin	%	42	21	68
Sapin	%	10	14	6
Autre	%	8	11	5
Densité moyenne (volume à l'état vert, poids lorsque séché au four)	kg/m <sup>3</sup>	392	383	402
Teneur en carbone	équivalent CO <sub>2</sub> en kg/m <sup>3</sup>	719	702	737
<b>Distance moyenne de débardage</b>	km	103	111	88
<b>Sylviculture et utilisation des sols</b>	par m <sup>3</sup> récolté			
Semis plantés	quantité	3,5000	3,9000	3,1000
Ensemencement aérien	mg	92,0000	82,0000	37,8000
Région récoltée	ha	0,0052	0,0066	0,0036
Âge d'exploitabilité pour la récolte	années	94,0000	87,0000	102,0000
<b>Consommation d'énergie selon la source d'énergie</b>	par m <sup>3</sup> récolté et livré			
Carburant diesel (récolte)	L	2,8400	3,2900	2,2600
Propane liquide	L	0,0006	0,0000	0,0013
Électricité	kWh	0,0296	0,0296	0,0296
Carburant diesel (débardage)	L	3,1100	3,3000	2,7000

\*La taille de l'échantillon indique le nombre d'enquêtes remplies qui ont été reçues et utilisées pour calculer les moyennes régionales et nationales inscrites dans le tableau 2-1.

Le tableau 2-2 fait la synthèse de la consommation d'énergie pour couper et transporter le bois en fonction du contenu calorifique courant (mégajoule [MJ]) par mètre cube récolté et livré à l'usine. Il fournit également une mesure des émissions de GES (PRP) en équivalent CO<sub>2</sub> lié à la coupe et au transport du bois<sup>7</sup>, de même que le bilan net du carbone pour le bois livré aux portes de l'usine. Au Canada, il faut environ 265 mégajoules pour récolter et transporter 1 m<sup>3</sup> de bois rond à l'usine. Durant ce processus, environ 19 kg de GES sont émis. À l'arrivée à l'usine, le bilan net du carbone du bois est d'environ 700 kg/m<sup>3</sup> en équivalent CO<sub>2</sub>.

Tableau 2-2 Consommation d'énergie, émissions de GES et bilan net du carbone liés à la coupe et au transport

Article	Unité	Canada	Est	Ouest
<b>Consommation d'énergie selon la source d'énergie</b>	par m <sup>3</sup> récolté et livré	<b>Moyennes</b>		
Carburant diesel (coupe)	MJ	126,780	146,870	100,890
Propane liquide	MJ	0,018	0,000	0,039
Électricité (énergie primaire)	MJ	0,150	0,150	0,150
Carburant diesel (débardage)	MJ	139,010	147,120	120,590
<b>Consommation d'énergie totale</b>	MJ	<b>266</b>	<b>294</b>	<b>222</b>
PRP	kg éq CO <sub>2</sub>	19	21	16
Bilan du carbone aux portes de l'usine	kg éq CO <sub>2</sub>	700	681	721

<sup>7</sup>Voir l'annexe A pour le pouvoir calorifique et les facteurs influençant le PRP selon le type de carburant utilisé dans le présent rapport.

# 3

## FABRICATION DU BOIS D'ŒUVRE RÉSINEUX



### 3 FABRICATION DU BOIS D'ŒUVRE RÉSINEUX

L'industrie du bois d'œuvre résineux est le plus important secteur de l'industrie canadienne des produits du bois. En 2007, cette industrie a produit 72 millions de m<sup>3</sup> de bois d'œuvre, ce qui représente une diminution par rapport au niveau de production record de 85 millions de m<sup>3</sup> en 2004.

On compte plus de 1 000 scieries au Canada pour une capacité de production de un milliard de pieds-planche (1,6 million de m<sup>3</sup>). Bien qu'il y ait de la production de bois d'œuvre résineux partout au pays, elle se concentre surtout en Colombie-Britannique, en Alberta, en Ontario et au Québec. Depuis son apogée en 2004, l'industrie connaît une véritable débâcle en raison des pressions économiques et commerciales croissantes qui s'exercent sur elle.

Il existe deux types de configuration de scierie pour la production de bois d'œuvre résineux : les scieries de débit à dimensions spécifiées et les scieries de bois de colombage.

Les scieries de débit à dimensions spécifiées produisent généralement du bois d'œuvre de toute sorte de longueur et de largeur :

- des planches d'une épaisseur nominale de 1 po (19 millimètres [mm]);
- du bois de construction en planches d'une épaisseur nominale de 2 po (38 mm);
- des matériaux d'une épaisseur nominale de plus de 2 po (38 mm), communément appelés bois de menuiserie ou pour usages spéciaux.

Les scieries de bois de colombage sont des installations hautement spécialisées dans la production du bois de construction d'une épaisseur nominale de 2 po (38 mm) et d'une longueur de 8 à 10 pieds (pi) (2,4 m à 3 m) généralement utilisé pour la construction de murs.

Des 15 scieries étudiées, 63 p. cent sont des scieries de débit à dimensions spécifiées et 26 p. cent sont des scieries de bois de colombage. Un autre 11 p. cent de l'échantillon de scieries avaient les deux types de production dans une même installation.

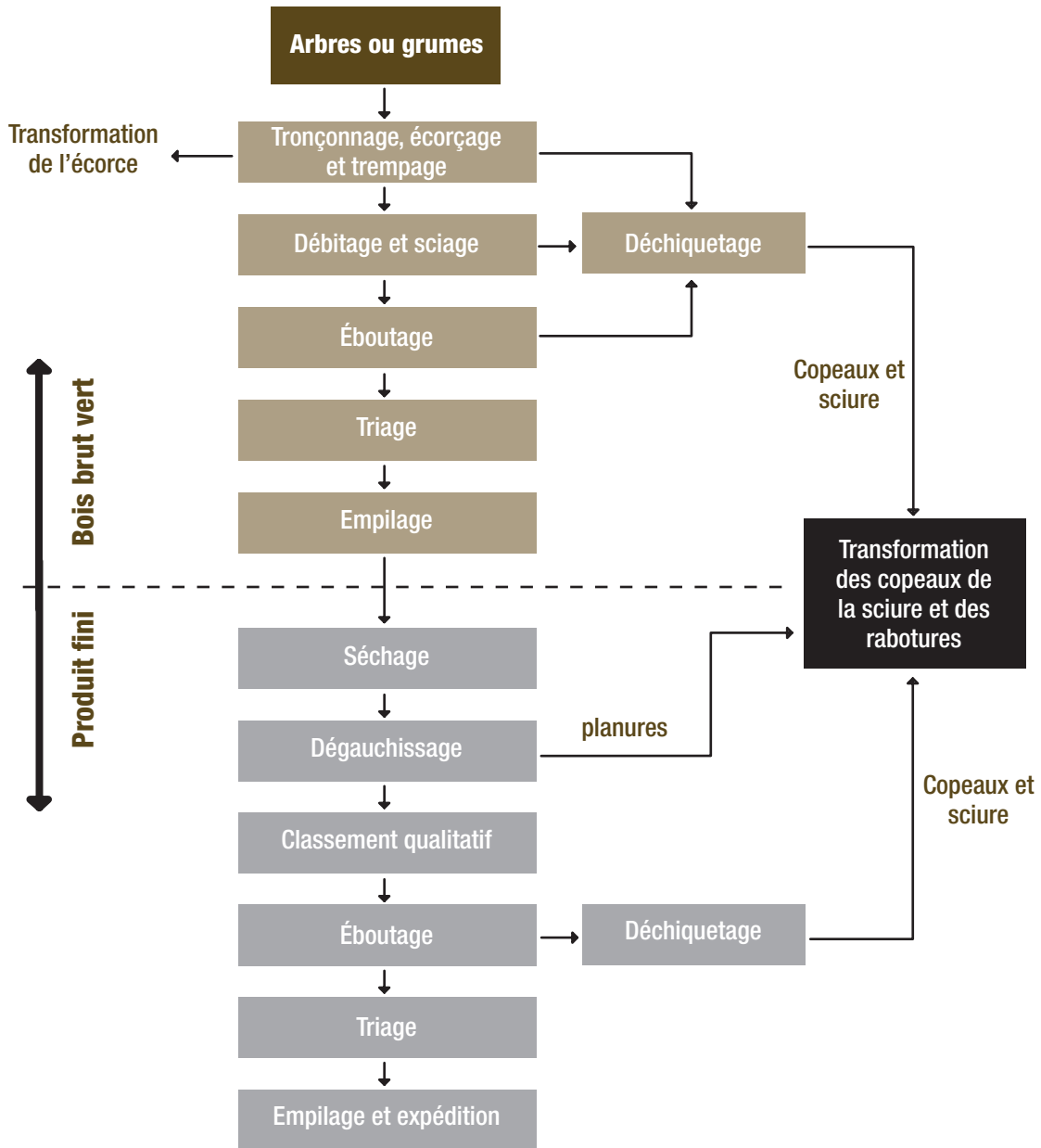
Le bois de construction de 2 po d'épaisseur domine la production des scieries de l'échantillon (95 p. cent), dont les 2 × 4 (38 mm × 89 mm) et les 2 × 6 (38 mm × 140 mm) représentent plus de 75 p. cent de la production totale. Ensemble, les 15 scieries de l'échantillon produisent 5,7 millions de m<sup>3</sup> annuellement, ce qui représente environ 8 p. cent de la production de bois d'œuvre résineux du Canada. La production moyenne de l'échantillon est d'environ 200 millions de pieds-planche ( 470 000 m<sup>3</sup> par année<sup>8</sup>).

La production de bois d'œuvre résineux nécessite trois procédés unitaires linéaires distincts : sciage, séchage au séchoir et rabotage et emballage. La figure 3-1 donne un aperçu du processus d'usinage.

Le processus de sciage comprend la manutention, le triage et l'écorçage des grumes. Il comprend également le débitage des grumes en bois vert brut de différentes épaisseurs, largeurs et longueurs. Le processus de sciage donne lieu à la production de coproduits : sciure, copeaux à pâte, chutes, écorce et fines de bois. Une bonne partie des coproduits sont vendus à d'autres transformateurs de bois, tandis que d'autres coproduits demeurent sur place et alimentent les chaudières qui servent à chauffer les bâtiments de la scierie ou à sécher le bois. Le procédé unitaire de sciage est très automatisé et repose sur l'utilisation de scanneurs, d'optimiseurs et de systèmes de convoyeurs contrôlés par ordinateur.

<sup>8</sup>Les statistiques de production du gouvernement du Canada utilisent un facteur de conversion de 2,36 m<sup>3</sup> par mille pieds-planche (Mpmp) de bois d'œuvre. Toutefois, ce facteur de conversion est fondé sur le volume nominal de bois d'œuvre produit plutôt que sur le volume réel du bois d'œuvre produit; c'est-à-dire que le facteur 2,36 s'appliquerait si le bois d'œuvre mesurait réellement 2 po × 4 po, mais, en fait, un 2 × 4 nominal mesure seulement 1,5 po × 3,5 po. Plus loin dans le rapport, on utilise un facteur de conversion de 1,594 m<sup>3</sup>/Mpmp nominal de bois d'œuvre pour représenter le volume réel de la production de bois d'œuvre en mètres cubes.

Figure 3-1 Schéma de production du bois d'œuvre résineux



Dans le procédé unitaire de séchage, les paquets ou chargements de bois vert brut sont chargés dans des séchoirs à bois pour être séchés à un taux d'humidité de moins de 19 p. cent. Souvent, les paquets de bois sont préalablement triés par dimension, espèces ou selon leur taux d'humidité initial afin de mieux contrôler le processus de séchage. Habituellement, le bois est chauffé à la vapeur ou au moyen de serpentins à huile chaude, et des ventilateurs diffusent et déplacent l'air humide produit lors du processus de séchage. La technique du séchoir utilise la plus grande quantité d'énergie thermique pour la production de bois d'œuvre, et le processus est contrôlé de près pour atteindre le taux d'humidité final voulu et minimiser la dégradation du bois.

Le troisième procédé unitaire est le rabotage et l'emballage. Après le séchage, le bois sec brut est envoyé à l'usine de rabotage. Les pièces de bois sont acheminées dans une raboteuse et usinées à l'épaisseur et à la largeur voulues. À leur sortie de la raboteuse, les pièces sont coupées à la longueur voulue, puis sont classées. Les matériaux de même taille et de même classe sont empilés, liés et emballés en vue de leur expédition finale. Plusieurs coproduits sont fabriqués au cours du processus de rabotage, dont de la sciure, des particules de rabotage, des copeaux à pâte et des éboutures. Certains de ces coproduits seront vendus ou transférés à d'autres usines de transformation du bois, tandis que d'autres demeureront sur place pour servir de carburant aux chaudières à bois.

Pour que les scieries puissent comparer leur propre rendement énergétique à la moyenne des 15 scieries de l'enquête, les résultats de la présente étude sont limités à la consommation d'énergie brute requise pour la fabrication du bois d'œuvre résineux, depuis la forêt jusqu'au produit fini prêt à être expédié à la sortie de l'usine.

Cela signifie que l'étude n'alloue ni n'attribue une partie de l'énergie utilisée à la production de coproduits vendus ou transférés à d'autres usines de transformation du bois (ceci est une pratique habituelle pour une étude détaillée d'évaluation du cycle de vie d'un système multiproduits). On croit que, pour la plupart des scieries, les données relatives à leur consommation énergétique de base sont accessibles et qu'elles peuvent comparer l'intensité de leur consommation d'énergie aux valeurs énergétiques liées à la transformation rapportées dans le présent document.

Le tableau 3-1 présente un bilan massique du bois pour la production de bois d'œuvre résineux de l'échantillon de 15 scieries à l'étude. La proportion de bois massif (excepté l'écorce) entrant dans une scierie de mélange EPS qui est transformée en bois d'œuvre est de 47 p. cent. Les copeaux à pâte sont au deuxième rang des composants de produit, avec environ 35 p. cent de la production, tandis que la sciure et les particules de rabotage représentent 12 p. cent de la production. L'écorce et les résidus de bois représentent environ 10 p. cent de la production.

Le tableau 3-2 résume la consommation d'énergie globale, depuis le lieu de débardage jusqu'à la sortie de l'usine, pour la production du bois d'œuvre résineux du Canada à la fois en milles pieds-planche nominal et en m<sup>3</sup> réels. Il fournit aussi une ventilation de la consommation de carburant exprimée en unités physiques et en unités énergétiques courantes pour l'exploitation des ressources et les étapes de fabrication du bois d'œuvre résineux. La fabrication de mille pieds-planche de bois d'œuvre demande en moyenne 3,9 m<sup>3</sup> de grumes<sup>9</sup> et 3 454 MJ d'énergie. La coupe et le transport des ressources nécessitent surtout du carburant diesel et représentent 30 p. cent de l'énergie brute nécessaire à la production du bois d'œuvre résineux.

<sup>9</sup>Pour l'échantillon de 15 scieries, on a calculé une densité moyenne de 393,7 kg/m<sup>3</sup> en fonction du mélange d'espèces qui entrent dans les scieries.

Tableau 3-1 Bilan massique du bois lié à la production de bois d'œuvre résineux

Intrants et extrants	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par Mmpm	Pourcentage (%)
<b>Intrants</b>				
Bois rond (incluant l'écorce)	kg	968	1 543	100
<b>Total des intrants</b>	kg	<b>968</b>	<b>1 543</b>	<b>100</b>
<b>Extrants</b>				
Bois d'œuvre résineux	kg	417	665	43
Écorce	kg	86	137	9
Particules de rabotage	kg	61	97	6
Sciure	kg	54	87	6
Copeaux à pâte	kg	334	533	35
Éboutures	kg	6	9	1
Particules de déchiqueteuse	kg	2	3	0
Résidus de bois	kg	7	12	1
<b>Total des extrants</b>	kg	<b>967</b>	<b>1 543</b>	<b>100</b>

Dans la fabrication du bois d'œuvre, la biomasse renouvelable représente 51 p. cent de la consommation d'énergie brute. L'électricité achetée vient au deuxième rang des formes d'énergie les plus utilisées (24 p. cent), suivie du gaz naturel (17 p. cent) et du carburant diesel (7 p. cent) (utilisé pour alimenter l'équipement de débusquage mobile)<sup>10</sup>. La consommation de carburant pour d'autres types d'équipement mobile (essence et GPL) représente moins de 1 p. cent de la consommation d'énergie brute.

Les répondants à l'enquête ont également fourni une ventilation de la consommation d'énergie brute des trois procédés unitaires de fabrication : le sciage, le séchage au séchoir et le rabotage et l'emballage du bois d'œuvre (voir le tableau 3-3). Les résultats montrent que le séchage au séchoir est le procédé unitaire le plus énergivore et représente 66 p. cent de l'énergie utilisée pour produire du bois d'œuvre. Le sciage ainsi que le rabotage et l'emballage représentent respectivement 24 p. cent et 10 p. cent de la consommation d'énergie pour la fabrication. C'est au procédé unitaire de sciage que va la majeure partie de l'électricité achetée (70 p. cent), alors que le séchage au séchoir nécessite 73 p. cent du gaz naturel et 97 p. cent des combustibles thermiques provenant de la biomasse utilisés lors de la fabrication du bois d'œuvre résineux.

Le tableau 3-4 présente une compilation des GES (PRP sur la base de la masse d'équivalent CO<sub>2</sub>) émis lors de la production du bois d'œuvre résineux, depuis le lieu de débardage jusqu'à la sortie de l'usine, en raison de l'utilisation de combustibles fossiles et de la combustion de biomasse. Il présente également le bilan net du carbone du bois d'œuvre résineux, du lieu de débardage à la sortie de l'usine. Le processus de production de un mètre cube de bois d'œuvre résineux entraîne 188 kg de GES sur la base de la masse d'équivalent CO<sub>2</sub>, dont 52 p. cent émane de la combustion de biomasse renouvelable (combustible de déchets de bois). Toutefois, la même quantité de bois d'œuvre a une teneur en carbone de 765 kg sur la base de l'équivalent CO<sub>2</sub>, et atteint donc une rétention nette de carbone de 577 kg sur la base de l'équivalent CO<sub>2</sub>. Ce calcul démontre que le taux de rétention du carbone est quatre fois plus élevé dans un mètre cube de bois d'œuvre résineux que ce qui est rejeté dans l'air lors de sa fabrication.

<sup>10</sup> Nota : Une des usines exploitait une centrale de cogénération et revendait l'électricité au réseau de distribution. La valeur rapportée dans le tableau 3-2 reflète la consommation d'électricité nette pour fabriquer le bois d'œuvre après la revente au réseau de distribution. De plus, plusieurs scieries achetaient de la vapeur à des usines de pâte à proximité.

Tableau 3-2 Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication du bois d'œuvre résineux

Sources d'énergie en unités physiques	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par Mpmp
Carburant diesel (coupe)	L	6,980	11,13
GPL	L	0,001	0,00
Électricité	kWh	0,073	0,12
Carburant diesel (débardage)	L	7,640	12,19
(Données fondées sur les valeurs moyennes canadiennes d'exploitation des ressources, le transport des ressources étant rajusté à une distance de débardage de 103 km)			
Sources d'énergie en unités physiques	Unité	Fabrication du bois d'œuvre	
		Par m <sup>3</sup>	Par Mpmp
Électricité	kWh	70,83	112,90
GPL	L	0,19	0,30
Diesel	L	2,57	4,10
Gaz naturel	m <sup>3</sup>	6,09	9,70
Essence	L	0,06	0,10
Combustible de déchets de bois (produit sur place)	kg	40,96	65,30
Vapeur (combustible de déchets de bois) provenant de la pâte	MJ	127,29	202,90
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par Mpmp
Carburant diesel (coupe)	MJ	311,64	496,78
GPL	MJ	0,04	0,07
Électricité	MJ	0,37	0,59
Carburant diesel (débardage)	MJ	341,27	544,01
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>653,33</b>	<b>1041,45</b>
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Fabrication du bois d'œuvre	
		Par m <sup>3</sup>	Par Mpmp
Électricité	MJ	358,73	571,84
GPL	MJ	5,71	9,11
Diesel	MJ	114,82	183,02
Gaz naturel	MJ	257,24	410,06
Essence	MJ	2,51	4,00
Combustible de déchets de bois	MJ	647,24	1 031,74
Vapeur (combustible de déchets de bois) de l'extérieur	MJ	127,29	202,90
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>1 514,54</b>	<b>2 412,67</b>
<b>Total global</b>	<b>MJ</b>	<b>2 167,87</b>	<b>3 454,12</b>



Tableau 3-3 Consommation d'énergie brute à l'étape de la fabrication – bois d'œuvre résineux

Consommation d'énergie primaire	Unité (par m <sup>3</sup> )	Total	Sciage	Séchage au séchoir	Rabotage et emballage
Électricité	MJ	359	251	32	75
GPL	MJ	6	2	1	3
Diesel	MJ	115	58	30	27
Gaz naturel	MJ	257	41	188	28
Essence	MJ	3	2	0	1
Combustible de déchets de bois	MJ	647	–	647	–
Vapeur (combustible de déchets de bois de l'extérieur)	MJ	127	13	102	13
<b>Total de la fabrication</b>	MJ	<b>1 514</b>	<b>367</b>	<b>1 000</b>	<b>146</b>
<b>Pourcentage</b>	%	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>66</b>	<b>10</b>

Tableau 3-4 PRP et bilan net du carbone – bois d'œuvre résineux

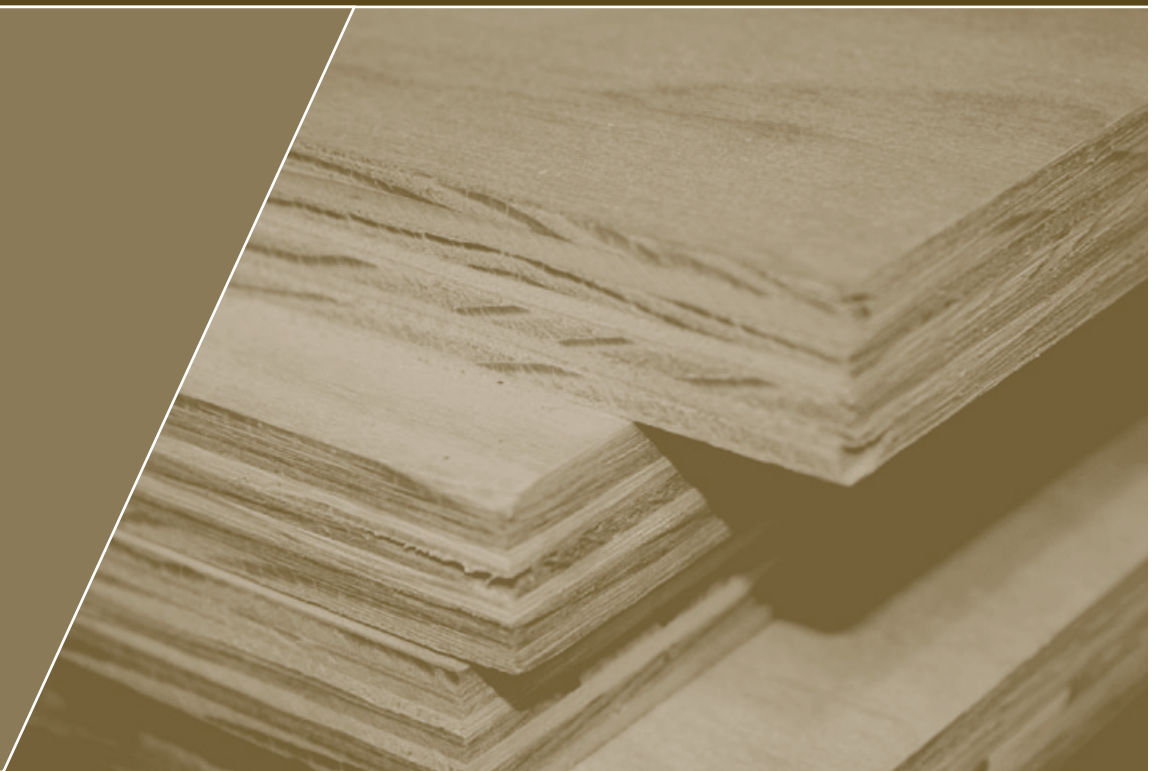
PRP attribuable à	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par Mpmp
Utilisation de combustibles fossiles*	kg éq CO <sub>2</sub>	90,45	144,18
Combustion de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	97,19	154,93
<b>Total</b>	kg éq CO <sub>2</sub>	<b>187,64</b>	<b>299,11</b>
Carbone piégé dans le bois d'œuvre résineux	kg éq CO <sub>2</sub>	764,55	1 218,73
<b>Bilan net du carbone</b>			
Excluant les GES de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	674,10	1 074,55
Incluant les GES de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	576,91	919,62

\*Reflète les effets de la combustion et de la précombustion liés à l'utilisation de combustibles thermiques fossiles (chaleur industrielle et équipement mobile) et du réseau de distribution d'électricité canadien moyen pour la coupe, le transport et la fabrication du bois d'œuvre résineux.



# 4

FABRICATION DU  
CONTREPLAQUÉ  
DE RÉSINEUX



## 4 FABRICATION DU CONTREPLAQUÉ DE RÉSINEUX

Le présent chapitre fait état des résultats d'une évaluation du cycle de vie de l'ensemble du processus de production du contreplaqué de résineux au Canada qui a été achevée au cours du premier trimestre de 2008<sup>11</sup>. Cette étude utilise des sources de données primaires et secondaires pour établir le profil environnemental du cycle de vie de la production de contreplaqué.

Les données primaires sur l'utilisation d'énergie et des matières premières ont été recueillies auprès de trois usines de fabrication de contreplaqué de la Colombie-Britannique au cours de l'année 2006. La production combinée de ces trois usines représentait plus de 25 p. cent de l'ensemble de la production canadienne de contreplaqué et de feuilles de contreplaqué de résineux. Le volume de production annuelle de ces usines se situait entre 154 000 et 217 000 m<sup>3</sup> (182 à 257 millions de pi<sup>2</sup> de 3/8 po).

Certaines données de l'évaluation du cycle de vie ont été rajustées afin d'inclure dans le rapport les données obtenues récemment. Par exemple, les données sur l'extraction des ressources reflètent les données présentées au chapitre 2 pour l'Ouest du Canada. De plus, l'évaluation du cycle de vie fait état de divers intrants auxiliaires (p. ex., adhésifs et matériel d'emballage) et a recours au partitionnement attributif pour isoler l'effet net des ressources, de l'énergie et des flux environnementaux associés à la production de contreplaqué et de ses coproduits qui sont exclus de la production de contreplaqué. Dans le présent rapport de situation sur la consommation d'énergie, les valeurs fournies correspondent à la consommation d'énergie brute excluant les coproduits et l'utilisation de matériel auxiliaire.

La fabrication de contreplaqué se fait en diverses étapes. Une fois que les grumes sont livrées à la scierie, elles sont déchargées et traitées dans un bassin de flottage pour améliorer la qualité de la pulpe. Les grumes sont ensuite extraites du bassin de flottage pour passer au banc de piquage, où une lame en rotation effectue le déroulage de la grume (maintenant appelé un bloc) pour en faire une feuille de placage continue d'une épaisseur de 3 mm. Cette feuille de placage est coupée en section et triée en fonction de son pourcentage d'humidité en vue du séchage.

Les feuilles de placage sont séchées dans des « séchoirs continus » jusqu'à ce qu'elles atteignent un pourcentage d'humidité de 3 à 8 p. cent. Par la suite, les feuilles de placage sont enduites de résine phénol-formaldéhyde et disposées sur des panneaux (l'orientation de chaque couche pouvant être modifiée) pour le pressage à chaud. La chaleur et la pression font durcir la résine, ce qui a pour effet de coller les feuilles de placage qui constituent le contreplaqué. Après avoir été pressées, les feuilles de contreplaqué sont taillées, corrigées lorsque c'est nécessaire, et triées en fonction de leur qualité. Les usines de contreplaqué utilisent habituellement les résidus de bois (combustible de déchets de bois) ou du gaz naturel pour alimenter les chaudières afin de satisfaire à leurs besoins de chauffage. La figure 4-1 illustre le processus de fabrication de contreplaqué.

La fabrication de contreplaqué comporte de nombreux produits. Le processus de production génère plusieurs coproduits (p. ex., copeaux à pâte, noyaux résiduels, bois de placage, résidus de massicotage et combustible de déchets de bois [écorce et sciure de bois]). Le tableau 4-1 présente le sommaire du bilan massique des intrants et des extrants des trois usines de contreplaqué évaluées dans la présente étude; la mesure de référence est le mètre cube et le millier de pieds carrés de 3/8 po.

Le bilan massique indique que 50 p. cent de la matière première ligneuse et des feuilles de placage achetées sont transformées en contreplaqué de résineux<sup>12</sup>. Par ailleurs, 11 p. cent de la biomasse est utilisée à l'interne comme combustible thermique (combustible de déchets de bois) pour le pressage et le séchage des feuilles de placage. Les coproduits vendus ou transférés (p. ex., feuilles de placage, copeaux à pâte, résidus de massicotage et combustible de déchets de bois) représentent 36 p. cent des intrants ligneux, tandis que les 3 p. cent restant du combustible de déchets de bois produit est mis en stock sur place. Dans toutes les usines, aucune ressource n'est destinée à l'enfouissement.

<sup>11</sup>Institut Athena. *A cradle-to-gate life-cycle assessment of Canadian softwood plywood sheathing*, préparé pour FP Innovations, Forintek Division, Vancouver, C.-B., 2008.

<sup>12</sup>L'intrant brut de bois rond a été établi à 1,7 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de la production de contreplaqué (1,96 m<sup>3</sup>/MSF de contreplaqué de 3/8 po).

Figure 4-1 Diagramme de la production de contreplaqué de résineux

21

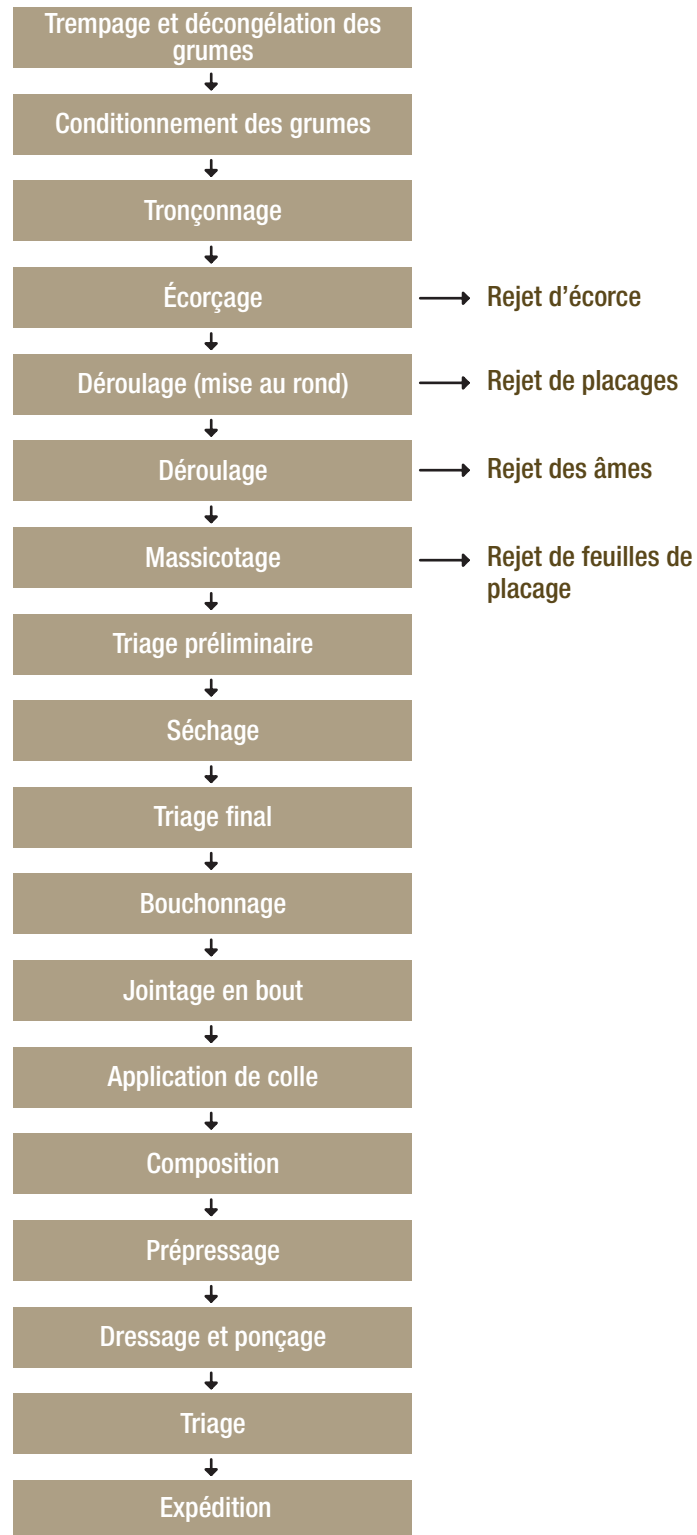


Tableau 4-1 Bilan massique du bois lié à la production de contreplaqué de résineux

Intrants et extrants	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup> (3/8 po)	Pourcentage (%)
<b>Intrants</b>				
Bois rond (incluant l'écorce)	kg	629,6	746	97,9
Placage séché acheté	kg	6,8	8,1	1,1
Placage vert acheté	kg	6,7	7,9	1,0
<b>Total des intrants</b>	kg	<b>643,1</b>	<b>762,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Extrants</b>				
Contreplaqué de résineux (bois seulement)	kg	320,2	379,33	49,8
Combustible de déchets de bois (produits et utilisés à l'interne)	kg	72,4	85,76	11,3
Placage vendu (vert et séché)	kg	2,2	2,65	0,3
Noyaux résiduels vendus	kg	57,9	68,55	9,0
Copeaux à pâte vendus	kg	124,7	147,8	19,4
Combustible de déchets de bois vendu	kg	49,0	58,0	7,6
Combustible de déchets de bois stocké (inventaire)	kg	16,8	19,9	2,6
<b>Total des extrants</b>	kg	<b>643,1</b>	<b>762,0</b>	<b>100,0</b>

Le tableau 4-2 donne un aperçu sommaire de la consommation d'énergie brute pour la fabrication de contreplaqué, incluant l'énergie liée à la coupe et au transport de la fibre ligneuse jusqu'à l'usine pour produire le contreplaqué de résineux de 1 m<sup>3</sup> et les panneaux de MSF de 3/8 po.

Quatre-vingt-deux pour cent de l'énergie utilisée pour produire le contreplaqué est consommée à l'étape de la fabrication, et 59 p. cent des intrants énergétiques directs associés au processus de fabrication sont tirés du biocarburant renouvelable. Le gaz naturel est le deuxième type de carburant le plus utilisé dans la fabrication de contreplaqué et il représente 34 p. cent des intrants énergétiques bruts.

Le gaz naturel et le biocarburant servent principalement au séchage du placage avant la mise en couche, et le procédé de séchage représente habituellement 80 p. cent de l'ensemble de l'énergie consommée dans l'usine<sup>13</sup>. Trois pour cent de l'énergie utilisée dans l'usine est de l'énergie électrique qui sert principalement au transport du matériel, au déroulage et au pressage. La majorité des autres sources d'énergie (diesel, essence et GPL) sont utilisées pour faire fonctionner l'équipement mobile du parc à bois ou de l'usine. Compte tenu de ces valeurs énergétiques brutes, il est évident que tout programme de réduction de la consommation d'énergie doit mettre l'accent sur le combustible thermique utilisé pour sécher le placage.

Le tableau 4-3 présente le PRP (kg d'équivalent CO<sub>2</sub>) associé à la production de contreplaqué de résineux. Ce tableau présente le bilan du carbone de la production de contreplaqué de résineux, depuis la collecte de la matière ligneuse dans la forêt jusqu'au produit fini à la sortie de l'usine. La production de 1 m<sup>3</sup> de contreplaqué génère 209 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> (émissions de GES).

La combustion de la biomasse représente 64 p. cent de ces émissions de GES. Cependant, on considère habituellement que les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la biomasse renouvelable ont un bilan du carbone neutre et que ce type de carburant ne contribue pas directement au réchauffement de la planète et

<sup>13</sup>Dossiers de Forintek, *Plywood Improvement Program*, diverses années.

aux changements climatiques. Toutefois, tel qu'on le mentionne à la section 1.3, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat<sup>14</sup> a adopté un protocole de calcul du bilan du carbone en vertu duquel le carbone piégé doit être crédité (« carbone extrait de l'atmosphère ») et toute émission de carbone anthropique doit être débitée (« carbone émis dans l'atmosphère »), y compris les émissions attribuables à la combustion de la biomasse. Par conséquent, le bilan net du carbone attribuable au processus de fabrication de contreplaqué est réduit lorsque les émissions générées par la combustion de la biomasse sont incluses, mais il demeure considérablement positif puisque **la quantité de carbone piégé dans le contreplaqué est 2,8 fois supérieure** à la quantité de carbone émis durant sa production.

Tableau 4-2 Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication du contreplaqué de résineux

Source d'énergie en unités physiques	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	L	3,690	4,370
GPL	L	0,002	0,003
Électricité	kWh	0,049	0,058
Carburant diesel (débardage)	L	5,590	6,620
(Données fondées sur les valeurs d'exploitation des ressources, le transport des ressources étant rajusté à une distance de 110 km dans l'Ouest du Canada)			
Source d'énergie en unités physiques	Unité	Fabrication de contreplaqué	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité	kWh	103,21	122,29
GPL	L	0,27	0,32
Diesel	L	1,23	1,46
Gaz naturel	m <sup>3</sup>	15,77	18,68
Essence	L	0,03	0,03
Combustible de déchets de bois	kg	72,42	85,8
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	MJ	164,670	195,110
GPL	MJ	0,065	0,077
Électricité (service public de la C.-B.)	MJ	0,029	0,034
Carburant diesel (débardage)	MJ	249,360	295,450
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>414,124</b>	<b>490,671</b>
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Fabrication de contreplaqué	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité (service public de la C.-B.)	MJ	60,48	71,66
GPL	MJ	8,20	9,72
Diesel	MJ	55,01	65,17
Gaz naturel	MJ	666,49	789,68
Essence	MJ	1,01	1,20
Combustible de déchets de bois	MJ	1 144,16	1 355,64
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>1 935,35</b>	<b>2 293,07</b>
<b>Total global</b>	<b>MJ</b>	<b>2 349,47</b>	<b>2 783,74</b>

<sup>14</sup>Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Land Use, Land-use Change and Forestry 2006*.

Tableau 4-3 PRP et bilan net du carbone – contreplaqué de résineux

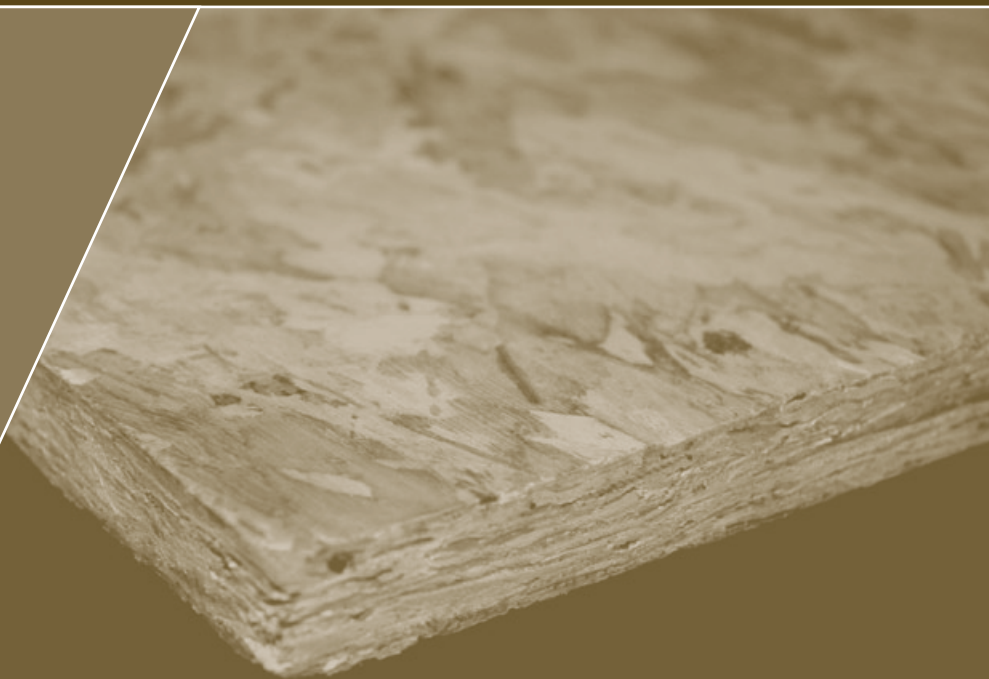
PRP attribuable à	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Utilisation de combustibles fossiles*	kg éq CO <sub>2</sub>	76,08	90,14
Combustion de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	133,24	157,87
<b>Total</b>	kg éq CO <sub>2</sub>	<b>209,32</b>	<b>248,01</b>
Carbone piégé dans le contreplaqué	kg éq CO <sub>2</sub>	586,95	695,44
<b>Bilan net du carbone</b>			
Excluant les GES de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	510,87	605,30
Incluant les GES de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	377,63	447,43

\*Inclut les effets de la combustion et de la précombustion liés à l'utilisation de combustibles fossiles thermiques et au réseau de distribution d'électricité de la C.-B. pour la coupe, le transport et la fabrication du contreplaqué.



# 5

FABRICATION DE  
PANNEAUX OSB



## 5 FABRICATION DE PANNEAUX OSB

Le présent chapitre porte sur les résultats d'une analyse du cycle de vie de l'ensemble de la production de panneaux OSB qui a été achevée durant le premier trimestre de 2008<sup>15</sup>. Dans le cadre de cette étude, des sources de données primaires et secondaires ont été utilisées pour établir le profil environnemental final du cycle de vie des panneaux OSB. Les données sur l'utilisation des matières premières et de l'énergie ont été obtenues auprès de quatre usines de panneaux OSB en 2006.

En 2006, la capacité de production de panneaux OSB au Canada était approximativement de 10 milliards de m<sup>3</sup> (14 milliards de pi<sup>3</sup> de 3/8 po); 75 p. cent de la production était exportée aux États-Unis. La production a atteint un sommet en 2005, mais elle a diminué depuis en raison de la crise de l'immobilier aux États-Unis. En 2006, 36 usines de panneaux OSB tenaient des activités au Canada.

Les quatre usines de panneaux OSB visées par la présente étude représentent légèrement plus de 10 p. cent des usines de ce secteur au Canada et ont produit 13 p. cent de l'ensemble des panneaux OSB fabriqués au pays en 2006. Les quatre usines sont situées dans différentes provinces (Colombie-Britannique, Alberta, Ontario et Québec) et constituent un échantillon représentatif de la distribution géographique de la production canadienne de panneaux OSB.

Le volume de production annuelle des usines visées par l'étude se situait entre 167 et 625 millions de pi<sup>2</sup> (3/8 po). Certaines données de l'analyse du cycle de vie ont été rajustées de façon à refléter les données les plus récentes obtenues pour la présente étude. Par exemple, les données sur le prélèvement des ressources reflètent les données présentées au chapitre 2 du présent rapport sur l'ensemble du Canada.

Par ailleurs, l'analyse du cycle de vie de la production de panneaux OSB incluait plusieurs intrants auxiliaires (p. ex., adhésifs, cire et emballage) et mettait en correspondance des ressources de fabrication, l'utilisation d'énergie et les émissions (dans l'air, l'eau et la terre) avec les coproduits à leur sortie du système. Pour les besoins du présent rapport d'analyse comparative du rendement énergétique, les valeurs traduisent la consommation d'énergie brute sans allocation aux coproduits. La consommation du matériel auxiliaire a également été exclue.

Le processus de fabrication des panneaux OSB comprend plusieurs étapes, lesquelles sont illustrées dans la figure 5-1.

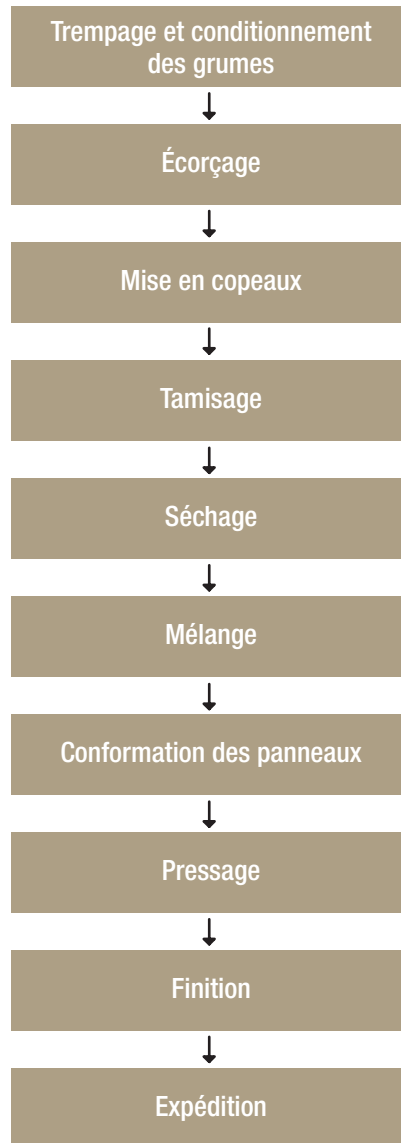
À l'usine, les grumes sont trempées dans un bassin chauffé pour en retirer la glace et les débris et pour conditionner le bois en vue de la fabrication de copeaux. Elles sont ensuite écorcées, et l'écorce est utilisée comme source d'énergie pour l'usine. Les billes écorcées sont coupées en copeaux d'une longueur pouvant atteindre jusqu'à 150 mm (6 po). Ces copeaux sont stockés dans des bacs et séchés jusqu'à ce qu'ils atteignent le pourcentage d'humidité approprié. Une fois secs, ils sont mélangés à de la résine agglomérante et à de la cire, qui accroît l'efficacité de la résine ainsi que la résistance du panneau à l'absorption de l'humidité.

Les copeaux sont placés dans une chaîne de conformation où ils sont superposés en couches croisées. Ces couches sont comprimées à une pression et sous une chaleur intenses pour former un panneau structural rigide et dense. Les panneaux OSB sont refroidis, taillés, triés et enrobés sur chant.

---

<sup>15</sup>Institut Athena. *A cradle to gate life cycle assessment of Canadian softwood plywood sheathing*, préparé pour FP Innovations, Division Forintek, Vancouver, C. B., 2008.

Figure 5-1 Schéma de production des panneaux OSB



Le tableau 5-1 présente le sommaire du bilan massique (par m<sup>3</sup> et milliers de pi<sup>2</sup>) des intrants et des extrants ligneux des quatre usines de panneaux OSB visées par la présente étude.

Tableau 5-1 Bilan massique ligneux lié à la production de panneaux OSB

Intrants et extrants	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup> (3/8 po)	Pourcentage (%)
<b>Intrants</b>				
Bois rond (incluant l'écorce)	kg	529,4	627,35	100,0
<b>Total des intrants</b>	kg	<b>529,4</b>	<b>627,35</b>	<b>100,0</b>
<b>Extrants</b>				
Panneaux OSB (bois seulement)	kg	420,0	497,66	79,3
Bois utilisé en combustible	kg	86,2	102,12	16,3
Sous produits du bois transférés	kg	15,5	18,42	2,9
Bois stocké	kg	6,1	7,22	1,2
Déchets de bois	kg	1,6	1,93	0,3
<b>Total des extrants</b>	kg	<b>529,4</b>	<b>627,35</b>	<b>100,0</b>

Le bilan massique indique qu'approximativement 79 p. cent du bois brut est transformé en produit primaire (panneaux OSB) et qu'un autre 16 p. cent de la biomasse entrante est utilisée comme combustible thermique pour le séchage des copeaux de bois. Par ailleurs, 2,9 p. cent des intrants de bois brut deviennent des sous produits transférés à d'autres usines de traitement de bois, 1,2 p. cent, des sous produits stockés et 0,3 p. cent, des déchets ligneux. Cette dernière portion est envoyée à un site d'enfouissement.

Le tableau 5-2 présente le sommaire de la consommation d'énergie brute associée à la fabrication de panneaux OSB ainsi qu'à la coupe et au transport de la fibre ligneuse jusqu'à l'usine pour produire 1 m<sup>3</sup> et 1 000 pi<sup>2</sup> (de 3/8 po) de panneaux OSB. L'approvisionnement en bois brut (coupe et transport) requiert 14 p. cent de l'énergie utilisée dans la production des panneaux OSB. Le biocarburant renouvelable constitue 70 p. cent des intrants énergétiques directs dans la fabrication de ces panneaux.

L'électricité est la deuxième source d'énergie la plus utilisée dans le processus; elle représente 24 p. cent de la consommation d'énergie brute pour la fabrication. La chaleur industrielle générée par la combustion de la biomasse sert principalement au séchage des copeaux avant l'assemblage et au pressage des panneaux. La majorité des autres combustibles (diesel, essence et GPL) sont utilisés pour faire fonctionner l'équipement mobile du parc à bois et de l'usine.

Tableau 5-2 Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication des panneaux OSB

Source d'énergie en unités physiques	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	L	3,520	4,170
GPL	L	0,001	0,001
Électricité	kWh	0,037	0,044
Carburant diesel (débardage)	L	4,760	5,640
(Données fondées sur les valeurs moyennes canadiennes d'exploitation des ressources, le transport des ressources étant rajusté à une distance de 127 km)			
Source d'énergie en unités physiques	Unité	Fabrication de panneaux OSB	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité	kWh	104,4100	123,7100
GPL	L	0,1400	0,1700
Diesel	L	1,1900	1,4100
Gaz naturel	m <sup>3</sup>	2,0800	2,4700
Essence	L	0,0000	0,0035
Combustibles de déchets de bois	kg	96,6400	114,5000
Mazout	L	0,1266	0,1500
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	MJ	157,290	186,360
GPL	MJ	0,023	0,027
Électricité	MJ	0,186	0,220
Carburant diesel (débardage)	MJ	212,650	251,960
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>370,149</b>	<b>438,567</b>
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Fabrication de panneaux OSB	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité	MJ	528,84	626,59
GPL	MJ	4,36	5,16
Diesel	MJ	53,12	62,94
Gaz naturel	MJ	88,13	104,42
Essence	MJ	0,12	0,14
Combustibles de déchets de bois	MJ	1 526,88	1 809,10
Mazout	MJ	5,65	6,70
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>2 207,10</b>	<b>2 615,05</b>
<b>Total global</b>	<b>MJ</b>	<b>2 577,25</b>	<b>3 053,62</b>

La production de 1 m<sup>3</sup> de panneaux OSB génère 244 kg de GES en équivalent CO<sub>2</sub> (voir le tableau 5-3). La combustion de la biomasse produit 73 p. cent de ces GES. Selon la densité du produit final, le carbone piégé dans les panneaux OSB est approximativement de 770 kg d'équivalent CO<sub>2</sub>. Le bilan net du carbone de la production de panneaux OSB, y compris les émissions de GES associées à la combustion de la biomasse, est de 527 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> ou **trois fois** la quantité de GES découlant de la production.

Tableau 5-3 PRP et bilan net du carbone – production de panneaux OSB

PRP attribuable à	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Utilisation de combustibles fossiles*	kg éq CO <sub>2</sub>	65,66	77,80
Combustion de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	177,81	210,68
<b>Total</b>	kg éq CO <sub>2</sub>	<b>243,48</b>	<b>288,48</b>
Carbone piégé dans les panneaux OSB	kg éq CO <sub>2</sub>	770,07	912,4
<b>Bilan net du carbone</b>			
Excluant les GES de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	704,40	834,60
Incluant les GES de la biomasse	kg éq CO <sub>2</sub>	526,59	623,92

\*Inclut les effets de la combustion et de la précombustion liés à l'utilisation de combustibles fossiles thermiques et à la moyenne canadienne d'utilisation du réseau de distribution d'électricité pour la coupe et le transport de la matière première ainsi que pour la fabrication de panneaux OSB.

# 6

## FABRICATION DE PANNEAUX COMPOSITES



## 6 FABRICATION DE PANNEAUX COMPOSITÉS

L'industrie du panneau composite est un important secteur de fabrication qui génère différents produits (p. ex., panneaux de particules, panneaux MDF et panneaux à densité élevée) aux densités, taux d'humidité et finitions variés (p. ex., peut comprendre les matériaux stratifiés plaqués et plastifiés). La portée de la présente étude est limitée à la production de panneaux de particules et de panneaux MDF bruts, et ne comprend donc pas toute production en aval de produits apprêtés ou stratifiés. Les panneaux de particules et les panneaux MDF sont tous les deux des produits considérés comme des panneaux non structuraux utilisés comme sous couche pour différents matériaux de plancher, l'ébénisterie, les comptoirs de cuisine, le mobilier et la menuiserie préfabriquée.

L'industrie canadienne des panneaux de particules et des panneaux MDF dépend presque exclusivement d'autres transformateurs des produits primaires du bois (scieries et installations de production de contreplaqué et de panneaux OSB) pour leurs intrants en bois brut permettant la fabrication de panneaux composites.

On peut décrire les fabricants de panneaux de particules et de panneaux MDF comme les premiers recycleurs des coproduits du bois et des déchets ligneux des autres transformateurs du bois. Cette ressource du bois est souvent composée de sous produits mélangés (p. ex., bran de scie, copeaux, rabotage, massicotage, déchets de bois) provenant d'autres installations situées parfois à des distances considérables.

Tous ces intrants proviennent de la forêt; afin de conserver une continuité des profils des produits primaires déjà présentés et de mieux saisir la quantité d'énergie déployée pour fournir ces intrants en bois, la présente étude traite de la façon dont ils sont acheminés à partir de la forêt. Dans une étude d'inventaire du cycle de vie type, une partie de l'énergie utilisée pour produire ces déchets ligneux dans les usines d'origine serait aussi allouée à ces déchets lorsqu'ils sont vendus ou transférés aux usines de panneaux de particules ou de panneaux MDF, c'est-à-dire lorsque ces déchets quittent les limites du système pour le produit visé. Toutefois, dans les sections précédentes du présent rapport, on présente les profils énergétiques non attribués, ou bruts, pour la fabrication de divers produits.

Par conséquent, pour maintenir cette façon de rapporter l'information, la présente étude ne traite pas de la part de la consommation d'énergie en amont dans ces usines qui est affectée aux déchets utilisés dans la production de panneaux de particules et de panneaux MDF, à l'exception de la consommation d'énergie liée à la coupe et au transport du bois duquel sont tirés ces déchets ligneux.

Le présent chapitre se fonde sur les enquêtes visant à recueillir les intrants en matériel et en énergie ainsi que les autres intrants dans l'environnement et en provenance de ce dernier pour la production de panneaux de particules et de panneaux MDF. Ces données de production ont été recueillies auprès de trois usines de panneaux de particules et de quatre usines de panneaux MDF en 2008, au cours des périodes de production annuelles entre 2006 et 2008. Les sections 6.1 et 6.2 résument les résultats de l'enquête touchant respectivement les panneaux de particules et les panneaux MDF.

### 6.1 Fabrication de panneaux de particules

La présente section traite de la fabrication de panneaux de particules par opposition à celle des panneaux de particules moulés.

Les panneaux de particules finis ont généralement une densité de 590 à 800 kg/m<sup>3</sup> (37 à 50 lb/pi<sup>3</sup>) ainsi qu'un taux d'humidité de 6 à 8 p. cent. Les panneaux sont généralement composés de trois à cinq couches (couche centrale et couches de surface) de particules de bois (provenant de déchets ligneux sous forme



de bran de scie, de particules de rabotage et de copeaux) mélangés avec de la résine urée formaldéhyde (un liant) et de la cire. De petites quantités de catalyseurs (pour accélérer le durcissement) et des produits chimiques épurateurs (pour réduire les émissions de formaldéhyde) sont aussi utilisés et font partie du produit.

Les étapes générales de la production des panneaux de particules comprennent l'approvisionnement en matériaux, le raffinage, la mise à dimension et le tamisage, le séchage et le mélange des particules à la résine et à la cire, la disposition en couches et la conformation des panneaux, le prépressage et le pressage final, ainsi que la finition (dressage et sablage des panneaux).

Le tableau 6-1 présente le bilan massique du bois brut lié à la production de 1 m<sup>3</sup> et de 1 000 pi<sup>2</sup> (de ¾ po) de panneaux de particules, tiré d'une enquête menée auprès de trois fabricants. Le bilan massique montre que 87 p. cent de la masse de particules de bois traitées par l'usine sert à la fabrication de panneaux, un autre 11 p. cent sont utilisés comme combustible, 2 p. cent sont utilisés à boucle fermée dans le processus et moins de 1 p. cent de la masse de particules de bois traitées est rejetée comme déchet et dirigée vers le site d'enfouissement. Signalons que les usines de fabrication de panneaux de particules achètent un autre 54 kg de combustibles de déchets de bois pour chaque mètre cube de panneaux de particules afin de produire l'intrant en énergie nécessaire (voir le tableau 6-2).

En plus du bois, la fabrication de 1 m<sup>3</sup> de panneaux de particules nécessite des intrants de résine urée formaldéhyde (65 kg), de catalyseur (2,6 kg), de cire (1 kg) et d'épurateur (1 kg). Les panneaux de particules se composent de 86,8 p. cent de bois, de 8,7 p. cent de résine urée formaldéhyde et de moins de 4,5 p. cent de catalyseur, de cire et d'épurateur.

Le tableau 6-2 résume l'utilisation brute de l'énergie dans la production des panneaux de particules (m<sup>3</sup> et milliers de pi<sup>2</sup> [¾ po]), y compris la coupe, le transport des déchets ligneux, et l'utilisation de l'énergie pour la fabrication tant sous la forme de combustible physique que sous celle d'unités énergétiques communes (mégajoules [MJ]). L'énergie utilisée pour l'ensemble de la production des panneaux de particules est d'environ 3 303 MJ/m<sup>3</sup> de panneaux de particules. L'approvisionnement en bois nécessaire à la production de panneaux de particules et à la combustion représente environ 11 p. cent de l'utilisation totale de l'énergie.

Le biocombustible renouvelable représente 64 p. cent des 2 941 MJ d'énergie utilisée à l'étape de la fabrication des panneaux de particules. L'électricité vient au deuxième rang des sources d'énergie les plus utilisées avec 26 p. cent de l'intrant. Les combustibles fossiles représentent les 10 p. cent restants des intrants d'énergie.

L'enquête auprès des fabricants de panneaux de particules demandait aux personnes interrogées de répartir leur consommation d'énergie par source d'énergie pour trois procédés unitaires : la préparation du bois, l'assemblage des couches et le pressage des panneaux, ainsi que la finition. Les résultats montrent que le processus de préparation du bois nécessite le plus important intrant en énergie (72 p. cent) (voir le tableau 6-3). La préparation du bois comprend la manipulation, le raffinage et/ou le martèlement et le tamisage des intrants en bois, le séchage des particules et leur mélange avec différents intrants secondaires (résines, cires, etc.) avant la conformation en panneau multicouche et l'acheminement au prépressage. Presque la totalité de l'énergie tirée de la biomasse et du gaz naturel ainsi que la moitié de la consommation en électricité sert à l'étape de la préparation du bois.

Le tableau 6-4 présente le bilan du carbone entre le début du processus et l'expédition finale, à la fois par m<sup>3</sup> et par millier de pi<sup>2</sup> (de ¾ po) pour les panneaux de particules. Trois cent dix kg de GES (éq CO<sub>2</sub>) sont émis pour produire chaque mètre cube de panneaux de particules. Le carbone piégé dans les panneaux de particules équivaut à 1 000 kg d'équivalent CO<sub>2</sub>. Cela signifie qu'il y a **environ trois fois plus de CO<sub>2</sub> piégé qu'il y en a d'émis**. À la sortie de l'usine, le bilan net du carbone est positif et s'élève à 690 kg/m<sup>3</sup>; le carbone restera intégré au produit tout au long de sa durée de vie utile.

Figure 6-1 Schéma de production des panneaux de particules

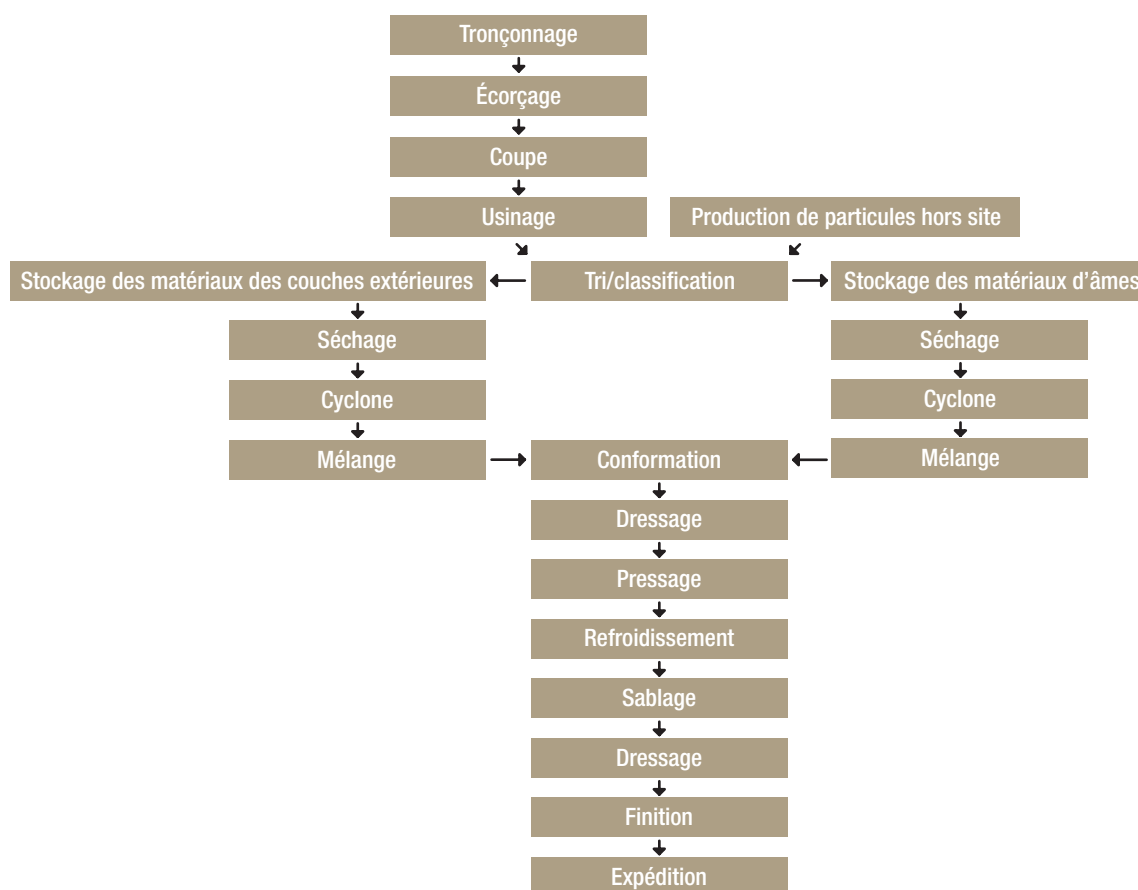


Tableau 6-1 Bilan massique du bois lié à la production de panneaux de particules

Intrants et extrants	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup> (¾ po)	Pourcentage (%)
<b>Intrants</b>				
Grumes	kg	54,40	96,2	8,700
Déchets du bois achetés	kg	558,10	987,7	89,400
Fibre de bois produite sur place	kg	11,70	20,7	1,900
<b>Total des intrants</b>	kg	<b>624,20</b>	<b>1 104,7</b>	<b>100,000</b>
<b>Extrants</b>				
Panneau de particules (bois uniquement)	kg	545,40	965,2	87,400
Sciure de ponçage	kg	67,00	118,6	10,700
Résidus de sciage	kg	11,70	20,7	1,900
Déchets ligneux	kg	0,05	0,1	0,008
<b>Total des extrants</b>	kg	<b>624,20</b>	<b>1 104,7</b>	<b>100,000</b>

Tableau 6-2 Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication des panneaux de particules

Source d'énergie en unités physiques	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	L	0,390	0,690
GPL	L	0,000	0,000
Électricité	kWh	0,004	0,007
Carburant diesel (débardage)	L	7,730	13,680
(Données fondées sur les valeurs moyennes canadiennes d'exploitation des ressources, le transport des ressources étant rajusté à une distance de 160 km)			
Source d'énergie en unités physiques	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité	kWh	149,5100	264,6000
GPL	L	0,5800	1,0300
Diesel	L	4,3500	7,7000
Gaz naturel	m <sup>3</sup>	1,9200	3,4000
Essence	L	0,0022	0,0039
Combustibles de déchets de bois (produits sur place)	kg	67,0100	118,6000
Combustibles de déchets de bois (achetés)	kg	53,7400	95,1000
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	MJ	17,4500	30,8900
GPL	MJ	0,0025	0,0044
Électricité	MJ	0,0200	0,0400
Carburant diesel (débardage)	MJ	344,9900	610,5500
<b>Sous total</b>	<b>MJ</b>	<b>362,4625</b>	<b>641,4844</b>
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité	MJ	757,26	1 340,20
GPL	MJ	17,67	31,27
Diesel	MJ	194,22	343,73
Gaz naturel	MJ	81,21	143,73
Essence	MJ	0,09	0,16
Combustibles de déchets de bois (produits sur place)	MJ	1 058,81	1 873,88
Combustibles de déchets de bois (achetés)	MJ	831,28	1 471,20
<b>Sous total</b>	<b>MJ</b>	<b>2 940,55</b>	<b>5 204,16</b>
<b>Total global</b>	<b>MJ</b>	<b>3 303,02</b>	<b>5 845,65</b>

Tableau 6-3 Consommation d'énergie brute pour la fabrication des panneaux de particules par procédé unitaire

Consommation d'énergie primaire	Unité (par m <sup>3</sup> )	Total	Préparation et séchage du bois	Assemblage et pressage	Finition des panneaux
Électricité	MJ	757,000	273	295	189,000
GPL	MJ	18,000	0	0	18,000
Diesel	MJ	194,000	157	16	23,000
Gaz naturel	MJ	81,000	13	68	0,000
Essence	MJ	0,088	0	0	0,088
Combustibles de déchets de bois	MJ	1 868,000	1 672	196	0,000
<b>Fabrication totale</b>	<b>MJ</b>	<b>2 918,088</b>	<b>2 115</b>	<b>575</b>	<b>230,088</b>
<b>Pourcentage</b>	<b>%</b>	<b>100</b>	<b>72</b>	<b>20</b>	<b>8</b>

Tableau 6-4 PRP et bilan net du carbone – panneaux de particules

PRP attribuable à	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Utilisation de combustibles fossiles*	kg éq CO <sub>2</sub>		88,09
Combustion de biomasse	kg d'éq CO <sub>2</sub>		222,18
<b>Total</b>	<b>kg d'éq CO<sub>2</sub></b>		<b>310,27</b>
Carbone piégé dans les panneaux MDF	kg d'éq CO <sub>2</sub>		999,85
<b>Bilan net du carbone</b>			
Excluant les GES de la biomasse	kg d'éq CO <sub>2</sub>		911,75
Incluant les GES de la biomasse	kg d'éq CO <sub>2</sub>		689,59

\*Inclut les effets de la combustion et de la précombustion liés à l'utilisation de combustibles fossiles thermiques et à la moyenne canadienne d'utilisation du réseau de distribution d'électricité pour la coupe et le transport de la matière première ainsi que pour la fabrication de panneaux de particules.

## 6.2 Fabrication de panneaux de fibres à densité moyenne

Comme dans le cas de l'industrie des panneaux de particules, l'industrie des panneaux MDF au Canada dépend entièrement pour sa production d'un approvisionnement en déchets ligneux des autres usines de traitement primaire du bois (scieries et usines de fabrication de contreplaqué et de panneaux OSB). Le panneau MDF est un produit plus homogène que le panneau de particules et est fabriqué dans des densités variant entre 500 et 800 kg/m<sup>3</sup>. La production de l'industrie nord américaine se calcule généralement en milliers de pi<sup>2</sup> de ¾ po, ce qui équivaut à environ 1,77 m<sup>3</sup>.

La fabrication de panneaux MDF commence avec l'approvisionnement de déchets ligneux à partir de différentes usines de produits primaires du bois. La masse de particules de bois, composée de bran de scie, de particules de rabotage, de copeaux à pâte, de chutes de massicotage et d'éboutures, est tout

d'abord acheminée dans un lessiveur (une cuve sous pression servant à cuire et à ramollir les fibres du bois). Un raffineur mécanique réduit la masse de particules lessivées en fibres séparées. Les fibres sont ensuite mélangées avec des résines urée formaldéhydes, un catalyseur, de la cire et un épurateur dans une installation de soufflage avant d'être acheminées dans un séchoir tubulaire. Dans le séchoir, l'humidité moyenne contenue dans la masse de particules de bois est réduite à environ 8 p. cent.

La masse de particules séchées est acheminée à une chaîne de conformation, où elle est étendue en mats de trois ou de cinq couches (couche centrale et couches de surface)<sup>16</sup>. Le mat ainsi conformé est transféré à une prépresse où son épaisseur est réduite et passe ensuite dans une presse chauffante à plusieurs étages et à plusieurs ouvertures qui exerce de la pression et de la chaleur pour fusionner le panneau. Les panneaux chauds qui quittent la presse sont refroidis, poncés pour en rectifier l'épaisseur et dressés jusqu'à atteindre leurs dimensions finales (voir la figure 6-2 pour un schéma illustrant les étapes de fabrication des panneaux MDF).

Le tableau 6-5 présente le bilan massique du bois lié à la production des panneaux MDF par mètre cube et par 1 000 pi<sup>2</sup> (de ¾ po). Des 782 kg de particules de bois acheminées à l'usine pour produire 1 m<sup>3</sup> de panneaux MDF, 86 p. cent servent à constituer le produit, alors que 13 p. cent deviennent de la fibre de bois (dont 84 p. cent serviront de biocombustible pour usage interne et 16 p. cent seront utilisés dans le procédé de fabrication); le dernier 1 p. cent sera acheminé à un site d'enfouissement.

La consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de production de 1 m<sup>3</sup> de panneaux MDF est de 6 966 MJ (voir le tableau 6-6). La consommation d'énergie attribuée au transport de la ressource représente 11 p. cent de l'intrant total en énergie brute et consiste principalement en carburant diesel. La fabrication de panneaux MDF repose à part presque égale sur trois sources d'énergie primaire : l'électricité (35 p. cent), la biomasse renouvelable (34 p. cent) et le gaz naturel (29 p. cent).

Moins de 1 p. cent de l'énergie de fabrication utilisée sur place est consommée sous forme de diesel, d'essence et de GPL, des carburants généralement employés pour l'équipement mobile de manutention du matériel. Signalons également qu'en plus du biocombustible produit sur place (sciure de ponçage et rognures de panneaux), 52,5 kg de combustibles de déchets de bois sont achetés pour chaque mètre cube de panneau MDF produit, uniquement pour être utilisés comme source d'énergie. Ces autres déchets de bois achetés sont pris en compte dans le profil de la consommation d'énergie brute présenté au tableau 6-6.

Le tableau 6-7 fournit une ventilation de la consommation d'énergie dans l'usine par procédé unitaire. Pour le processus de production des panneaux MDF, la plus importante utilisation d'énergie sur place survient pendant la phase de préparation et de séchage (84 p. cent). Les deux autres procédés primaires, l'assemblage et le pressage, et la finition, représentent respectivement 11 p. cent et 6 p. cent de la consommation d'énergie. La préparation du bois (manutention, lessivage, raffinage, mélange et séchage) consomme 76 p. cent de l'électricité, 90 p. cent du gaz naturel et 87 p. cent de la chaleur produite à partir de biomasse renouvelable utilisée dans la production de panneaux MDF. Ainsi, la préparation et le séchage du bois constituent la cible évidente pour l'application de mesures d'économie d'énergie.

Comme pour tous les produits du bois, la moitié de la masse du bois comprise dans les panneaux MDF est du carbone (C). Chaque mètre cube de panneau MDF piège environ 1 234 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> (voir le tableau 6-8), ce qui compense les 536 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> de GES émis pour produire les panneaux MDF. Le résultat est un bilan du carbone positif pour l'ensemble du processus de fabrication de 698 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par mètre cube de produit.

<sup>16</sup> Seules deux usines au Canada sont configurées pour fabriquer des panneaux à trois couches; toutefois, aucune des deux n'utilise cette capacité.

Figure 6-2 Schéma de production des panneaux MDF

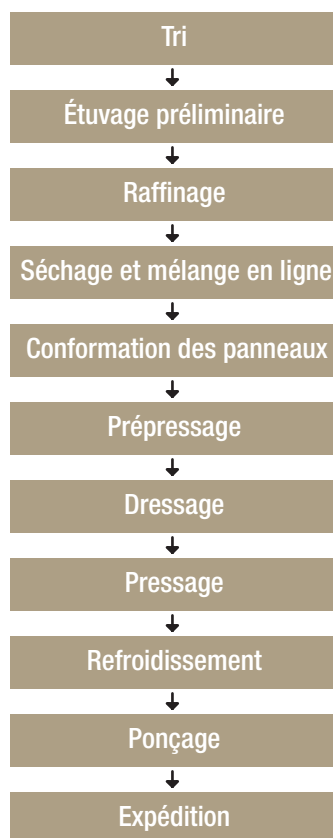


Tableau 6-5 Bilan massique du bois lié à la production de panneaux MDF

Intrants et extrants	Unité	Par m <sup>3</sup>	Per milliers de pi <sup>2</sup> (3/4 po)	Pourcentage (%)
<b>Intrants</b>				
Déchets ligneux achetés	kg	766	1 355	98
Sciure de ponçage produite sur place et utilisée dans le procédé de fabrication	kg	17	29	2
<b>Total des intrants</b>		<b>782</b>	<b>1 384</b>	<b>100</b>
<b>Extrants</b>				
Panneaux MDF (bois seulement)	kg	673	1191	86
Sciure de ponçage et résidus de sciage (84 p. cent utilisés sur place comme combustible, 16 p. cent dans le procédé de fabrication)	kg	101	179	13
<b>Déchets ligneux</b>	kg	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>1</b>
<b>Total des extrants</b>	kg	<b>782</b>	<b>1 384</b>	<b>100</b>

Tableau 6-6 Consommation d'énergie brute pour l'ensemble du processus de fabrication des panneaux MDF

Source d'énergie en unités physiques	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	L	0,00	0,00
GPL	L	0,00	0,00
Électricité	kWh	0,00	0,00
Carburant diesel (débardage)	L	16,49	29,18
(Données fondées sur les valeurs moyennes canadiennes d'exploitation des ressources, le transport des ressources étant rajusté à une distance de 260 km)			
Source d'énergie en unités physiques	Unité	Fabrication des panneaux MDF	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité	kWh	432,76	765,90
GPL	L	0,31	0,55
Diesel	L	1,36	2,40
Gaz naturel	m <sup>3</sup>	42,65	75,49
Essence	L	0,02	0,03
Combustibles de déchets de bois (produits sur place)	kg	84,48	149,51
Combustibles de déchets de bois (achetés)	kg	52,49	92,90
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Coupe et transport	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Carburant diesel (coupe)	MJ	0,00	0,00
GPL	MJ	0,00	0,00
Électricité	MJ	0,00	0,00
Carburant diesel (débardage)	MJ	736,09	1 302,72
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>736,09</b>	<b>1 302,72</b>
Consommation d'énergie primaire en MJ	Unité	Fabrication des panneaux MDF	
		Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Électricité	MJ	2 191,95	3 879,28
GPL	MJ	9,44	16,70
Diesel	MJ	60,54	107,14
Gaz naturel	MJ	1 803,19	3 191,26
Essence	MJ	0,68	1,20
Combustibles de déchets de bois (produits sur place)	MJ	1 334,77	2 362,26
Combustibles de déchets de bois (achetés)	MJ	829,38	1 467,82
<b>Sous-total</b>	<b>MJ</b>	<b>6 229,92</b>	<b>11 025,66</b>
<b>Total global</b>	<b>MJ</b>	<b>6 966,01</b>	<b>12 328,38</b>

Tableau 6-7 Consommation d'énergie brute pour la fabrication des panneaux MDF par procédé unitaire

Consommation d'énergie primaire	Unité (par m <sup>3</sup> )	Total	Préparation et séchage du bois	Assemblage et pressage	Finition des panneaux
Électricité	MJ	2 192	1 666	307	241
GPL	MJ	9	2	0	8
Diesel	MJ	61	36	1	24
Gaz naturel	MJ	1 803	1 623	90	90
Essence	MJ	1	0	0	0
Combustibles de déchets de bois	MJ	2 164	1 883	281	0
<b>Fabrication totale</b>	MJ	<b>6 230</b>	<b>5 209</b>	<b>679</b>	<b>364</b>
<b>Pourcentage</b>	%	<b>100</b>	<b>84</b>	<b>11</b>	<b>6</b>

Tableau 6-8 PRP et bilan net du carbone – panneaux MDF

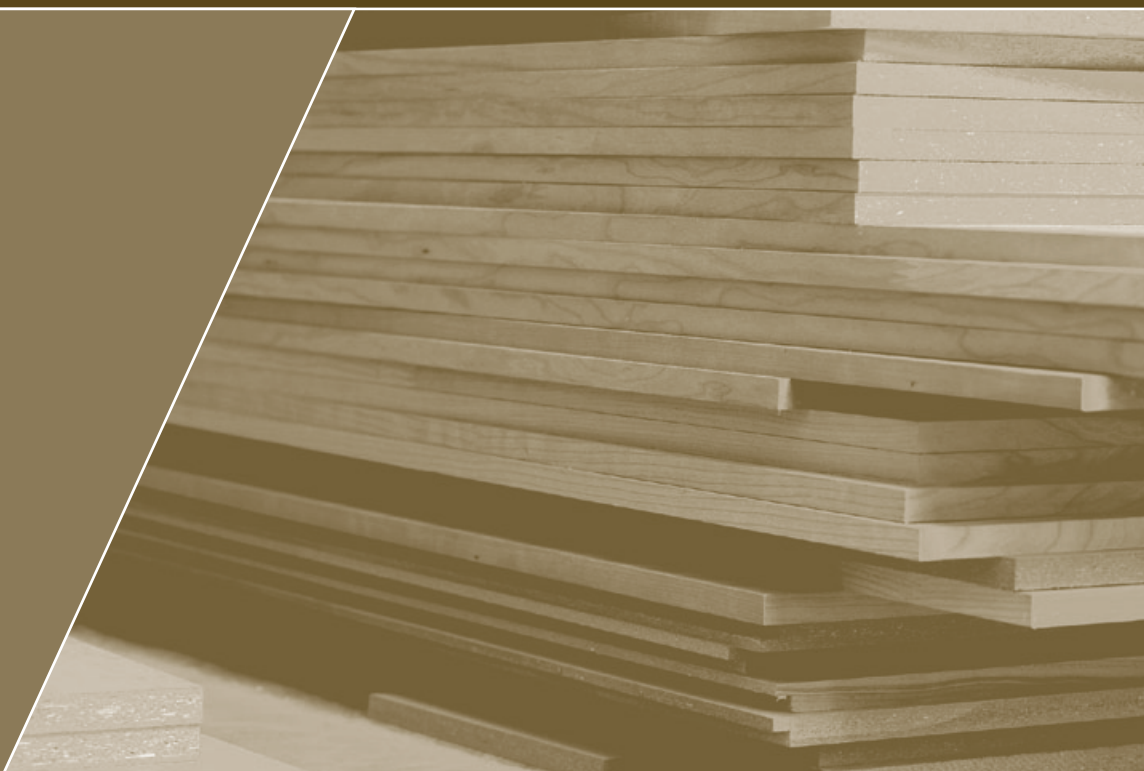
PRP attribuable à	Unité	Par m <sup>3</sup>	Par milliers de pi <sup>2</sup>
Utilisation de combustibles fossiles*	kg d'éq CO <sub>2</sub>		283,92
Combustion de biomasse	kg d'éq CO <sub>2</sub>		252,03
<b>Total</b>	kg d'éq CO <sub>2</sub>		<b>535,94</b>
Carbone piégé dans les panneaux MDF	kg d'éq CO <sub>2</sub>		1 233,76
<b>Bilan net du carbone</b>			
Excluant les GES de la biomasse	kg d'éq CO <sub>2</sub>		949,85
Incluant les GES de la biomasse	kg d'éq CO <sub>2</sub>		697,82

\* Inclut les effets de la combustion et de la précombustion liés à l'utilisation de combustibles fossiles thermiques et à la moyenne canadienne d'utilisation du réseau de distribution d'électricité pour la coupe et le transport de la matière première ainsi que pour la fabrication de panneaux MDF.



# 7

## RÉSUMÉ : ÉNERGIE BRUTE ET BILAN DU CARBONE



## 7 RÉSUMÉ : ÉNERGIE BRUTE ET BILAN DU CARBONE

Dans le présent chapitre, on oppose quelques points saillants des conclusions sur la consommation d'énergie avec les résultats du bilan du carbone pour les cinq produits : bois d'œuvre de résineux, contreplaqué de résineux, panneaux OSB, panneaux de particules et panneaux MDF. La figure 7-1 illustre la consommation d'énergie primaire brute pour l'ensemble du processus de fabrication des cinq produits selon la source d'énergie.

À la figure 7-1, il est intéressant de remarquer la mesure dans laquelle la consommation d'énergie de la fabrication augmente lorsque la taille de la fibre brute transformée pour chaque produit diminue. Le bois d'œuvre résineux et le contreplaqué conservent la plupart des caractéristiques du bois à l'arrivée (sciage et déroulage); pour les panneaux OSB, on transforme des copeaux de bois assez gros; pour les panneaux de particules, on transforme des résidus martelés; pour les panneaux MDF, on va un peu plus loin en transformant (cuisson et raffinage) la fibre de bois.

De façon générale, à mesure que les méthodes de transformation deviennent plus complexes, la taille des fibres diminue, les produits deviennent plus denses et la consommation d'énergie pour la fabrication augmente. Il est aussi intéressant de remarquer la quantité d'électricité, de carburant diesel, de gaz naturel et de biomasse utilisée dans les procédés de fabrication.

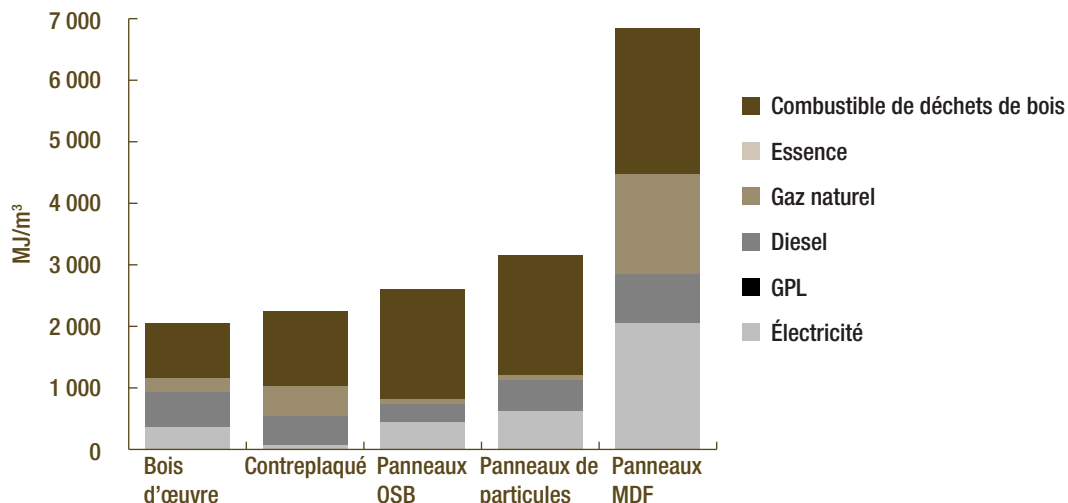
Toutes ces formes d'énergie méritent des mesures d'économie. La plus grande partie du carburant diesel est utilisée pendant la coupe et le transport du bois et cela peut être au-delà du contrôle direct des usines de transformation qui dépendent d'un tiers entrepreneur ou fournisseur de matière première.

Le gaz naturel et, dans une certaine mesure, l'électricité sont produits à partir de combustibles fossiles, et les augmentations et les fluctuations de prix influent sur leur consommation.

La biomasse est intéressante parce que lorsqu'elle est utilisée comme combustible, il en reste une moins grande quantité pouvant être utilisée comme matière première pour les produits. De plus, si la biomasse est utilisée de façon inefficace comme combustible, on doit en consommer davantage pour répondre aux mêmes besoins énergétiques, ce qui représente une importante variable d'économie interne.

La biomasse renouvelable sert à la fabrication des cinq produits; toutefois, la fabrication des panneaux OSB et des panneaux de bois reconstitué (panneaux de particules et panneaux MDF) nécessite proportionnellement davantage de biocombustibles que celle du contreplaqué ou du bois d'œuvre résineux.

Figure 7-1 Consommation d'énergie primaire brute pour l'ensemble du processus de fabrication selon la source d'énergie



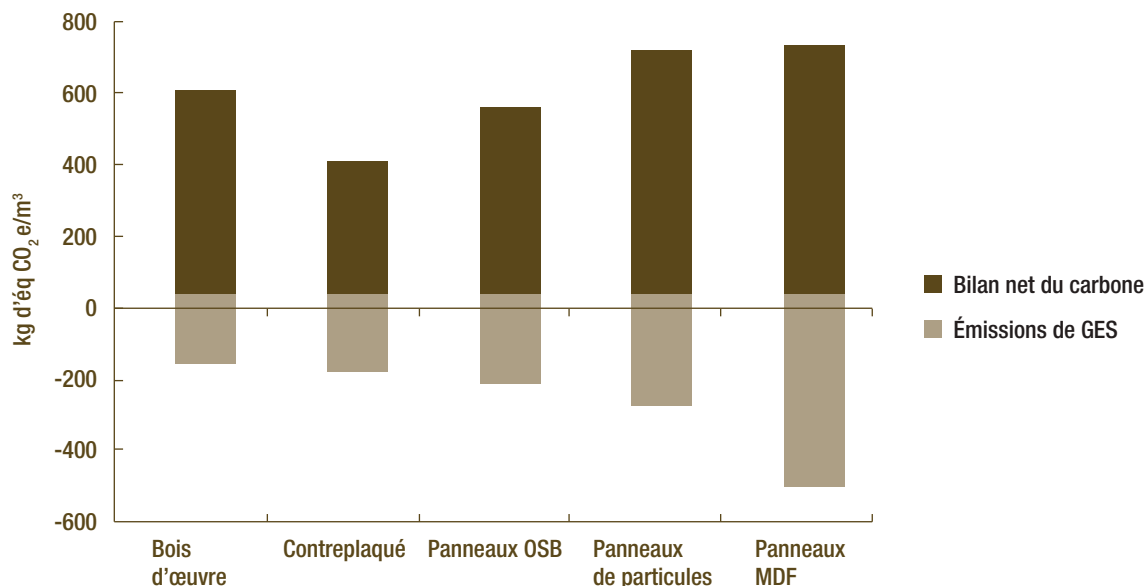
Un des avantages que présentent les produits du bois est qu'ils piègent le carbone pendant de longues périodes – en fait, pendant toute leur durée de vie.

La figure 7-2 illustre le PRP des cinq produits découlant du carbone qui y est piégé. Le PRP de chaque produit (c.-à-d. ses émissions de GES) reflète la consommation d'énergie illustrée à la figure 7-1. Le bilan net du carbone, fondé sur l'intensité énergétique et les émissions de GES qui en découlent, dépend également de la quantité de bois (c.-à-d. de carbone) contenu dans 1 m<sup>3</sup> de produit.

À titre d'exemple, bien que le bois d'œuvre et le contreplaqué de résineux possèdent des profils similaires de consommation d'énergie, le contreplaqué provient principalement d'épinette de faible densité contrairement au mélange épinette pin-sapin, où le pin est plus dense que l'épinette. Par conséquent, le contreplaqué a un bilan net du carbone moins élevé.

Les panneaux OSB (dont la densité est de plus de 600 kg/m<sup>3</sup> à l'état fini) et les panneaux de particules et les panneaux MDF (dont la densité se situe entre 500 et 800 kg/m<sup>3</sup>) contiennent plus de bois par mètre cube que le bois d'œuvre ou le contreplaqué de résineux. Par conséquent, les panneaux OSB, de particules et MDF retiennent autant, sinon plus, de carbone qu'un volume équivalent de bois d'œuvre ou de contreplaqué, bien que leur fabrication nécessite plus d'énergie.

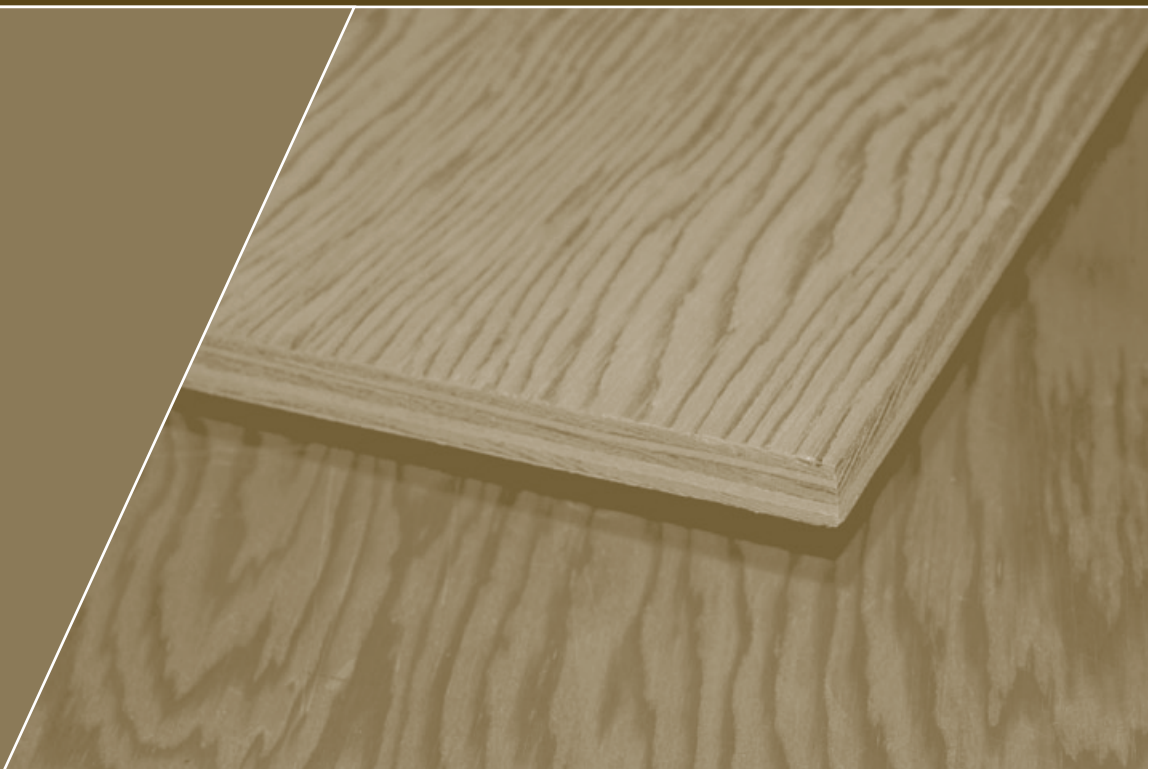
Figure 7-2 PRP et bilan net du carbone pour l'ensemble du processus de fabrication





# 8

## COMPARAISON SOMMAIRE DE L'INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS DIFFÉRENTS PAYS



## 8 COMPARAISON SOMMAIRE DE L'INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS DIFFÉRENTS PAYS

Dans le présent chapitre, l'intensité énergétique requise dans la fabrication des produits du bois canadiens est comparée à celle de produits similaires fabriqués aux États-Unis, le plus important partenaire commercial du Canada pour les produits du bois. Des comparaisons de l'intensité énergétique sont également présentées pour la fabrication de plusieurs produits du bois provenant de la Scandinavie et de l'Amérique du Sud pour lesquels nous disposons de données comparables.

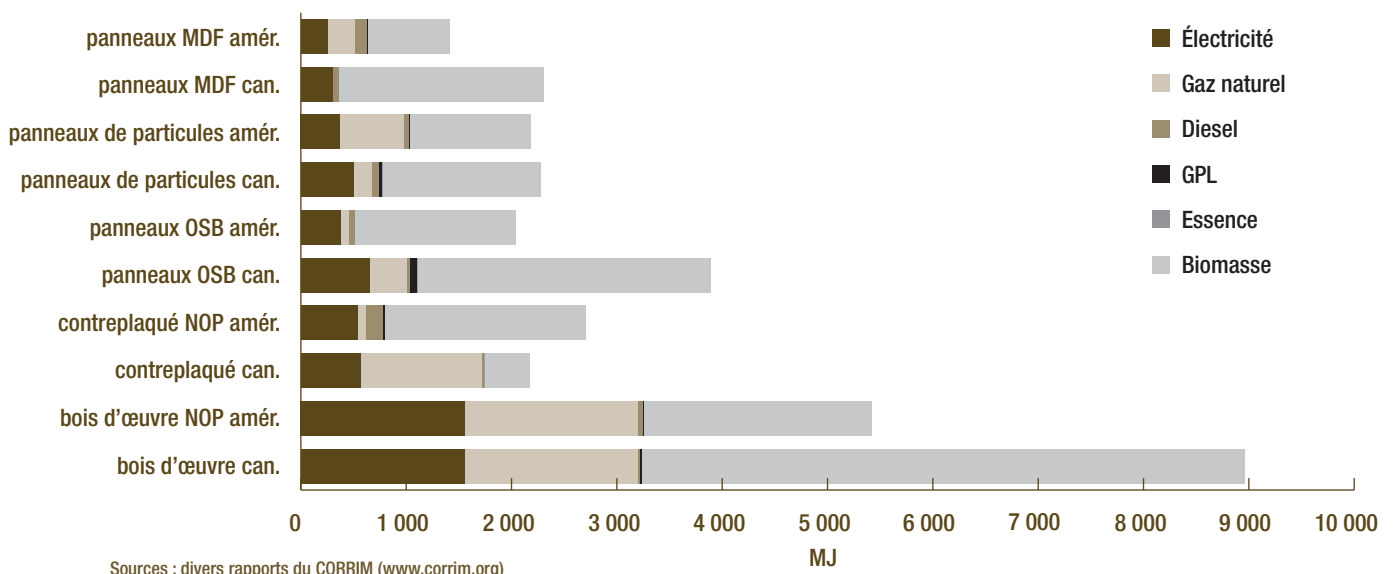
La figure 8-1 présente une comparaison des consommations d'énergie pour la fabrication des cinq produits avec celles de produits similaires fabriqués aux États-Unis, selon la source d'énergie. Les données pour ces comparaisons proviennent du Consortium for Research on Renewable Industrial Materials (CORRIM) – [www.corrim.org](http://www.corrim.org).

Le CORRIM mène des études portant sur l'évaluation du cycle de vie des produits du bois américains depuis 2004. Bien que le CORRIM emploie une méthode semblable à celle utilisée dans la présente étude, il existe des différences à cet égard. À titre d'exemple, les limites de système ne correspondent pas nécessairement et des chiffres différents ont été utilisés par le CORRIM et dans la présente étude pour la valeur de chauffage des combustibles. C'est pour ces raisons et d'autres que les comparaisons présentées à la figure 8-1 ont été établies en adaptant les profils de produits de l'étude ou des travaux du CORRIM pour harmoniser les données et se concentrer sur la consommation d'énergie de la fabrication brute.

La liste qui suit présente certains des rajustements :

- L'incidence liée à la coupe et au transport des ressources est retirée ou ignorée, à moins qu'on ne puisse l'isoler à l'intérieur des données.
- La consommation d'électricité a été rajustée de façon à pouvoir la présenter en équivalent mégajoule (c.-à-d. la comparaison se fait avec un facteur de conversion de 3,6 MJ par kWh consommé plutôt qu'une valeur d'énergie primaire pour l'électricité).
- L'utilisation de combustibles fossiles est limitée à l'incidence directe de la combustion.
- La valeur de chauffage de la biomasse a été rajustée pour être la même pour les deux pays (15,8 MJ/kg).

Figure 8-1 Consommation d'énergie pour la fabrication au Canada et aux États-Unis selon la source d'énergie



À l'exception du contreplaqué et des panneaux de particules, la comparaison des valeurs de la consommation d'énergie pour la fabrication montre que la consommation d'énergie brute au Canada est généralement moins élevée qu'aux États-Unis. Dans la fabrication de bois d'œuvre résineux canadien, on utilise légèrement moins d'électricité achetée et de bioénergie, mais plus de gaz naturel et de carburant diesel qu'aux États-Unis pour la fabrication du bois d'œuvre de la région nord-ouest du Pacifique (NOP). Ceci étant, la fabrication de bois d'œuvre aux États-Unis dépend moins du gaz naturel et repose davantage sur l'énergie tirée de la biomasse – ce que les usines canadiennes devraient imiter afin de réduire leur dépendance envers les combustibles fossiles.

Les usines de fabrication de contreplaqué de résineux canadien utilisent plus le gaz naturel que celles du NOP. En tenant compte des différences de consommation de gaz naturel et de la biomasse entre les usines du Canada et des États-Unis, on pourrait déduire que les usines du NOP génèrent ou utilisent leur chaleur de procédé de façon plus efficace que celles du Canada, alors que ces dernières consomment généralement moins d'électricité achetée par unité de production.

La fabrication des panneaux OSB au Canada requiert un tiers moins d'énergie que dans le sud-est des États-Unis. Les usines canadiennes ont une meilleure efficacité énergétique pour toutes les principales sources d'énergie, c'est-à-dire l'électricité, le gaz naturel et la biomasse. Un facteur important ayant une incidence sur les comparaisons est la différence dans les ressources traitées dans ces deux régions. Au Canada, la plupart des usines de fabrication de panneaux OSB utilisent du peuplier faux-tremble, qui est moins dense que le pin des marais utilisé dans le sud-est des États-Unis. Parce que le bois du pin des marais a une plus grande densité et est plus résineux, il est plus difficile (énergivore) à transformer mécaniquement (requiert plus d'électricité) et à sécher (consomme plus de chaleur de procédé).

Les usines de fabrication de panneaux de particules au Canada et aux États-Unis consomment presque la même quantité d'électricité pour produire 1 m<sup>3</sup> de panneaux de particules. Bien que les usines canadiennes consomment plus de biomasse que de gaz naturel, elles utilisent de façon proportionnelle plus de biomasse proportionnellement que leurs équivalents américains utilisent du gaz naturel. Le séchage des particules est l'étape la plus énergivore de la fabrication des panneaux de particules et semble être la principale source de différences dans ce secteur entre le Canada et les États-Unis, et constitue un aspect que les usines de panneaux de particules canadiennes auraient avantage à examiner.

Les usines fabriquant des panneaux MDF au Canada et aux États-Unis ont des consommations d'électricité et de gaz naturel très similaires. La différence se situe dans la consommation de bioénergie, les usines canadiennes utilisant seulement la moitié de ce que les usines américaines utilisent. Bien que cette différence puisse s'expliquer en partie par les caractéristiques des ressources ou le taux d'humidité des matériaux utilisés, ces statistiques indiquent que les usines canadiennes semblent mieux gérer leur consommation de bioénergie que les usines américaines.

Le tableau 8-1 fournit des renseignements supplémentaires sur la consommation d'énergie pour la fabrication des produits du bois dans d'autres pays. Le tableau présente des données pour des régions de l'Amérique du Sud et de la Scandinavie dans une analyse entre certains produits et les sources d'énergie utilisées pour leur fabrication.

La consommation d'énergie des activités forestières (p. ex., la coupe et le transport) est légèrement moins élevée en Amérique du Sud et en Scandinavie qu'au Canada (265 MJ/m<sup>3</sup>). On peut expliquer cette différence en grande partie par les distances de débardage pour les usines au Canada et dans les deux autres régions. Comparativement à l'Amérique du Sud, la consommation d'énergie de fabrication au Canada est soit comparable, soit plus faible pour les produits dont il est question. Particulièrement, la consommation d'électricité et de chaleur générée par la biomasse est généralement plus faible dans la fabrication canadienne.

Le bois d'échantillon fabriqué en Scandinavie est presque identique à celui fabriqué dans les usines canadiennes. Les usines scandinaves consomment légèrement plus d'électricité et de biocombustibles, mais moins de combustibles fossiles pour produire du bois d'œuvre résineux. En Scandinavie, la fabrication des produits de bois reconstitué (p. ex., panneaux OSB, panneaux de particules et panneaux MDF) est également du même ordre de grandeur qu'au Canada. La fabrication du contreplaqué est beaucoup moins énergivore au Canada qu'en Scandinavie (de près de la moitié).

Tableau 8-1 Consommation d'énergie en Amérique du Sud et au Nord de l'Europe par produit

Secteur des produits forestiers	Région	Chaleur renouvelable (MJ/m <sup>3</sup> )	Électricité (MJ/m <sup>3</sup> )	Combustible fossile	Énergie totale (MJ/m <sup>3</sup> )
Activités forestières	Chili et Amérique du Sud	0	0,8	208,5	209,3
Activités forestières	Canada (la présente étude)	0	0,2	265,8	266,0
Bois d'échantillon	Chili et Amérique du Sud	2 767	833,0	214,0	3 814,0
Bois d'échantillon	Canada (la présente étude)	775	359,0	380,0	1 514,0
Panneaux de fibres et panneaux de particules	Chili et Amérique du Sud	2 773	1 052,0	294,0	4 119,0
Panneaux de particules	Canada (la présente étude)	1 890	757,0	294,0	2 941,0
Panneaux de contreplaqué	Chili	3 908	951,0	86,0	4 944,0
Contreplaqué	Canada (la présente étude)	1 144	61,0	730,0	1 935,0
Activités forestières	Suède	0	6,1	171,9	178,0
Activités forestières	Canada (la présente étude)	0	0,2	265,8	266,0
Bois d'échantillon	Norvège, Finlande et Suède	1 062	312,0	91,0	1 465,0
Bois d'échantillon	Canada (la présente étude)	775	359,0	380,0	1 514,0
Panneaux de fibres et panneaux de particules	Nord de l'Europe	2 092	1 468,0	298,0	3 857,0
Panneaux de particules	Canada (la présente étude)	1 890	757,0	294,0	2 941,0
Panneaux de contreplaqué	Finlande et Suède	2 862	1 049,0	487,0	4 398,0
Contreplaqué	Canada (la présente étude)	1 144	61,0	730,0	1 935,0

Sources : diverses – voir la section Références – Études internationales.



# 9

## POSSIBILITÉ DE RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE POUR LA FABRICATION DES PRODUITS DU BOIS



## 9 POSSIBILITÉ DE RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE POUR LA FABRICATION DES PRODUITS DU BOIS

Le présent chapitre décrit les différentes possibilités de réduction de la consommation d'énergie pour la fabrication des produits du bois. Comme nous l'avons déjà souligné dans le rapport, l'industrie du bois d'œuvre résineux représente près de la moitié de l'énergie utilisée dans le secteur des produits du bois. Le rapport fait aussi remarquer que les deux tiers de l'énergie consommée pour la fabrication du bois d'œuvre résineux sont utilisés à l'étape du séchage au séchoir du cycle de fabrication. Par conséquent, le présent chapitre se concentre principalement sur le séchage du bois d'œuvre résineux, puisque même la plus légère amélioration de la technique de séchage au séchoir, si nous l'appliquons à l'ensemble de l'industrie du bois d'œuvre résineux, peut améliorer considérablement l'empreinte de consommation d'énergie de l'ensemble de l'industrie des produits du bois.

### 9.1 Séchage au séchoir du bois d'œuvre résineux

De nombreux types de systèmes commerciaux de séchage du bois d'œuvre sont utilisés au Canada. Le diagramme de la figure 9-1 répartit ces technologies selon le système d'opération et la température de fonctionnement.

Dans le secteur du bois d'échantillon résineux, la majorité des séchoirs fait partie de la catégorie des séchoirs à convection forcée, tant dans la sous-catégorie traditionnelle que celle à haute température. La popularité de ces systèmes s'explique principalement par leur coût de départ relativement bas, leur simplicité d'utilisation et d'entretien, et leur adaptabilité à différentes sources d'énergie. La section suivante décrit la situation actuelle de ce secteur de l'industrie et les possibilités d'en augmenter les économies d'énergie.

#### Consommation d'énergie pour le séchage

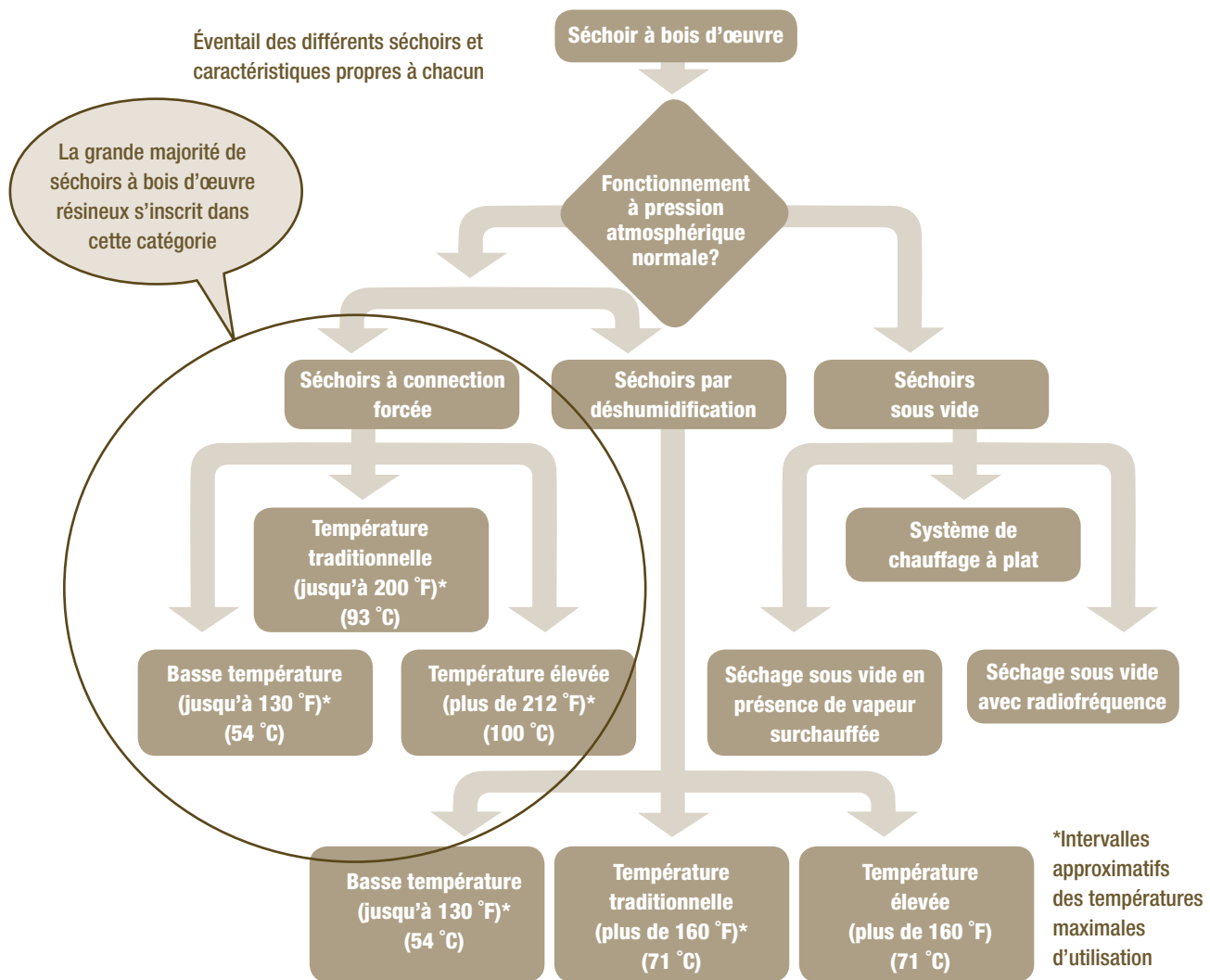
Le séchage requiert 70 p. cent ou plus de l'énergie nécessaire pour transformer des grumes en bois d'œuvre (66 p. cent selon la présente étude). Ce nombre varie selon certains facteurs comme le taux d'humidité (TH) initial, les exigences finales en TH et les dimensions de bois d'œuvre produites. Peu importe la quantité précise, le processus de séchage consomme la plus importante part de l'énergie utilisée dans la production du bois d'œuvre.

La façon dont la chaleur est intégrée, utilisée et, dans certains cas, réutilisée dans le processus, constitue l'un des facteurs qui distingue les différents types de séchoirs. La quantité d'électricité et d'énergie thermique consommée varie de façon considérable selon les systèmes de séchage. Les séchoirs à convection forcée, y compris les équipements traditionnels et ceux à haute température, sont les séchoirs les plus utilisés pour le séchage du bois résineux de construction au Canada.

L'énergie électrique et thermique sont utilisées par les séchoirs à bois d'œuvre à convection forcée. L'énergie électrique sert principalement à alimenter les moteurs permettant la circulation de l'air dans le séchoir et, dans une moindre mesure, les moteurs fournissant l'énergie au séchoir (p. ex., les pompes permettant la circulation de l'huile chaude). Une proportion beaucoup plus importante d'énergie est utilisée pour produire la chaleur nécessaire au processus de séchage.

Afin de mettre les choses en contexte, l'énergie électrique utilisée pour alimenter les ventilateurs des séchoirs ne représente que 4 p. cent des besoins en énergie thermique pour le séchage d'échantillons du groupe EPS. Bien que la consommation d'énergie électrique soit moindre comparée aux besoins en énergie thermique, il s'agit généralement d'énergie achetée et cela représente une partie importante des coûts d'exploitation. Pour cette raison, les différentes occasions d'économiser l'énergie électrique seront présentées plus loin dans le présent chapitre.

Figure 9-1 Aperçu des types de séchoirs à bois d'œuvre utilisés au Canada



## Répartition de l'énergie thermique

Différents modèles ont été élaborés pour évaluer la consommation d'énergie des séchoirs par l'examen individuel des différentes composantes de la charge d'énergie thermique. Il est utile d'examiner la répartition générale de l'énergie thermique pour définir et évaluer les possibilités d'économie d'énergie.

L'énergie thermique est utilisée dans différents secteurs au cours du séchage du bois d'œuvre. Toutefois, les trois catégories qui nécessitent les quantités les plus importantes d'énergie sont les suivantes :

- le chauffage et l'évaporation de l'eau à retirer : de 50 à 70 p. cent
- la compensation des pertes de chaleur (murs, toit et plancher) : de 15 à 30 p. cent
- l'augmentation de la température et de l'humidité relative de l'air d'entrée : de 10 à 20 p. cent

Différentes raisons expliquent les variations de chacun de ces éléments de consommation d'énergie. Par exemple, le deuxième élément (pertes de chaleur par les murs, le toit et le plancher) atteindra une valeur plus grande lorsque les périodes de séchage sont plus longues. Le taux d'humidité initial et final du bois d'œuvre influe grandement sur le premier élément, la chaleur nécessaire à l'évaporation de l'eau devant être retirée.

Comme nous l'avons déjà indiqué, une certaine connaissance de la façon dont l'énergie est utilisée aide à déterminer les économies d'énergie possibles. Une grande partie de l'énergie « perdue » des séchoirs à convection forcée est attribuable au taux d'humidité élevé de l'air, ce qui présente à la fois un certain nombre de défis et de possibilités pour la récupération de l'énergie.

Bien qu'isoler un séchoir fonctionnant à des températures élevées puisse sembler une solution logique pour réduire la consommation d'énergie, ce n'est pas la méthode la plus efficace. Dans certains cas, doubler l'isolation déjà existante peut entraîner une réduction de la consommation d'énergie d'à peine 5 à 7 p. cent. Une analyse coûts-avantages est nécessaire pour déterminer s'il peut être justifié d'investir des sommes importantes pour doubler l'isolation des séchoirs.

### Besoins en énergie thermique

Une publication récente de FPInnovations sur le séchage du mélange EPS (Garrahan, P. *Le séchage des sciages du groupe épinette-pin-sapin*, 2008) énumère les besoins en énergie thermique pour le séchage de chacune des essences s'inscrivant dans ce groupe. Les besoins en énergie thermique varient de 0,65 à 1,38 GJ/m<sup>3</sup>. L'épinette et le pin affichent des besoins moins élevés à cet égard, alors que le sapin baumier et le sapin subalpin comptent parmi les essences les plus énergivores.

Puisque ces essences sont souvent séchées dans un mélange qui contient plus d'épinette et de pin que de sapin, la moyenne pondérée des besoins en énergie thermique pour le séchage du mélange EPS est de 0,67 GJ/m<sup>3</sup>. Les calculs sont fondés sur des séchoirs et des systèmes énergétiques en bonne condition et sur du bois vert contenant un taux d'humidité normal pour les espèces prises en compte. Tout changement dans l'un ou l'autre de ces éléments hypothétiques peut modifier de façon considérable les besoins en énergie.

L'extrapolation des données sur la consommation d'énergie unitaire décrite au paragraphe précédent pour les activités d'une scierie ou liées aux activités de séchage donne un aperçu des besoins en énergie. Pour une scierie produisant 150 millions de pieds-planche (354 000 m<sup>3</sup>) de bois d'œuvre du mélange EPS séché au séchoir, les besoins annuels en énergie thermique sont évalués à environ 237 térajoules (TJ).

Un élément important à considérer lors de la conception des systèmes énergétiques utilisés pour le séchage du bois est que la demande en énergie varie au cours du cycle de séchage. Bien que la température de séchage augmente généralement entre le début et la fin du cycle, la demande en énergie thermique diminue. La plus importante demande en énergie est toujours au début du cycle, à un moment où le bois contient encore de l'eau libre (liquide) près de la surface des planches qui s'évapore rapidement. C'est à ce moment que le taux de séchage sera le plus important pour cette étape du cycle, et c'est le taux de séchage qui a la plus grande répercussion sur la demande en énergie.

Les changements de la demande en énergie du début à la fin du cycle nécessitent une planification soignée lors du calibrage du système énergétique, mais offre également des possibilités d'améliorer l'efficacité énergétique en mettant en œuvre des mesures d'économie d'énergie tel qu'on le résume dans la section suivante.

### Possibilités d'améliorer l'efficacité énergétique des séchoirs à convection forcée (traditionnels)

La présente section traite des séchoirs à convection forcée (traditionnels); toutefois, bon nombre des recommandations sur l'utilisation d'un processus général de séchage plus efficace sont tout aussi pertinentes pour les autres systèmes. Peu importe le type d'énergie utilisée, il y aura des avantages tant économiques qu'environnementaux à réduire la consommation d'énergie d'un système de séchage.

Les mesures suivantes permettent de réduire la consommation d'énergie des séchoirs existants et sont expliquées en détail dans le document intitulé *Le séchage des sciages du groupe épinette-pin-sapin* :

- S'il est difficile de maintenir les conditions du séchoir ou s'il est nécessaire d'utiliser une grande quantité de vapeur ou de pulvérisation d'eau afin de maintenir la température adiabatique du thermomètre mouillé, il se peut que le séchoir ait des fuites.
- Si les temps de séchage sont plus longs que prévu, pensez à améliorer l'isolation du séchoir.
- Il est possible de réduire les pertes de chaleur par les événements du séchoir en utilisant des échangeurs de chaleur air-air pour préchauffer l'air d'arrivée.
- Éviter de trop sécher le bois d'œuvre; cela peut avoir un effet important à la fois sur le temps de séchage et sur la consommation d'énergie.
- Penser à faire un tri préalable du bois d'œuvre afin d'assurer l'acheminement au séchoir d'un produit plus uniforme, réduisant ainsi la variabilité finale du TH. Une plus grande uniformité des produits permettra de réduire le temps de séchage moyen et d'améliorer l'uniformité du TH final, ce qui réduira la quantité de bois d'œuvre surséché. Le surséchage, même s'il ne s'applique qu'à une petite partie de la charge, augmente la consommation d'énergie et contribue à une augmentation de la dégradation par séchage.
- Accroître l'uniformité de la température et de la circulation d'air dans le séchoir. Un environnement de séchage plus uniforme permettra d'obtenir un TH final plus uniforme, ce qui peut réduire le temps de séchage ou éliminer la nécessité d'avoir recours à un traitement d'équilibrage.
- Augmenter l'utilisation du séchage à l'air ou installer des systèmes de séchage à ventilation forcée (ventilateurs situés à l'extérieur poussant l'air sur les charges de bois) comme prétraitement avant le séchage final au séchoir. Le fait de retirer une partie ou la majorité de l'eau libre (liquide) peut réduire la consommation d'énergie du séchoir de 50 p. cent ou plus. Le recours à de meilleurs outils pour contrôler le taux de séchage et à des analyses économiques des profits peut inciter un plus grand nombre d'usines à continuer dans cette voie.
- Utiliser de meilleurs outils pour assurer un suivi de la consommation d'énergie des séchoirs afin de permettre aux opérateurs d'évaluer les répercussions de leurs actions sur la consommation d'énergie. Cette pratique pourrait comprendre la comparaison d'un horaire de séchage avec un autre ou l'évaluation de l'incidence des stratégies de triage du bois d'œuvre avant ou après le séchage.
- Voici deux moyens de réduire la consommation d'énergie électrique :
  - installer des mécanismes d'entraînement à vitesse variable pour réduire la vitesse des ventilateurs pendant les périodes moins critiques;
  - vérifier l'équipement de circulation d'air pour évaluer les paramètres idéals de fonctionnement et déceler l'équipement inefficace.

On peut obtenir de plus amples renseignements sur chacun de ces points dans le document préparé par P. Garrahan (2008).

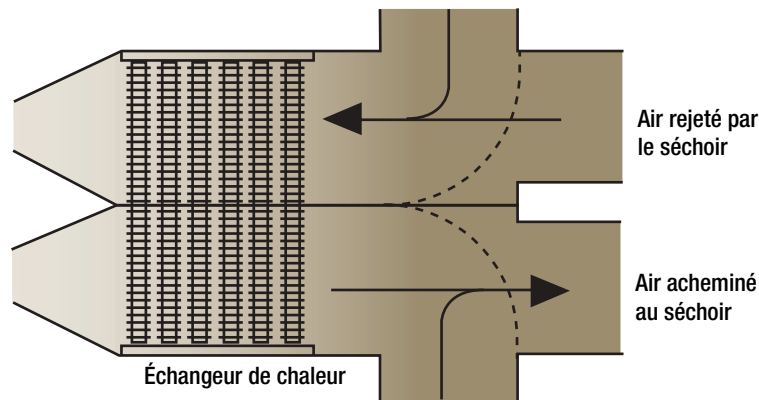
### **Installation d'échangeurs de chaleur dans les séchoirs de bois d'œuvre**

Parmi les éléments de la liste ci-dessus, les systèmes d'échangeurs de chaleur ont été choisis comme la technologie à analyser et comme exemple pour la réalisation d'économies d'énergie.

La figure 9-2 illustre le cheminement de l'air vers l'extérieur d'un séchoir servant à préchauffer l'air d'appoint avant qu'il n'entre dans le séchoir. Une technologie identique ou semblable peut être appliquée à tous les autres processus de séchage de la fabrication des produits du bois pour lesquels les rejets thermiques ne sont généralement pas récupérés.

Dans le cadre de tests menés sur un séchoir de Forintek dont les paramètres correspondent à ceux de l'étude, un échangeur de chaleur d'un type muni de caloducs augmentait constamment la température de l'air entrant jusqu'à 10 °F (5,5 °C) de la température de fonctionnement du séchoir. La quantité d'énergie maximale pouvant être récupérée à l'aide d'un échangeur de chaleur air-air est la chaleur nécessaire pour réchauffer l'air frais provenant de l'extérieur pour qu'elle atteigne la température de fonctionnement du séchoir. Cette valeur correspond aux pertes de l'évent du séchoir et peut représenter entre 10 et 20 p. cent de l'ensemble des besoins en énergie. L'énergie se trouvant dans le courant d'air de sortie représente l'énergie utilisée pour chauffer et évaporer l'humidité du bois et peut représenter entre 50 et 70 p. cent de l'ensemble des besoins en énergie.

**Figure 9-2** Dispositif de circulation d'air muni d'un échangeur de chaleur air-air installé entre les événements d'arrivée et de sortie d'un séchoir à convection forcée



Donc, même en utilisant un échangeur de chaleur efficace, il y a une limite théorique quant à la quantité d'énergie pouvant être récupérée dans le cadre de ce processus. Cette limite théorique d'économies d'énergie est d'environ 8 p. cent pour le séchage du mélange EPS. Dans la pratique, toutefois, beaucoup d'usines ont signalé des économies d'énergie plus élevées, allant de 15 à 25 p. cent. Ce taux plus élevé d'économies d'énergie s'explique probablement par les nombreux avantages secondaires découlant de l'installation de cet équipement. Tout d'abord, le séchoir devient souvent plus hermétique, les fuites autour des portes et des événements étant réduites. De même, l'injection d'air chauffé facilite le maintien d'une température uniforme dans le séchoir, ce qui entraîne un séchage plus uniforme et donc une quantité moins élevée de bois d'œuvre surséché.

Après le chauffage de l'air entrant, il demeure encore une grande quantité d'énergie dans le courant d'air sortant. Cet air chaud et humide pourrait être acheminé vers un autre système d'échange thermique pour répondre à d'autres besoins en chaleur, tels le préchauffage de l'eau d'une chaudière ou le chauffage de l'espace de travail.

L'utilisation d'échangeurs de chaleur air-air n'est pas un concept novateur. Toutefois, dans le passé, les retombées économiques de ce processus n'étaient pas assez intéressantes pour que ces dispositifs soient adoptés à grande échelle. La rentabilité de la pose d'une isolation supplémentaire dépend grandement de la source d'énergie utilisée et de son coût. Un autre facteur pouvant inciter une usine à utiliser des échangeurs de chaleur est l'avantage de libérer une plus grande quantité d'énergie pour alimenter un autre séchoir ou éviter les problèmes lorsqu'il faut répondre à une demande de pointe. Ces situations se produisent généralement plus souvent dans les usines importantes dotées de plusieurs séchoirs.

### Possibilités de conversion à l'énergie de biomasse

Un des avantages dont bénéficie l'industrie des produits du bois en matière de combustibles est qu'elle a facilement accès, gratuitement ou à un très faible coût, aux sous-produits du bois provenant du processus du sciage. La plupart des systèmes de séchage traditionnels et bon nombre des systèmes de séchage non traditionnels permettent, du moins dans une certaine mesure, d'utiliser la chaleur produite par la



combustion de fibres de bois ou d'écorce. Dans le cas des séchoirs à convection forcée, cette chaleur pourrait représenter la principale partie de l'énergie nécessaire.

Toutefois, même dans le cas des systèmes de séchage par déshumidification et sous vide, il est souvent possible de répondre à une partie des besoins en énergie thermique à l'aide d'un système de combustion pouvant être alimenté par des combustibles fossiles classiques ou par des sous-produits provenant de la scierie ou de l'usine de rabotage. Il existe de nombreux systèmes de production d'énergie de biomasse à petite et à grande échelle pouvant facilement être adaptés pour convenir aux applications de séchage du bois. La combustion des déchets ligneux offre un avantage environnemental sur l'utilisation de combustibles fossiles; elle est considérée « neutre en carbone ». L'autosuffisance énergétique et la réduction du « bilan du carbone » de l'industrie sont les principaux sujets qui motivent la recherche de ce type de technologie, et le séchage du bois est l'endroit logique où appliquer ces possibilités.

La biomasse ligneuse a été utilisée dans ce secteur de l'industrie durant de nombreuses années des façons suivantes :

- combustibles de déchets de bois employés pour chauffer des chaudières afin de produire de la vapeur ou de l'huile chaude pour chauffer les séchoirs;
- combustibles de déchets de bois employés pour chauffer des chaudières afin de produire de la vapeur pour les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité, dont la vapeur secondaire est acheminée aux séchoirs;
- brûlage à feu direct employant des particules de rabotage ou un combustible de même nature qui a été réduit dans un broyeur à marteaux pour être brûlé en suspension. Les gaz produits par la combustion sont acheminés directement au séchoir.

Les progrès technologiques récents permettent d'utiliser une vaste gamme de produits de biomasse, avec une efficacité plus grande et différents arrangements thermiques. Voici quelques exemples des technologies offertes :

- des brûleurs à feu direct pouvant fonctionner avec du combustible vert;
- des systèmes de gazéification qui produisent un gaz de combustion propre pouvant être acheminé directement dans le séchoir;
- des systèmes de gazéification du bois servant à alimenter un système à l'huile chaude ou à la vapeur pouvant à son tour être relié à un système de production combinée de chaleur et d'électricité.

### **Technologies du séchage au séchoir**

Jusqu'à présent, les éléments présentés touchaient les possibilités associées aux activités déjà en place de séchage du bois. Cependant, certaines technologies existantes et en cours d'élaboration pourraient être choisies pour de nouvelles activités de séchage afin d'en réduire les besoins énergétiques. En voici quelques exemples :

- En Scandinavie et aux États-Unis, des séchoirs à débit continu sont utilisés depuis de nombreuses années. Des changements récemment apportés à la conception de ces systèmes ont permis de réduire leur consommation d'énergie en récupérant l'air chaud et humide d'une partie du processus et en l'intégrant à une autre section pour répondre aux besoins en chaleur et en humidité. Aucune étude ne documente l'importance des économies d'énergie de ces systèmes, mais un producteur de séchoirs estime ces dernières à 15 p. cent ou plus.

Le concept intéressant utilisé dans ce cas-ci est que l'énergie est utilisée à nouveau dans le processus plutôt que de traverser un échangeur de chaleur, ce qui serait d'une efficacité moindre. Il est possible que les économies liées à ce concept soient plus importantes que l'estimation susmentionnée.

- Le séchage par déshumidification est effectué à l'aide d'une thermopompe de manière à offrir davantage un séchage en « circuit fermé ». L'énergie utilisée pour faire évaporer l'humidité est reprise par la thermopompe. Cette technologie a été utilisée pendant de nombreuses années dans les secteurs du bois franc et du bois à valeur ajoutée. Ce type de séchage permet de réaliser des économies d'énergie pouvant atteindre 50 p. cent comparativement au séchage avec séchoirs à convection forcée traditionnels. Toutefois, les économies financières ne sont pas aussi élevées que dans le cas des autres solutions, car ces systèmes fonctionnent principalement à l'électricité. Au moins un fabricant travaille actuellement à élaborer une thermopompe à températures élevées rendant accessible le séchage par déshumidification à une plus vaste clientèle du secteur du séchage du bois d'œuvre.
- Une amélioration de la conception des ventilateurs et des modifications à la géométrie des séchoirs pourraient réduire davantage les besoins en énergie électrique.

## 9.2 Possibilités de réduction de la consommation d'énergie pour la fabrication de panneaux

Le séchage du bois constitue la principale demande en énergie des usines de panneaux composites, et la biomasse représente la plus importante source d'énergie. Les adhésifs pouvant supporter des concentrations plus élevées d'humidité telles que l'isocyanate (MDI) peuvent générer d'importantes économies pour l'ensemble des usines de produits composites. Toutefois, le MDI est coûteux. Il est nécessaire de poursuivre les recherches pour trouver des adhésifs plus abordables et affichant une plus grande tolérance à l'humidité.

Le séchage du bois constitue un facteur énergétique dans ces usines. La plupart des usines ne produisent que les panneaux dont ils ont besoin pour leurs commandes et n'aiment pas conserver un inventaire trop important. Les gestionnaires d'usines doivent procéder à des changements dans l'épaisseur des panneaux pour répondre aux demandes de leurs clients. Idéalement, les panneaux plus minces nécessitant une température de pressage plus basse sont produits en premier, et la température de la presse est ensuite augmentée graduellement pour permettre de presser les panneaux plus épais. S'il est nécessaire de modifier cet ordre de production pour produire d'abord des panneaux plus épais et finir par des panneaux minces, cela occasionne une grande perte de temps et d'énergie puisque l'équipement fonctionne au ralenti pendant qu'on attend qu'il refroidisse. Cela peut prendre plusieurs heures avant qu'une grande presse ait suffisamment refroidi pour produire des panneaux minces. Pour cette raison, la plupart des usines essaient d'éviter les commandes de dernière minute nécessitant de modifier plusieurs fois l'épaisseur des panneaux. L'utilisation d'un système amélioré d'établissement des horaires de production ou du contrôle de l'inventaire permettrait d'économiser de l'énergie.

Bien que les usines de production de panneaux composites s'efforcent d'employer la totalité de leurs sous-produits, il en demeure toujours une certaine quantité qui pourrait être recyclée dans la production combinée de chaleur et d'électricité. Une tendance semble se développer chez les fabricants de l'industrie manufacturière secondaire qui utilisent ces matériaux, en particulier ceux qui emploient les panneaux de particules, les panneaux MDF et le contreplaqué de feuillus. Les chutes provenant de ces usines sont généralement envoyées au rebut ou au site d'enfouissement. Les considérations environnementales ont maintenant une incidence sur cette pratique. La tendance veut maintenant que de plus en plus de fabricants secondaires demandent aux usines de panneaux de reprendre ces chutes. Une certaine partie de ces matériaux peuvent être recyclés, mais ceux qui ne peuvent l'être peuvent être brûlés pour produire de l'électricité.

Un bon exemple de recyclage est l'usine de production combinée de chaleur et d'électricité située à Calstock, en Ontario, qui utilise une combinaison de chaleur résiduelle du gazoduc de Trans-Canada et



de la combustion de chutes de bois provenant d'usines à proximité pour produire de l'électricité, qui est ensuite vendue au réseau électrique de l'Ontario.

Les sous-sections suivantes décrivent d'autres technologies et pratiques en matière d'économies d'énergie touchant à chacun des types de panneaux.

### **Usines de fabrication de panneaux OSB**

Les plus importants consommateurs d'énergie électrique des usines de fabrication de panneaux OSB sont les trancheuses et les autres moteurs des machines touchant à la préparation des copeaux longs, y compris les écorceuses et les tronçonneuses circulaires multiples. Viennent ensuite les ventilateurs du système de séchage et les moteurs des pompes pour les presses hydrauliques et l'huile thermique du système de chauffage de la presse. Dans certaines usines, l'énergie électrique consommée par le système hydraulique et le système de chauffage du plateau est presque équivalente à l'énergie consommée par l'équipement de conformation des panneaux et la chaîne de conformation. Les combustibles fossiles sont principalement utilisés pour les chariots élévateurs à fourches et les machines de chantier et, parfois, pour alimenter les systèmes de soutien ou les systèmes complémentaires pour le séchage ou l'accumulation de chaleur. Les systèmes d'huile thermique utilisés pour le pressage, l'accumulation de chaleur et les séchoirs à chauffage direct sont les plus importants consommateurs d'énergie de biomasse.

De nombreuses usines de fabrication de panneaux OSB sont tenues d'utiliser certaines espèces de bois comme l'érable et le bouleau, qui nécessitent une plus grande quantité d'énergie à l'étape de la trancheuse que le tremble généralement utilisé pour fabriquer des panneaux OSB. Une utilisation moins importante de l'érable et du bouleau, ou le stockage en bassin ou le prétraitement supplémentaire, pourrait réduire considérablement la consommation d'énergie électrique à l'étape de la trancheuse et augmenter le rendement de la masse de particules en réduisant la quantité de bois de formats non voulus (fines) et des parties inutilisables de la masse de particules. Cela réduirait aussi la consommation de résines coûteuses.

Ce ne sont pas toutes les usines qui gèrent efficacement leur parc à grumes. Ces dernières devraient être triées à la réception de façon à ce que la matière première soit acheminée aux bassins et aux trancheuses à un taux d'humidité idéal, c.-à-d. que les grumes les plus anciennes devraient être utilisées en premier. Cette pratique permet d'économiser l'énergie de la trancheuse et de maximiser l'utilisation de la masse brute de particules. Des grumes au taux d'humidité très élevé augmenteront la demande en énergie des bassins de réserve et des systèmes de séchage des copeaux longs. Les matières premières surséchées augmentent la demande en énergie de la trancheuse et la production de copeaux longs indésirables qui sont sous-dimensionnés.

Nous recommandons aux usines de faire un suivi du taux d'humidité des grumes saisonnières à l'entrée du séchoir en prenant note de la consommation d'énergie et de la production de fines correspondante de la trancheuse et du séchoir, de manière à ce que leur relation puisse être confirmée et quantifiée pour leur utilisation précise.

La trancheuse utilise une quantité importante d'énergie électrique, et au fur et à mesure que son couteau s'émousse, l'intensité du courant utilisé augmente jusqu'à ce qu'il atteigne un certain niveau. À ce stade, la machine s'arrête et de nouveaux couteaux affûtés sont installés. La rotation des couteaux peut être faite d'une à deux fois durant un quart de travail de douze heures, selon les essences de bois des grumes, leur degré de conditionnement et leur degré de congélation. Une saine gestion du parc à grumes et un conditionnement adéquat des grumes peuvent être avantageux dans le cadre de ce processus. Une rotation plus fréquente des couteaux devrait également être envisagée.

Les usines pourraient aussi étudier la possibilité d'élaborer un système de démarrage hybride hydraulique et électrique pour le moteur de la trancheuse comme façon de réaliser des économies sur les tarifs des fournisseurs d'électricité en période de forte demande.

Certaines usines de fabrication de panneaux OSB perdent de la chaleur des bassins de conditionnement des grumes à découvert. Il est recommandé, lorsque cela est possible, de recouvrir les bassins afin de réduire les pertes de chaleur.

Certaines usines utilisent des rideaux à l'allemande en plastique qu'elles placent au-dessus de la chaîne monte-charge où les billes passent des bassins à l'usine pour éviter les pertes de chaleur vers l'extérieur en hiver. Nous recommandons l'utilisation d'une pratique semblable pour les portes-rideaux de l'entrepôt. Il y a perte de chaleur chaque fois que l'on ouvre une porte-rideau à l'arrivée et au départ des camions. Il pourrait être utile d'installer des rideaux à l'allemande en plastique pouvant facilement être poussés sur le côté pour laisser passer les camions. Les murs et le plafond des usines pourraient aussi nécessiter une isolation supplémentaire.

Les moteurs des machines à poncer sont parmi les plus grands consommateurs d'électricité. Certaines usines de fabrication de panneaux OSB doivent encore éviter les panneaux à poncer qui sont « trop épais ». Une optimisation des chaînes de conformation et du contrôle des presses produirait des panneaux d'une épaisseur se rapprochant davantage de celle ciblée, permettant ainsi de réduire les besoins de ponçage et, du même coup, la consommation d'électricité de la machine à poncer et de la matière première, de la résine ainsi que de l'énergie nécessaire au sablage excédentaire.

Il arrive souvent que l'équipement continue de fonctionner, et ce, même si aucune matière n'est traitée. L'installation d'un plus grand nombre d'« yeux magiques » pour arrêter les moteurs des machines lorsqu'elles ne sont pas utilisées pourrait générer des économies d'énergie. Par ailleurs, des moteurs électriques surdimensionnés sont parfois utilisés sur des machines; il faudrait alors considérer l'utilisation de nouveaux moteurs à vitesse variable et d'une puissance adéquate en HP.

Des préchauffeurs à infrarouges sont utilisés dans la production de panneaux de particules et de panneaux MDF. Ces mêmes préchauffeurs pourraient être utilisés avant le pressage des panneaux OSB, ce qui réduirait la durée des cycles de pressage et les coûts d'énergie. Ces préchauffeurs pourraient être installés sur les convoyeurs menant au silo à copeaux humides. Cette pratique pourrait considérablement réduire les besoins en énergie des séchoirs, particulièrement au cours des mois d'hiver. Des préchauffeurs de mats ont été conçus pour un procédé de pressage en continu utilisant un mélange d'air et de vapeur. Ces presses sont utilisées principalement pour produire des panneaux MDF et des panneaux de particules épais. Le procédé de pressage en continu n'est utilisé que dans quelques usines de panneaux OSB. Le préchauffage du mat à une température se situant entre 30 °C et 70 °C pourrait augmenter la capacité de production de 30 à 50 p. cent selon l'épaisseur des panneaux.

Les récents règlements sur la Maximum Achievable Control Technology de l'Environmental Protection Agency (EPA) américaine touchant les émissions des presses, des séchoirs, des chaudières et des brûleurs peuvent tôt ou tard avoir des répercussions sur les provinces canadiennes. En vertu de ces règlements, associés aux normes pancanadiennes proposées sur les niveaux de particules et d'ozone, les producteurs de panneaux OSB et l'ensemble des usines de panneaux composites pourraient être tenus d'apporter des modifications importantes à leurs processus de pressage et de séchage, ce qui aurait d'importantes répercussions positives ou négatives sur la consommation d'énergie.

Les usines de production de panneaux OSB affichent un potentiel considérable pour un système de récupération de la chaleur. Jusqu'à 50 p. cent de l'énergie utilisée par les séchoirs est relâchée dans l'atmosphère. Un système de séchage en circuit fermé a récemment été installé dans une usine européenne de panneaux OSB. Grâce à une nouvelle méthode de séchage, fondée sur la vaporisation et à la réutilisation des gaz de combustion, les émissions de composés organiques volatils ont été réduites de plus de 95 p. cent. L'incinération des matières particulaires des gaz de combustion a aussi eu pour résultat de réduire la consommation de gaz naturel d'environ 6 m<sup>3</sup> par mètre cube de panneaux OSB produits, ce qui représente une réduction de la consommation d'énergie thermique d'environ 12 p. cent.

## Usines de panneaux de particules

Les moteurs des machines, en particulier ceux liés à la conformation et au pressage, et la machine à poncer sont les plus importants consommateurs d'électricité pour la production de panneaux de particules. Le chauffage de l'huile thermique, le séchage et l'accumulation de chaleur sont les principales sources de consommation de biocombustibles, et les combustibles fossiles servent à la manutention dans le parc et dans une certaine mesure au séchage et à l'accumulation de chaleur.

La qualité du fini de surface et la tolérance d'épaisseur constituent deux des caractéristiques les plus importantes des panneaux de particules. Ces caractéristiques sont atteintes par sablage de la surface du panneau sur une épaisseur d'au plus 0,03 po sur chaque côté dans certaines usines plus anciennes. La plupart des machines servant au ponçage des panneaux sont munies de plusieurs têtes leur permettant d'utiliser des papiers abrasifs de différents grains pour produire un fini de surface lisse. Dans une usine type, les machines de ponçage avaient une puissance de 2 770 HP, fournis par 228 moteurs. Les usines plus récentes utilisant des chaînes de conformation et un procédé de pressage en continu modernes sont en mesure de produire des panneaux se rapprochant beaucoup plus de l'épaisseur voulue et ne nécessitant qu'un sablage de 0,01 po de chaque côté, économisant ainsi une quantité importante d'énergie à l'étape du ponçage et générant aussi des économies considérables sur le coût de la colle et de la matière première.

Certains participants à l'enquête ont signalé des pertes de chaleur des brûleurs à l'huile thermique et des cheminées. Dans certaines usines, l'énergie de ces brûleurs est recyclée pour être renvoyée aux séchoirs à masse de particules. Cette façon de recycler l'énergie peut causer des problèmes puisque les cendres volantes des brûleurs peuvent augmenter l'alcalinité de la masse brute de particules, ce qui affectera par la suite le système de collage de la résine urée formaldéhyde. Nous recommandons aux usines de panneaux de particules d'installer des cyclones pour retirer les matières particulaires de cendres volantes produites par les brûleurs ainsi que des échangeurs de chaleur aux endroits où il serait possible de réduire les pertes de chaleur. Les échangeurs de chaleur peuvent aussi servir à réduire la pollution produite par les cheminées d'évacuation des séchoirs. Selon Environnement Canada, les matières particulaires sont considérées comme un contaminant aérien grave.

Une des usines ayant pris part à l'enquête utilise un système de préchauffage infrarouge pour préchauffer les mats conformés des panneaux de particules avant qu'ils ne soient pressés. Cette pratique réduit le temps de pressage et permet d'augmenter la vitesse de production.

Les usines de fabrication de panneaux de particules et de panneaux MDF sont toujours exploitées sous des pressions négatives de l'air ambiant. Cette méthode retire de l'air ambiant le formaldéhyde provenant de la colle des panneaux afin de respecter la réglementation sur la qualité de l'air en milieu de travail. En raison de l'exploitation sous des pressions négatives, une grande quantité de la chaleur de l'édifice s'échappe, particulièrement en hiver. L'utilisation de systèmes d'échangeurs d'air permettant de récupérer la chaleur pourrait avoir un effet semblable à celui d'un préchauffeur infrarouge et devrait être étudiée. Nous recommandons aux usines de se pencher sur la faisabilité et les économies possibles d'énergie liées à la pose d'échangeurs d'air dans le but de récupérer de la chaleur produite par l'édifice, le séchoir et la zone de pressage à chaud, qui autrement serait perdue dans l'environnement.

Les matières premières des panneaux de particules et des panneaux MDF sont généralement stockées à l'extérieur de l'usine sans être recouvertes, sans protection contre les intempéries. Quelques usines au Canada possèdent un local d'entreposage couvert pour leurs matières premières. L'entreposage couvert présente comme avantage que la masse de particules entrant dans le procédé de l'usine a un TH moins élevé, ce qui peut entraîner des économies importantes au séchoir. Une période de séchage plus courte réduit aussi la pulvérisation des particules et la production excessive de matières fines non voulues.

## Usines de fabrication de panneaux MDF

Le raffineur sous pression est la machine qui utilise la plus grande quantité d'électricité dans les usines de fabrication de panneaux MDF, suivi par la machine à poncer et les autres moteurs des machines de transport. La biomasse sert principalement au chauffage de l'huile thermique, au séchage et à l'accumulation de chaleur. Les combustibles fossiles sont également utilisés pour le séchage, l'accumulation de chaleur et la manutention des grumes.

Une réduction de la puissance (en HP) des raffineurs aurait la plus grande incidence sur la consommation électrique de la production des panneaux MDF. Pour la mise à dimension des panneaux, de la cire est ajoutée à l'étape du raffinage pour aider à réduire la friction de la plaque de raffinage. La plaque de raffinage et les pressions d'utilisation du raffineur devraient aussi être suivies comme un autre moyen d'économiser l'énergie en réduisant la friction. D'autres traitements préalables au raffinage peuvent aussi contribuer à réduire l'énergie utilisée à l'étape du raffineur. Le raffinage de certaines essences de bois nécessite une plus grande quantité d'énergie. L'élimination ou la réduction de l'utilisation de ces essences et l'utilisation d'un certain type de prétraitement peut aussi économiser l'énergie à l'étape du raffinage. Une étude sur l'utilisation de systèmes de démarrage hybrides hydrauliques et électriques pour le moteur du raffineur pourrait aussi permettre des économies d'électricité en période de forte demande.

Comme les panneaux de particules, les panneaux MDF doivent avoir une surface très lisse. Les usines dotées des récents procédés de pressage en continu produisent des panneaux affichant une variation moins importante de l'épaisseur et nécessitant un ponçage moins important, ce qui peut entraîner une importante économie d'électricité à l'étape du ponçage.

Les usines de fabrication de panneaux MDF en Amérique du Nord utilisent exclusivement des séchoirs tubulaires qui sont généralement alimentés par de l'huile thermique et chauffés à l'aide de la biomasse. Ces séchoirs sont bien isolés, mais dégagent tout de même de la chaleur dans l'environnement. Certaines sections de ces séchoirs traversent l'usine et transmettent de la chaleur, mais cela n'est pas une pratique courante en raison des risques d'incendie. Ces usines sont aussi exploitées sous une pression négative de l'air ambiant pour réduire les concentrations de formaldéhyde à l'intérieur de l'usine. Les usines de fabrication de panneaux MDF affichent un fort potentiel pour un système de récupération de la chaleur, ce qui pourrait réduire la consommation de biomasse.

10

RÉFÉRENCES





## 10 RÉFÉRENCES

1. NYBOER, John. *A Review of Energy Consumption and related Data in the Canadian Wood Products Industry*, diverses années, un rapport du Canadian Industrial Energy End-use Data and Analysis Centre pour le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne, Association des produits forestiers du Canada, Vancouver, Simon Fraser University, 2009, 65 p. Sur Internet : <<http://www.cieedac.sfu.ca>>.
2. GROUPE INTERGOUVERNEMENTAL D'EXPERTS SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 2006. Sur Internet : <<http://www.ipcc.ch/ipccreports>>.
3. GROUPE INTERGOUVERNEMENTAL D'EXPERTS SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT. *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*, 2003. Sur Internet : <<http://www.ipcc.ch/ipccreports>>.
4. GROUPE INTERGOUVERNEMENTAL D'EXPERTS SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT. *Land Use, Land Use Change and Forestry*, 2000. Sur Internet : <<http://www.ipcc.ch/ipccreports>>.
5. INSTITUT ATHENA. *A cradle-to-gate life cycle assessment of Canadian softwood plywood sheathing*, préparé pour FPInnovations, Division Forintek, Vancouver (C.-B.), 2008.
6. INSTITUT ATHENA. *A cradle-to-gate life cycle assessment of Canadian Oriented Strand Board sheathing*, pour FPInnovations, Division Forintek, Vancouver (C.-B.), 2008.
7. *U.S. Life-Cycle Inventory Database*, (consulté en 2007 et 2008). Site Internet : <<http://www.nrel.gov/lci>>.
8. GARRAHAN, Peter. *Le séchage des sciages du groupe épinette-pin-sapin*, par FPInnovations pour Ressources naturelles Canada, publication spéciale, SP-527E, 2008, 167 p.
9. NIELSON, R. W., J. DOBIE et D. M. WRIGHT. *Conversion Factors for the Forestry Products Industry in Western Canada*, Forintek Canada Corp., Vancouver (C.-B.), 1985.

### **Rapports du Consortium for Research on Renewable Industrial Materials (CORRIM)**

1. MEIL, Jamie, Jim WILSON, Jennifer O'CONNOR, et Jim DANGERFIELD. « An assessment of wood product processing technology advancements between the CORRIM I and II studies », *Forest Products Journal*, vol. 57, n° 7/8, juillet-août 2007.
2. WILSON, Jim. *Forests, Carbon and Climate Change-Exploring the Role of Trees in Reducing Atmospheric Carbon*, un rapport spécial de l'Oregon Forest Resources Institute, Portland (Orégon), OFRI, p. 13, 2007.
3. MILOTA, Michael R., Cynthia D. WEST et Ian D. HARTLEY. « Gate-to-gate Life-Cycle Inventory of Softwood Lumber Production », *Wood Fiber Science*, vol. 37, décembre 2005, p. 47-57.
4. WILSON, James B. et Eric T. SAKIMOTO. « Gate-to-gate Life-Cycle Inventory of Softwood Plywood Production », *Wood Fiber Science*, vol. 37, décembre 2005, p. 58-73.
5. KLINE, Earl D. « Gate-to-gate Life-Cycle Inventory of Oriented Strand Board Production », *Wood Fiber Science*, vol. 37, décembre 2005, p. 74-84.
6. WILSON, Jim. *Medium Density Fiberboard (MDF): A Life Cycle Inventory of Manufacturing Panels from Resource through Product*, rapport final pour le CORRIM Phase II, 2008, 69 p.
7. WILSON, Jim. *Particleboard: A Life Cycle Inventory of Manufacturing Panels from Resource through Product*, rapport final pour le CORRIM Phase II, 2008.

### Autres rapports internationaux

1. ARAUCO. *Declaración de Impacto Ambiental: Proceso de Elaboración de Tablero Contrachapado*, Nueva Aldea (Chili), 2006. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
2. ASERRADEROS JCE S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Planta Remanufactura Aserradero JCE*, Bio Bio (Chili), 2006. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
3. CMPC MADERAS S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Ampliación de la Planta Mulchén*, CMPC Maderas S.A., Bio Bio (Chili), 2004. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
4. CMPC MADERAS S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Planta Contrachapados*, Araucania (Chili), 2005. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
5. FORESTAL SANTA ELENA LTD. *Declaración de Impacto Ambiental: Planta de Secado y Remanufactura de Maderas Forestal Santa Elena*, Angol, Malleco (Chili), 2005. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
6. FORESTAL SANTA ELENA LTD. 2006. *Declaración de Impacto Ambiental: Regularización de Modificaciones y Ampliación de Forestal Santa Elena Ltda. - Planta Nueva Imperial*. <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>. Nueva Imperial, Cautin, Chile.
7. FRÜHWALD, A. et J. HASCH. *Life Cycle Assessment of Particleboards and Fibreboards*, compte-rendu du 2<sup>e</sup> European Wood-Based Panel Symposium du 8 au 10 septembre 1999, à Hannover (Allemagne). Sur Internet : <[www.oekobilanzen-holz.org](http://www.oekobilanzen-holz.org)>.
8. INDUSTRIAL ENERGY EFFICIENCY NETWORK. *Norwegian Industrial Energy Efficiency Network 1998*, Norvège, IEEN, 1998. Sur Internet : <<http://ies.lbl.gov/iespubs/norwegian1998.pdf>>.
9. INDUSTRIAS RIO ITATA II S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Ampliación Planta Paneles Río Itata*, Trehuaco, Bio Bio (Chili), 2008. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
10. LINDHOLM, Eva Lotta. *Energy Use in Swedish Forestry and its Environmental Impact* (thèse de licence), SLU, Département de biométrie et d'ingénierie, Uppsala (Suède), 1997.
11. LOUISIANA PACIFIC CHILE S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Planta elaboradora de tableros de fibra orientada OSB*, Lautaro, Cautin (Chili), 2006. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
12. LOUISIANA PACIFIC CHILE S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Reconstrucción y Modificación Planta de Tableros Panguipulli*, Panguipulli, Valdivia (Chili), 1999. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
13. MASISA S.A. *Reporte de Sustentabilidad 2002-2003*, Las Condes, Santiago (Chili), 2003. Sur Internet : <[www.masisa.com](http://www.masisa.com)>.
14. MASISA S.A. *Reporte de Sustentabilidad 2004-2005*. Las Condes, Santiago (Chili), 2005. Sur Internet : <[www.masisa.com](http://www.masisa.com)>.
15. MASISA S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Nueva Línea de MDF en Masisa S.A., Planta Cabrero*, Cabrero, Bio Bio (Chili), 2005. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
16. MASONITE AB. *Environmental building product declaration: Hardboard, Oil tempered hardboard, Mediumboard and Structural hardboard*, Rundvik (Suède), 1999. Sur Internet : <[www.masonite.se](http://www.masonite.se)>.
17. MASONITE CHILE S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Ampliación de planta de tableros para fabricación de puertas moldeadas*, Cabrero, Bio Bio (Chili), 2002. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
18. PANELES SANTA ELENA S.A. *Declaración de Impacto Ambiental: Planta Paneles Contrachapados*, Angol, Malleco (Chili), 2006. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.
19. POLINCAY EXPORT LTD. *Declaración de Impacto Ambiental: Paneles Polincay La Union*, La Colina, Santiago (Chili), 2006. Sur Internet : <[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)>.

20. RIVELA, Beatriz, Ma Teresa MOREIRA, et Gumersindo FEIJOO. « Life Cycle Inventory of Medium Density Fibreboard », *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 12, n° 3, mai 2007, Springer Berlin/Heidelberg, p. 143-150.
21. STORA ENSO TIMBER SWEDISH SAWMILLS. *EMAS Statement: Interim Statement 2004*, Falun (Suède), 2004. Sur Internet : <[www.storaenso.com/timber](http://www.storaenso.com/timber)>.
22. STORA ENSO TIMBER FINNISH SAWMILLS. *EMAS Statement: Interim Statement 2005*, Porvoo (Finlande), 2005. Sur Internet : <[www.storaenso.com/timber](http://www.storaenso.com/timber)>.
23. SVENSKA CELLULOSA AKTIEBOLAGET. *Environmental and Social Report 2004*, Stockholm (Suède), 2004. Sur Internet : <[www.sca.com](http://www.sca.com)>.
24. TERRANOVA S.A. *Reporte de Sustentabilidad 2002-2003*, Las Condes, Santiago (Chili), 2003. Sur Internet : <[www.terranova.com](http://www.terranova.com)>.
25. UPM. *Corporate responsibility report 2004*, Helsinki (Finlande), 2004. Sur Internet : <[www.upm-kymmene.com/en/](http://www.upm-kymmene.com/en/)>.
26. VANERPLY AB. *Environmental declaration: The Nordic Timber Industry*, Otterbäcken (Suède), 2001. Sur Internet : <[www.vanerply.se/en/](http://www.vanerply.se/en/)>.
27. WISA. *Life Cycle Assessment of WISA-Form Birch*, Lahti (Finlande), 2004. Sur Internet : <[www.wisa.fi](http://www.wisa.fi)>.



# ANNEXES



## ANNEXE 1 : POUVOIR CALORIFIQUE INHÉRENT ET POTENTIEL DE RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE DES SOURCES D'ÉNERGIE

Sources mobiles	Unité	Combustion		Précombustion		Énergie totale et PRP	
		MJ	kg éq CO <sub>2</sub>	MJ	kg éq CO <sub>2</sub>	MJ	kg éq CO <sub>2</sub>
Camion diesel	tkm	1,05254	0,081	0,16279	0,013	1,215	0,094
Train diesel	tkm	0,25061	0,019	0,03876	0,003	0,289	0,022
Camion à essence	tkm	2,03432	0,139	0,29728	0,025	2,332	0,164
Mazout résiduel marin	tkm	0,20557	0,016	0,03189	0,003	0,237	0,019
Carburant aviation (kérosène)	tkm	0,79032	0,053	0,11715	0,009	0,907	0,062
<b>Traitements thermiques industriels</b>							
Charbon anthraciteux	kg	28,90946	2,883	0,80972	0,677	29,719	3,560
Houille bitumineuse et charbon subbitumineux	kg	24,76128	2,783	1,28946	0,157	26,051	2,940
Lignite	kg	15,01247	2,304	1,46594	0,126	16,478	2,430
Biomasse	kg	15,80000	1,840	–	–	15,800	1,840
Diesel	L	38,66215	2,730	5,97966	0,470	44,642	3,200
Mazout léger	L	38,66215	2,730	5,97966	0,470	44,642	3,200
Essence	L	34,87120	2,341	5,09578	0,419	39,967	2,760
GPL	L	26,62030	1,767	3,73801	0,293	30,358	2,060
Gaz naturel	m <sup>3</sup>	38,84866	2,019	3,42582	0,411	42,274	2,430
Mazout lourd	L	41,72836	3,269	6,47331	0,511	48,202	3,780
<b>Électricité</b>							
Électricité canadienne	Énergie primaire en MJ/kWh livrée (inclus 6,8 p. cent de perte en lignes)					5,065	0,283
Électricité de la C.-B.	Énergie primaire en MJ/kWh livrée (inclus 6,4 p. cent de perte en lignes)					0,586	0,034
Les valeurs d'énergie primaire de l'électricité tiennent compte de l'efficacité de transformation du combustible primaire et de la perte des lignes.							
Le PRP inclut toutes les sources de GES anthropiques (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CFC, PFC et SF <sub>6</sub> ).							
Sources : <i>US LCI Database</i> ( <a href="http://www.nrel.gov/lci">www.nrel.gov/lci</a> )							
Fichiers de données de l'Institut Athena ( <a href="http://www.athenasmi.org">www.athenasmi.org</a> ), <i>Inventaire canadien des gaz à effet de serre</i> d'Environnement Canada (2006).							

## ANNEXE 2 : RÉPARTITION DES ESSENCES ET DENSITÉ MOYENNE DU BOIS AU CANADA

Essences principales	Ouest du Canada	Essence	Densité basale (kg/m <sup>3</sup> )*	Est du Canada	Densité basale (kg/m <sup>3</sup> )
Épinette	C.-B., Alb. : blanche et noire avec un peu d'Engelmann dans des zones limitées	blanche	360	Ont., Qc : noire et blanche	360
		noire	406		406
		densité moyenne	383		383
Pin	C.-B. : tordu latifolié Alb. : tordu latifolié avec une proportion non significative de pin gris	tordu latifolié	409	Ont., Qc : gris	421
Sapin	C.-B. : subalpin Alb. : subalpin et un peu de baumier	subalpin	329	Ont., Qc : baumier	335
		baumier	335		
		densité moyenne	332		
Douglas taxifolié		côtier	450		–
Mélèze		occidental	450		–
Peuplier		baumier	–		337
Bouleau		blanc	–		506

\* Voir Nielson, R. W., J. Dobie et D. M. Wright. *Conversion Factors for the Forestry Products Industry in Western Canada*, Forintek Canada Corp., publication spéciale, Vancouver, 1985.

### ANNEXE 3 : FACTEUR DE CONVERSION EN MÈTRES CUBES PAR Mpmp DE BOIS D'ŒUVRE

Dimensions nominales (en po)	Séchage superficiel	Vert en surface	Bois vert brut
	<b>Facteur de conversion*</b> (m <sup>3</sup> /milliers de pieds-planche)		
2x2	1,3272	1,4401	2,380
1x4	1,5486	1,6418	2,333
1x6	1,6222	1,7284	2,318
2x4	1,5486	1,6418	2,380
2x6	1,6222	1,7284	2,364
2x8	1,6038	1,7284	2,368
2x10	1,6369	1,7513	2,371
2x12	1,6590	1,7666	2,372
1x3	1,4747	1,5746	2,318
2x3	1,4747	1,5746	2,364
3x4	1,7205	1,7952	2,364
6x8	1,9099	1,9966	2,371
3x3	1,7205	1,7952	2,349
4x4	1,8066	1,8717	2,380

\* Nielson, R. W., J. Dobie et D. M. Wright. *Conversion Factors for the Forestry Products Industry in Western Canada*, Forintek Canada Corp., publication spéciale, 1985.