Le potentiel de la biomasse forestière comme source d'énergie pour le Canada¹

par David Paré^{2,3}, Pierre Bernier², Evelyne Thiffault² et Brian D. Titus⁴

RÉSUMÉ

L'utilisation de la biomasse forestière comme source d'énergie suscite un intérêt grandissant. Les principaux objectifs de cet article sont de présenter des estimés et des perspectives sur la quantité de biomasse forestière disponible au Canada par rapport à la demande énergétique canadienne et d'examiner le potentiel d'utilisation de cette biomasse pour réduire notre production de gaz à effet de serre (GES). Les estimés publiés sur la quantité de biomasse forestière disponible sous forme de résidus de coupe montrent que cette ressource est importante, mais qu'elle ne constitue néanmoins qu'une fraction de notre demande énergétique. Le potentiel de réduction de nos émissions de GES par l'utilisation de cette biomasse dépend fortement, entre autres choses, de la voie technologique utilisée. La combustion directe pour la production de chaleur et la production concomitante de chaleur et d'électricité (CHP) sont parmi les voies les plus efficaces. La relative rareté de cette ressource nous incite à l'utiliser de façon efficace.

Mots clés : biomasse forestière, résidus, gaz à effet de serre, atténuation, énergie, foresterie durable

ABSTRACT

There is a growing interest in using forest biomass as an energy source. The main objectives of this paper are to give some figures and perspectives on Canadian forest biomass supply with respect to Canada's energy demand and to examine the potential of using this feedstock for reducing our greenhouse gas (GHG) emissions. Published estimates of forest biomass supply as harvest residues are reported and discussed. The range of estimates listed here indicates that this source of energy is important but that it is still a fraction of our energy demands. The potential of using this biomass to reduce our GHG emissions is strongly dependent, among other factors, on the technological pathways that are used, with direct heat production and combined heat and power (CHP) ranking amongst the best options available. The relative scarcity of the resource behooves us to use it efficiently.

Key words: forest biomass, residue, greenhouse gas, mitigation, energy, sustainable forestry

David Paré

Pierre Bernier

Evelyne Thiffault

Brian D. Titus

¹The potential of forest biomass as an energy supply for Canada appeared in *The Forestry Chronicle* Vol. 87, No. 1, Pages 71–76.

²Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055, rue du P.E.P.S., C.P. 10380, succ. Sainte-Foy, Québec (Québec) G1V 4C7.

³Auteur avec qui communiquer. Courriel : dpare@rncan.gc.ca

⁴Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, 506 West Burnside Rd., Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5.

Introduction

L'utilisation de biomasse forestière comme source de bioproduits et surtout d'énergie suscite beaucoup d'intérêt au Canada, et ce, pour plusieurs raisons. D'abord, la récolte et la vente de biomasse et de bioproduits pourraient constituer une source de revenus pour l'industrie forestière qui traverse une période difficile et qui cherche à diversifier ses marchés. Ensuite, l'utilisation de biomasse pour produire de l'énergie permettrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). Enfin, la biomasse forestière constitue une source d'énergie renouvelable disponible et souvent abondante à l'échelle locale. Le Canada bénéficie d'un grand potentiel de bioénergie forestière en raison de sa faible population (34 millions) par rapport à sa vaste superficie de forêts aménagées (plus de 2 millions de km²) et de son important approvisionnement en bois (possibilité annuelle de coupe de 250 millions de m³). Au Canada, le potentiel qu'a la bioénergie forestière de satisfaire les besoins énergétiques de la population est donc élevé par rapport à celui d'autres pays : environ 8 m³ de bois par habitant sont récoltés annuellement au Canada, ce qui place le pays au troisième rang à ce chapitre, derrière la Finlande (14 m³) et la Suède (9 m³), et loin devant d'autres grands producteurs comme les États-Unis et le Brésil (2 m³ chacun), ainsi que la Russie et la République démocratique du Congo (1 m³ chacune) (FAO 2007). Mais cette production suffit-elle à satisfaire la demande en énergie et en produits forestiers (y compris les nouveaux bioproduits)? Le présent article vise à déterminer dans quelle mesure les forêts canadiennes pourraient aider à répondre à la demande énergétique du pays et comment l'utilisation de la biomasse forestière permettrait de réduire nos émissions de gaz à effet de serre. Nous mettons l'accent sur les forêts aménagées sans aborder les perspectives des plantations énergétiques qui en sont encore largement au stade expérimental au Canada.

Estimation de la réserve de biomasse forestière

Dans le contexte bioénergétique, l'expression « biomasse forestière » désigne toute matière biologique qui provient des arbres. La majeure partie de la biomasse récoltée au Canada est constituée de bois rond destiné à la production de produits forestiers traditionnels et les résidus de cette production constituent actuellement la source de bioénergie la plus facilement disponible.

Il existe trois principales sources de résidus forestiers (Röser *et al.* 2008) : 1) les résidus *primaires* sont des sous-produits de l'aménagement forestier traditionnel, comme la biomasse des coupes d'éclaircie, les résidus de coupe, les essences non commerciales et même, dans certains territoires, les souches; 2) les résidus *secondaires* sont des sous-produits de procédés industriels, comme l'écorce, la sciure de bois et la liqueur noire; 3) les résidus *tertiaires* sont des sous-produits de démolition, de construction et de procédés d'emballage. Les estimations des quantités de résidus secondaires dans les usines sont assez exactes, mais ces résidus sont déjà entièrement utilisés dans la fabrication de produits forestiers (pâte et panneaux de particules)

ou la production d'énergie dans les usines. Les municipalités s'intéressent de plus en plus à la valorisation des résidus tertiaires, dont les quantités sont toutefois limitées bien que largement sous-utilisées à l'heure actuelle. Par conséquent, le potentiel d'accroissement de la production de bioénergie forestière dans les conditions actuelles du marché dépend en grande partie d'une récupération accrue des résidus primaires de l'exploitation forestière. Par contre, une plus grande quantité ou d'autres sources de biomasse forestière pourraient être disponibles dans des conditions économiques favorables. Par exemple, la biomasse provenant des activités de remise en état de peuplements et des coupes de récupération effectuées après des perturbations naturelles pourrait servir à produire de l'énergie; une intensification de l'aménagement forestier pourrait accroître la quantité de biomasse provenant de coupes d'éclaircie ou la proportion non utilisée de la possibilité annuelle de coupe, ce qui permettrait de diriger du bois rond vers la production d'énergie; aussi, une augmentation de l'exploitation forestière pour alimenter des marchés en expansion accroîtrait la production de résidus tout au long de la chaîne de valeur.

Les résidus d'exploitation forestière constituent la plus grande source stable potentielle de bioénergie au Canada, mais l'estimation de la quantité disponible est complexe. Plusieurs études ont estimé le volume de ces résidus à l'échelle nationale; certaines de ces estimations sont présentées à la Fig. 1 avec une estimation du volume de bois rond récolté. Ces volumes estimés varient de 30 à 66 millions de m³/an. Il est possible de calculer un rapport de production de résidus d'exploitation (Smeets et Faaij 2007) en divisant les estimations opérationnelles des volumes de résidus de Sidders *et al.* (2008) par les estimations des volumes de bois rond récoltés. Ce rapport se chiffre à 19 % du bois rond récolté pour les résidus de coupe en bordure de route seulement et à 24 % pour les résidus d'usine combinés à ceux de parterre de coupe (Smeets et Faaij 2007).

La plupart des inventaires donnent une estimation théorique maximale de la quantité de résidus d'exploitation forestière disponibles. En pratique, il faut cependant estimer cette

Fig. 1. Comparaison des estimations du volume disponible de résidus de biomasse forestière (en millions de m³/an) et du volume de bois rond récolté en 2007 (RNCAN 2009). (Sidders : Sidders *et al.* 2008; Dymond : Dymond *et al.* 2010; Bauen : Bauen *et al.* 2004; Mabey : Mabey *et al.* 2006; Bradley : Bradley 2009; Wood : Wood et Layzell 2003; É : estimation élevée; B : estimation basse).

quantité en tenant compte de la faisabilité opérationnelle et de la faisabilité économique de la récupération des résidus de parterres de coupe, ainsi que de la quantité à laisser sur le site pour maintenir les fonctions de l'écosystème (Smeets et Faaij 2007). Ainsi, ces trois facteurs concourent à définir le potentiel de récupération des résidus de coupe. Par exemple, Ralevic *et al.* (2010) ont constaté qu'il était techniquement possible de récupérer seulement 25 % à 59 % du volume total de résidus de coupe dans deux sites du nord de l'Ontario. La quantité de résidus de coupe qui peut être récupérée de façon rentable dépend également d'une vaste gamme de facteurs économiques (ex : Grushecky *et al.* 2007).

Les facteurs opérationnels et économiques qui déterminent le taux de récupération des résidus évolueront inévitablement en fonction de l'équipement et des régimes d'aménagement forestier, de la valeur marchande des produits, des subventions et des politiques gouvernementales. Toutefois, les ressources biophysiques à la base de la croissance des forêts (ex : le relief, le climat, la géologie du substratum rocheux et des dépôts meubles, les sols et l'hydrologie) interagissent avec les besoins des espèces pour définir un niveau écologiquement viable de récolte de résidus de coupe. Contrairement aux contraintes opérationnelles et économiques, les ressources biophysiques (et les écosystèmes qui en résultent) sont relativement constantes à l'échelle temporelle des cycles d'aménagement forestier et déterminent donc la récolte potentielle maximale de résidus de coupe. On peut ensuite appliquer les facteurs opérationnels et économiques à cette récolte potentielle maximale afin de préciser les estimations pour un inventaire sur lequel s'appuierait le développement du secteur de la bioénergie forestière au Canada.

Les inventaires des résidus de coupe doivent donc tenir compte des facteurs écologiques. Des préoccupations environnementales pourraient justifier de ne pas récolter d'arbres ou de résidus de coupe dans certaines stations forestières, par exemple, celles pourvues d'un sol à drainage excessif ou à teneur trop faible en matière organique ou en éléments nutritifs, ou celles soumises à des impératifs de biodiversité ou de conservation (Hesselink 2010, Thiffault *et al.* 2010). Ces facteurs peuvent être intégrés à des lignes directrices et à des règlements concernant la récupération des résidus de coupe. Ainsi, certaines autorités prescrivent la proportion de résidus qui doit être laissée sur le site (ex : 20 % en Suède [Skogsstyrelsen 2008] et 30 % en Finlande [Koistinen et Äijälä 2005]) ou identifient les sites sensibles où il ne faut pas récolter les résidus de coupe (ex : Nouveau-Brunswick; Gouvernement du Nouveau-Brunswick 2008). Les pourcentages de conservation des résidus sur les parterres de coupe prévus dans les inventaires peuvent varier de 0 % à 100 % (Titus *et al.* 2009), mais une seule valeur est généralement appliquée à l'échelle du territoire visé (habituellement à l'échelle nationale). Toutefois, l'utilisation de taux spatialement explicites de conservation des résidus devrait accroître l'exactitude des inventaires de biomasse. Dans la seule étude du genre publiée jusqu'à maintenant, l'Agence européenne pour l'environnement a combiné un inventaire forestier spatialement explicite à des facteurs spatialement explicites de qualité de station (propriétés des sols) pour estimer le potentiel de récolte écologiquement viable de résidus de coupe en Europe (European Environment Agency 2006). Sur l'ensemble du territoire de l'Union européenne, l'inclusion de facteurs de qualité de station a réduit de 40 % le volume total potentiel de résidus de

coupe récoltables. Une réduction de 50 % a été appliquée dans l'estimation de Dymond *et al.* (2010) présentée à la Fig. 1.

Comme il a été mentionné plus haut, outre les résidus de coupe, plusieurs autres sources de biomasse seraient facilement disponibles. Ainsi, les arbres non commerciaux abattus durant les activités sylvicoles, le bois mort et les parties de billes non utilisables à d'autres fins industrielles sont potentiellement disponibles, mais leur volume est difficile à évaluer. Le bois récupéré dans des forêts touchées par des perturbations naturelles qui entraînent le remplacement des peuplements pourrait aussi être disponible; selon Dymond *et al.* (2010), le volume de ce bois serait du double de celui des résidus de coupe. La disponibilité locale de biomasse touchée par des perturbations est cependant imprévisible et l'accès aux sites perturbés peut poser problème. Par contre, les résidus de coupe et les résidus des procédés industriels constituent des sources de bioénergie plus fiables, leurs volumes variant d'une année à l'autre largement en fonction des taux de coupe.

Il serait aussi peut-être possible de produire davantage de biomasse forestière de différents types. Bien que souvent négligée, toute hausse de la productivité des forêts découlant d'une intensification de leur aménagement qui permettrait d'accroître la récolte et la transformation de bois se traduirait pas une hausse proportionnelle du volume de résidus disponible. Par exemple, selon le Conseil économique des provinces de l'Atlantique (2003), il serait assez facile de doubler la productivité des forêts sur les terres publiques du Nouveau-Brunswick d'ici 35 ans. Un plus grand nombre de plantations forestières, établies aux bons endroits et avec les bonnes essences, pourrait fournir davantage de biomasse sans nécessairement nuire à l'environnement (synthèse de Paquette et Messier 2010). Le boisement et les plantations bioénergétiques spécialisées pourraient également accroître l'approvisionnement en biomasse forestière, mais l'expansion de ces sources créerait d'autres difficultés.

En conclusion, les résidus de coupe constituent la plus grande source de biomasse forestière facilement accessible pour la production d'énergie, mais leur volume disponible est certainement inférieur au potentiel théorique lorsqu'on tient compte des contraintes écologiques, opérationnelles et économiques. L'écart entre le potentiel théorique et la biomasse effectivement disponible se réduira sans doute au fil du temps en raison de la mise au point de technologies qui amélioreront l'efficacité opérationnelle, de l'acquisition de connaissances sur la quantité de biomasse nécessaire pour soutenir les processus écosystémiques et de la mise en vigueur ultérieure de règlements encadrant une récolte plus intensive. Par conséquent, les données présentées dans cet article ne doivent pas être considérées comme des estimations précises et définitives du volume de biomasse forestière disponible.

Combien d'énergie primaire la forêt peut-elle fournir au Canada?

L'énergie primaire est de l'énergie sous sa forme naturelle (ex : charbon et pétrole bruts et eau) avant sa transformation en combustible ou énergie utilisable (ex : charbon préparé, essence ou diesel et hydroélectricité). En 2005, 12,25 exajoules (10^{18} joules, ou Ej) d'énergie primaire ont été consommés au Canada (RNCan 2006). La bioénergie représentait environ 5 % de ce total, soit 0,59 Ej, dont la majeure partie a été produite et utilisée par l'industrie forestière (Tableau 1). En fait, l'utilisation accrue de liqueur noire et de résidus de bois

Tableau 1. Répartition de la consommation d'énergie primaire par source au Canada en 2005 (RNCan 2006)

	Énergie (Ej)	% du total
Total	12,25	100
Pétrole	4,59	37,5
Gaz naturel	3,44	28,1
Charbon	1,22	10,0
Nucléaire	1,04	8,5
Hydroélectricité	1,20	9,8
Biomasse	0,59	4,8
Résidus de biomasse industriels (pâtes et papiers)	0,46	3,9
Bois de chauffage résidentiel	0,11	0,9

comme sources d'énergie moins coûteuses par l'industrie forestière a donné lieu à une réduction nette de 6 % de la production de GES du secteur forestier de 1980 à 2005, et ce, malgré une hausse de 21 % de la consommation d'énergie (RNCan 2009).

La quantité estimée de bioénergie que pourraient fournir les forêts du Canada est petite par rapport à la consommation totale d'énergie au pays (Fig. 2). La production de bioénergie à partir de tous les résidus des forêts urbaines et de coupe en bordure de route ne représenterait qu'un autre 5 % de la quantité d'énergie produite à partir de combustibles fossiles, soit 4 % de la consommation totale d'énergie au Canada. Si l'on ajoutait à cette estimation toute la production de bois rond du Canada (Fig. 1), les forêts ne fourniraient encore que 18 % de la consommation totale d'énergie du pays (Fig. 3).

L'importance des technologies utilisées

La contribution potentielle de la bioénergie forestière à la satisfaction des besoins énergétiques du Canada présentés dans les figures susmentionnées est encore trop optimiste puisqu'en réalité, une unité d'énergie contenue dans le bois n'équivaut pas à une unité de consommation d'énergie car l'efficacité de conversion de la biomasse forestière en une forme d'énergie utilisable dépend de la technologie utilisée. Les taux d'efficacité de conversion en énergie compilés par le Manomet Center for Conservation Sciences (2010) illustrent bien cette situation : l'efficacité de conversion de bois vert en électricité n'est que de 25 %, celle de la production de chaleur par combustion d'éthanol cellulosique est de 50 %, celle de la cogénération (production combinée de chaleur et d'électricité) à partir de bois vert est d'environ 75 % et celle de la production de chaleur par combustion de granulés de bois est de 80 %. Ces deux dernières filières technologiques étant très efficaces, elles sont actuellement considérées comme les meilleures façons de combler nos besoins énergétiques à partir de biomasse. D'après un calcul effectué à partir des estimations de Sidders présentées à la Fig. 1, la combustion directe des résidus de bois qui ne sont actuellement pas utilisés par l'industrie pourrait combler jusqu'à 24 % des besoins de chauffage du Canada (Fig. 3), ce qui réduirait les émissions de GES ou libérerait de l'électricité à des fins autres que le chauffage. La majeure partie de la consommation de combustibles fossiles au Canada est cependant attribuable au secteur des transports (Fig. 2 et Fig. 3). À quelques exceptions près, toutes les analyses de cycle de vie ont montré que le remplacement du carburant diesel et de l'essence par des biocarburants se traduirait par une réduction nette des émissions de GES (Cherubini

Fig. 2. Comparaison entre la consommation annuelle d'énergie (en EJ) au Canada en 2007 (Office de l'efficacité énergétique 2010) et la quantité d'énergie (barres hachurées) dans les résidus de coupe en bordure de route, en forêts urbaines (Sidders *et al.* 2008) et de bois rond (RNCan 2009), en présumant que 1 m³ de bois vert correspond à 0,58 tonne anhydre (FAO 1999) et qu'une tonne anhydre de bois contient 18 Gj (Ralevic *et al.* 2008).

Fig. 3. Comparaison entre la consommation d'énergie pour le chauffage commercial et résidentiel (chauffage de l'air et de l'eau), la consommation d'énergie pour les transports et l'énergie potentielle contenue dans les résidus de coupe en bordure de route et en forêts urbaines (en EJ). Données provenant de la Fig. 1 (Sidders *et al.* 2008) et 2 (Office de l'efficacité énergétique 2010). Les flèches et les lignes pointillées indiquent la contribution estimée de l'énergie provenant des résidus de biomasse forestière à la satisfaction des besoins selon la technologie actuelle.

2010). Toutefois, les technologies actuelles de conversion de la biomasse forestière en combustibles liquides comme l'éthanol cellulosique présentent une efficacité de conversion de 40 % à 45 % (Manomet Center for Conservation Sciences 2010). Ainsi, bien que les combustibles liquides combleraient une partie de la demande nationale en énergie et qu'ils pourraient être intéressants pour des raisons environnementales et économiques ainsi que sur le plan de la sécurité énergétique du pays, leur efficacité de conversion relativement faible les rendrait moins avantageux et conduirait à une plus petite réduction des émissions de GES que la production de chaleur par des technologies efficaces comme des chaudières efficaces ou la cogénération.

Comment la production de bioénergie à partir de biomasse forestière peut-elle le mieux contribuer à la réduction des émissions de GES?

Comme il a été décrit plus haut, la technologie utilisée pour convertir de la biomasse en énergie utilisable détermine en grande partie la quantité d'énergie obtenue et les avantages d'avoir recours à la biomasse forestière pour réduire les émissions de GES. Les émissions biologiques dues à l'exploitation forestière et les émissions produites par les activités de récolte, de transport et de transformation des résidus forestiers influent aussi sur le potentiel de réduction nette des émissions de GES de la bioénergie, ainsi que sur la viabilité économique des projets. Selon l'analyse du cycle de vie réalisée par Pimentel et Pimentel (2008), la combustion de bois présente un rapport de 1:22 entre l'énergie consommée pour couper, recueillir et transporter le bois à l'usine (le transport représente la majeure partie de cette consommation d'énergie et des émissions connexes de CO₂) et l'énergie produite (Gaboury *et al.* 2009).

Enfin, l'estimation des réductions des émissions de GES qui découlent d'un projet de bioénergie dépend beaucoup de la période sur laquelle on calcule ces réductions. L'utilisation de

biomasse forestière pour remplacer des combustibles fossiles réduit les émissions nettes de CO₂ au fil du temps, mais elle peut accroître les émissions dans un premier temps simplement parce que la combustion de biomasse dégage plus de CO₂ par unité d'énergie produite que la combustion de combustibles fossiles ou parce que l'utilisation de biomasse forestière peut réduire le stockage terrestre de carbone (Fargione *et al.* 2008). Cette notion, appelée dette de carbone, qui peut sembler contre-intuitive au premier abord, peut être illustrée par un simple exemple : la quantité de mazout qui émet 0,8 tonne de CO₂ fournit la même quantité de chaleur que la quantité de granulés de bois qui émet 1,0 tonne de

CO₂ (Manomet Center for Conservation Sciences 2010) parce que le mazout contient plus d'énergie par unité de carbone. Par contre, comme le carbone émis se réaccumule dans la forêt (et pas dans les gisements de combustibles fossiles), au bout d'un certain temps, l'effet net du remplacement de combustibles fossiles par de la biomasse sur le carbone atmosphérique devient neutre, puis favorable. Dans cet exemple, 1 tonne d'équivalent CO₂ de granulés de bois finirait par donner une réduction nette de 0,8 tonne d'émissions de CO₂ dans l'atmosphère par rapport à l'utilisation de mazout. Il est important de souligner que l'énergie provenant du bois n'est pas carboneutre en soi, mais que sa substitution à l'énergie fossile permet de réduire substantiellement notre contribution aux émissions de GES. La période requise pour que les émissions de CO₂ reliées à la production de bioénergie deviennent inférieures à celles de la production d'énergie à partir de combustibles fossiles dépend de plusieurs facteurs que nous ne pouvons pas aborder dans cet article. Cette période peut cependant être assez courte, surtout lorsqu'on utilise des résidus de coupe qui, de toute façon, rejetteraient rapidement le carbone qu'ils contiennent dans l'atmosphère si on ne les récoltait pas. Par exemple, la période requise avant que les émissions nettes de CO₂ de la production de chaleur à partir de résidus de coupe soient inférieures à celles de la combustion de gaz naturel, un combustible relativement efficace, a été estimée à seulement 4 ans pour des forêts boréales de la Finlande (Repo *et al.* 2010).

Conclusion

Par rapport à d'autres matières premières utilisées pour produire de l'énergie, la biomasse forestière nécessite de petites dépenses d'énergie (pour les activités d'aménagement des forêts et de récolte) par unité d'énergie produite et présente donc une efficacité énergétique très élevée (Tampier *et al.* 2005). La biomasse forestière offre un potentiel intéressant et largement inexploité, tant pour combler une partie des besoins énergétiques du Canada que pour réduire les émis-

sions de GES. Bien que le Canada possède de vastes superficies de forêt, il est évident que la biomasse forestière ne peut combler qu'une petite fraction de nos besoins énergétiques actuels. Il nous incombe donc d'utiliser cette ressource de la façon la plus efficace possible par rapport à son impact sur le cycle du carbone. Les réductions les plus importantes des émissions de GES reliées aux combustibles fossiles que permettent les technologies bioénergétiques actuelles seront sans doute obtenues par l'utilisation de la biomasse forestière pour la production de chaleur (combustion directe) ou la cogénération dans des projets communautaires se déroulant à proximité de sources de biomasse forestière.

Références

- Bauen, A., J. Woods et R. Hailes. 2004.** Biopowerswitch! A biomass blueprint to meet 15% of OECD electricity demand by 2020. WWF International and Aebiom. Disponible en ligne : <http://assets.panda.org/downloads/biomassreportfinal.pdf> [dernière consultation le 21 avril 2009].
- Bradley, D. 2009.** Canada report on bioenergy 2008. Environment Canada and IEA Bioenergy Task 40. Disponible en ligne : <http://www.bioenergytrade.org/downloads/canadacountryreportjun2008.pdf>.
- Cherubini, F. 2010.** GHG balances of bioenergy systems – Overview of key steps in the production chain and methodological concerns. *Ren. Energy* 35 : 1565–1573.
- Conseil économique des provinces de l'Atlantique. 2003.** Industrie forestière au Nouveau-Brunswick : Incidence économique possible de propositions pour augmenter l'approvisionnement en bois. Disponible en ligne : <http://www.gnb.ca/0078/apec-f.pdf> [dernière consultation le 27 septembre 2010].
- Dymond, C.C., B.D. Titus, G. Stinson et W.A. Kurz. 2010.** Future quantities and spatial distribution of harvesting residue and dead wood from natural disturbances in Canada. *For. Ecol. Manag.* 260 : 181–192.
- European Environment Agency. 2006.** How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report No. 7/2006. Disponible en ligne : http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_7 [dernière consultation le 21 avril 2009].
- FAO. 1999.** Modèle de l'offre mondiale de fibres. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Disponible en ligne : <http://www.fao.org/docrep/006/x0105f/x0105f00.htm> [dernière consultation le 27 septembre 2010].
- FAO. 2007.** Situation des forêts du monde 2007. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie. Disponible en ligne : <http://www.fao.org/docrep/009/a0773f/a0773f00.htm>
- Fargione, J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky et P. Hawthorne. 2008.** Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319 : 1235–1238.
- Gaboury, S., J.-F. Boucher, C. Villeneuve, D. Lord et R. Gagnon. 2009.** Estimating the net carbon balance of boreal open woodland afforestation: A case-study in Québec's closed-crown boreal forest. *For. Ecol. Manag.* 257 : 483–494.
- Gouvernement du Nouveau-Brunswick. 2008.** Récolte de la biomasse forestière. Disponible en ligne : <http://www.gnb.ca/0078/policies/fmb0192008F.pdf> [dernière consultation le 27 septembre 2010].
- Grushecky, S.T., J. Wang et D.W. McGill. 2007.** Influence of site characteristics and costs of extraction and trucking on logging residue utilization in southern West Virginia. *For. Prod. J.* 57 : 63–67.
- Hesslink, T.P. 2010.** Increasing pressures to use forest biomass: A conservation viewpoint. *For. Chron.* 86 : 28–35.
- Koistinen, A. et O. Äijälä. 2005.** Energiapuun korjuu [En finlandais. Récolte de bois énergie]. Tapio, Helsinki, Finlande. 40 p.
- Mabee, W.E., E.D.G. Fraser, P.N. McFarlane et J.N. Saddler. 2006.** Canadian biomass reserves for biorefining. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 129–132 : 22–40.
- Manomet Center for Conservation Sciences. 2010.** Massachusetts Biomass Sustainability and Carbon Policy Study: Report to the Commonwealth of Massachusetts Department of Energy Resources. T. Walker (éd.). Natural Capital Initiative Report NCI-2010-03, Brunswick, Maine.
- Office de l'efficacité énergétique. 2010.** Guide de données sur la consommation d'énergie. Ressources naturelles Canada, Ottawa, Ontario. Disponible en ligne : <http://www.oee.nrcan-rncan.gc.ca/publications/statistiques/guide09/pdf/guide09.pdf> [dernière consultation le 10 juillet 2010].
- Paquette, A. et C. Messier. 2010.** The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Front. Ecol. Environ.* 8 : 27–34.
- Pimentel, D. et M.H. Pimentel. 2008.** Food, Energy, and Society, 3rd edition. CRC Press, Boca Raton, FL. 380 p.
- Ralevic, P., J. Karau, C.T. Smith et J. Richardson. 2008.** IEA Bioenergy Task 31 Country Report: Canada. Disponible en ligne : http://www.ieabioenergytask31.org/IEA_Bioenergy_Task_31/IEA%20country%20Report-%20Canada%202008-%20Dec.%202008%20Final.pdf [dernière consultation le 27 septembre 2010].
- Ralevic, P., M. Ryans et D. Cormier. 2010.** Assessing forest biomass for bioenergy: operational challenges and cost considerations. *For. Chron.* 86 : 43–50.
- Repo, A., M. Tuomi et J. Liski. 2010.** Indirect carbon dioxide emissions from producing bioenergy from forest harvest residues. *Global Change Bioenergy* 3(2) : 1757–1707. DOI : 10.1111/j.1757-1707.2010.01065.x
- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2006.** Perspectives énergétiques du Canada : scénario de référence de 2006. Disponible en ligne : www.nrcan-rncan.gc.ca/com/resoress/publications/peo/peo2006-fra.pdf.
- [RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2009.** L'État des forêts au Canada. Rapport annuel 2009. Service canadien des forêts, Ottawa, ON.
- Röser, D., A. Asikainen, I. Stupak et K. Pasanen. 2008.** Forest energy resources and potentials. Dans D. Röser, A. Asikainen, K. Raulund-Rasmussen et I. Stupak (éds.). Sustainable use of forest biomass for energy. A synthesis with focus on the Baltic and Nordic Region. pp. 9–28. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Sidders D., B. Joss et T. Keddy. 2008.** Outil cartographique d'inventaire de la biomasse. Disponible en ligne : <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1226509218872&lang=fra>
- Skogsstyrelsen. 2008.** Recommendations for extraction of forest residues and ash recycling. Directive 2-2008 [En suédois]. 33 p.
- Smeets, E.M.W. et A.P.C. Faaij. 2007.** Bioenergy potentials from forestry in 2050. An assessment of the drivers that determine the potentials. *Clim. Change* 81 : 353–390.
- Tampier, M., D. Smith, E. Bibeau et P.A. Beauchemin. 2005.** Identifying environmentally preferable uses for biomass resources. Stage 2 Report: Life-cycle emission reduction benefits of selected feedstock-to-product threads. Natural Resources Canada and National Research Council Canada. 132 p. [January 2005 update of original July 2004 report.] Disponible en ligne : http://www.cec.org/Storage/55/4771_Biomass-StageII-Final.pdf [dernière consultation le 27 septembre 2010].
- Thiffault, E., D. Paré, S. Brais et B.D. Titus. 2010.** Intensive biomass removals and site productivity in Canada: A review of relevant issues. *For. Chron.* 86 : 36–42.
- Titus, B.D., D.G. Maynard, C.C. Dymond, G. Stinson et W.A. Kurz. 2009.** Wood energy: Protect local ecosystems. *Science* 324 : 1389–1390.
- Wood, S.M. et D.B. Layzell. 2003.** A Canadian biomass inventory: Feedstocks for a bio-based economy. Final Report. BIOCAP Canada Foundation, Kingston, ON. 42 p. Disponible en ligne : http://www.agwest.sk.ca/bioproductions/documents/BIOCAP_Biomass_Inventory_000.pdf [dernière consultation le 27 septembre 2010].