

# De biomasse à... **biomascarade**

Pourquoi brûler des arbres  
à des fins énergétiques menace  
le climat, les forêts et la population

# Table des matières

- 03 Faits saillants
- 04 Sommaire
- 05 Recommandations principales
- 06 Introduction
- 07 La dérape vers la *biomascarade*
- 12 Drainage du vivant : Extraire la biomasse menace nos forêts
- 16 L'empreinte climatique de la biomasse : le mythe de la carboneutralité
- 23 Bioénergie forestière: retour à l'Âge de pierre
- 26 De la forêt au biocarburant : la voie de la destruction
- 28 Brûler la biomasse : menace pour la qualité de l'air et la santé
- 30 La bioénergie forestière : une entreprise risquée pour des communautés fragiles
- 33 Feuille de route pour échapper à la « biomascarade ».
- 34 Conclusion
- 36 Références
- 39 Glossaire

**ATTENTION :** Toute comparaison de GES provenant de la combustion de biomasse forestière et celles des énergies fossiles n'implique en aucun cas que Greenpeace encourage l'utilisation des carburants fossiles. Les scénarios de la [R]évolution énergétique proposent une diminution drastique de l'utilisation des énergies fossiles tout en évitant les bioénergies non viables comme la biomasse en provenance des forêts naturelles.

**PHOTO** La nouvelle centrale à la biomasse de Williams Lake en Colombie-Britannique est la plus grande du genre en Amérique du Nord. Avec une capacité de 65MW, la centrale Capital Power brûle plus de 770 000 tonnes de biomasse chaque année.

# Faits saillants

## LES POLITIQUES PROVINCIALES D'APPROVISIONNEMENT EN BIOMASSE FORESTIÈRE SE SONT TRANSFORMÉES EN BIOMASCARADE

- **Les provinces canadiennes ont récemment ouvert** les forêts publiques à l'extraction à grande échelle de la biomasse forestière pour la production d'énergie, sans consultation publique ni balises environnementales adéquates.
- **Les politiques d'extraction de la biomasse** incluent la récolte d'arbres dans des forêts intactes, la coupe d'arbres entiers sains, l'extraction des résidus de coupe forestière et la récolte d'arbres dans des zones d'épidémie et de feu de forêt.
- **La quantité de bois** et d'autres parties d'arbres coupés dans les forêts publiques canadiennes pourrait plus que doubler avec ces nouvelles politiques provinciales.
- **Les pratiques destructrices** encouragées par l'engouement pour la bioénergie forestière menacent la santé des écosystèmes forestiers à travers le pays.

## LES FAUSSES ALLÉGATIONS DE CARBONEUTRALITÉ CACHENT DES IMPACTS CLIMATIQUES MAJEURS

- **La combustion de la biomasse** provenant des forêts naturelles – que ce soit pour l'électricité, le chauffage ou les biocarburants – n'est pas carboneutre, comme les gouvernements et les compagnies le prétendent. La science la plus récente montre que brûler des arbres contribue aux changements climatiques pendant des décennies, voir des siècles, jusqu'à ce que les arbres en régénération soient parvenus à maturité.
- **En comparaison aux centrales au charbon**, pour produire la même quantité d'énergie, les centrales électriques à la biomasse forestière en Amérique du Nord émettent jusqu'à 150 % de plus de CO<sub>2</sub>, 400 % de plus de monoxyde de carbone irritant pour les poumons, et 200 % de plus de particules fines qui causent l'asthme.
- **Les données scientifiques** les plus récentes montrent que la combustion de biocarburants dérivés des forêts du sud de l'Ontario émettra substantiellement plus de GES que l'utilisation de gazoline pendant au moins un siècle.
- **Brûler de la biomasse** en provenance de la forêt boréale est pire pour le climat dû à la lenteur de la régénération forestière et de la fragilité des réservoirs de carbone existants.
- **Les émissions de CO<sub>2</sub>** provenant de la bioénergie forestière sont ignorées par les provinces et le gouvernement canadien parce qu'ils considèrent la combustion de biomasse comme carboneutre. En réalité, ces émissions – environ 40 mégatonnes de CO<sub>2</sub> annuellement au Canada – dépassent celles du parc automobile canadien pour 2009.

## UNE PRODUCTION DE BIOÉNERGIE FORESTIÈRE À GRANDE ÉCHELLE PRÉCIPITERA LE CANADA VERS UN FIASCO ENVIRONNEMENTAL

- **En 2008 au Canada**, seulement 3,4 % de la production totale d'énergie primaire (chauffage et électricité) provenait des forêts. Or, l'équivalent en bois de tous les arbres coupés en 2008 au Manitoba, en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick (47 millions de mètres cubes) a dû être brûlé pour produire cette petite quantité d'énergie.
- **En moyenne, à 100 % de sa capacité**, une petite centrale à la biomasse de 30MW brûlera plus de 470 000 tonnes de bois par année, une quantité équivalente à celle qui serait obtenue par la coupe à blanc de 10 terrains de soccer de forêt quotidiennement.
- **Fournir 15 % de la production** électrique canadienne à partir de la biomasse forestière demanderait la combustion de l'équivalent de tous les arbres coupés en 2008 au Canada (147 millions de mètres cubes).
- **Plus de 560 000 arbres** devraient être coupés chaque jour pour fournir le biocarburant (E85) nécessaire pour alimenter l'ensemble des voitures canadiennes. Annuellement, cela voudrait dire doubler la quantité de bois extraite des forêts canadiennes.
- **Les exportations de granules de bois** du Canada vers l'Europe se chiffraient à 1,2 million de tonnes en 2010, une augmentation de 700 % en moins de huit ans. Il est à prévoir que la capacité de la production canadienne de granules devrait être multipliée par dix d'ici 2020.

## LA BIOÉNERGIE FORESTIÈRE DOIT RESTER À PETITE ÉCHELLE

- **Les opérations de grande envergure** de bioénergie forestière ne sont pas profitables sans subventions gouvernementales substantielles. Pourtant, l'industrie de la biomasse forestière génère 80 % moins d'emplois que la foresterie « traditionnelle ». De plus, ce secteur se trouve en compétition avec les énergies réellement propres et renouvelables comme les mesures d'efficacité énergétique et les énergies éolienne, solaire et géothermique.
- **La combustion de résidus industriels**, comme les sciures et les écorces, en remplacement des carburants fossiles pour des systèmes de chauffage locaux à petite échelle, constitue la façon la plus efficace d'utiliser la biomasse forestière.

# Sommaire

**L'engouement mondial** pour les bioénergies est alimenté par un soudain attrait pour tous les matériaux provenant du vivant – ou « biomasse » – pour produire chaleur, électricité et carburants. Dans un monde où les réserves de carburants fossiles déclinent et les prix de l'essence sont à la hausse, industries et gouvernements se tournent avec hâte vers une ancienne source d'énergie : les arbres. Traditionnellement au Canada, la bioénergie forestière servait à la production locale (à petite échelle) de chaleur et d'électricité afin d'alimenter les usines de sciage et de pâte et papiers en utilisant les résidus des usines. Ce n'est plus le cas aujourd'hui.

**Depuis peu, ce secteur** se dirige vers l'usage industriel à grande échelle des forêts naturelles pour la production d'énergie. C'est là la conséquence des nouvelles politiques et subventions gouvernementales pour l'extraction de la biomasse forestière. En l'absence d'audiences publiques, de données scientifiques exhaustives ou de balises environnementales adéquates, les gouvernements provinciaux ont alloué à la combustion de grands volumes de biomasse en provenance des forêts publiques, changeant radicalement la façon dont les forêts sont utilisées au Québec comme dans le reste du Canada. Cette transition réduit en cendre des possibilités d'emplois et l'émergence d'un secteur forestier durable basé sur la création de produits à valeur ajoutée.

**Les prémisses sur lesquelles** l'industrie de la bioénergie forestière se base – c'est-à-dire que de brûler des arbres constitue une source d'énergie propre et « carboneutre » – vont à l'encontre de la science la plus récente et doivent être mises au rancart. L'exploitation forestière à des fins énergétiques augmente les émissions de carbone vers l'atmosphère et contribue aux changements climatiques pour des décennies, voire des siècles. Le Québec et le Canada ne comptabilisent pas ces réelles émissions de gaz à effet de serre (GES) en supposant qu'elles n'ont pas d'effet sur le climat. S'assurer que l'empreinte climatique de la bioénergie forestière soit bel et bien comptabilisé est crucial si les gouvernements veulent s'attaquer aux changements climatiques et atteindre les cibles de réduction de GES en 2020 et 2050. La combustion de bois à grande échelle constitue en outre un risque à la santé humaine dû à d'importantes émissions toxiques de particules fines, de monoxyde de carbone et de métaux lourds.

**Puisque d'énormes quantités** de biomasse forestière sont nécessaires afin de produire de petites quantités d'énergie, des impacts écologiques majeurs sur la santé et la biodiversité des forêts sont à prévoir si cette « ruée vers l'or vert » continue sa trajectoire actuelle. Ce rapport démontre que la biomasse forestière ne peut et ne doit pas remplacer les carburants fossiles à grande échelle. La production d'électricité à partir de bois est inefficace, alors que la transformation des arbres en biocarburant pour le transport entrainera un impact sur de vastes régions forestières.

**Il est urgent** que les instances provinciales réévaluent les soi-disant bénéfiques environnementaux de la bioénergie provenant de la forêt ainsi que sa place dans le portefeuille énergétique. Dans une série de recommandations, Greenpeace vise à remettre le secteur de la bioénergie forestière dans le droit chemin en soulignant l'importance de mettre l'accent sur les résidus industriels plutôt que de se fier directement sur les forêts. Ce rapport peut aider les décideurs à rediriger adéquatement cette filière au Québec, au Canada et ailleurs dans le monde avant de plonger l'industrie forestière dans une nouvelle controverse environnementale.

# Recommandations principales

## LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX DOIVENT :

- **Imposer un moratoire** sur l'approbation de nouveaux projets bioénergétiques et procéder à une révision des projets existants, de leurs allocations en bois, et de leurs impacts sur les communautés, le climat et les forêts ;
- **Interdire la récolte d'arbres entiers** et exclure les arbres debout de ce qui est défini actuellement comme « biomasse forestière » : qu'ils soient ou non utilisables commercialement, sains, incendiés ou malades, les arbres debout ne doivent pas être utilisés pour l'énergie ;
- **Abandonner le faux concept** de la « carboneutralité », effectuer des analyses complètes et indépendantes de cycle de vie et comptabiliser les GES à chaque année afin d'inclure le délais de recapture du carbone dans l'évaluation des projets de bioénergie forestière ;
- **Empêcher l'utilisation** de la biomasse forestière pour la production unique d'électricité et assurer que la chaleur produite dans les installations de bioénergie forestière soit récupérée efficacement et localement ;
- **Augmenter l'investissement** dans de meilleures alternatives comme les programmes d'efficacité énergétique, l'éolien, les énergies solaires et la géothermie compte tenu du rôle limité que peut jouer la bioénergie forestière ;
- **Proscrire la production** de biocarburant cellulosique obtenue directement de la biomasse des forêts ;
- **Favoriser les produits forestiers** de haute valeur ajoutée afin d'optimiser la création d'emplois, minimiser l'extraction de la ressource et développer des solutions durables pour les communautés forestières.

# Introduction

En tentant d'échapper à notre dépendance aux carburants fossiles, les instances publiques se ruent vers de nouvelles sources d'énergie. Au cours de la dernière décennie, une longue liste de matières biologiques – arbres, résidus d'usine, récoltes agricoles, aliments, tourbières, algues, etc., autrement appelées « biomasse » – est ciblée comme sources alternatives de production de chaleur, d'électricité et de biocarburants. Dans un grand pays comme le Canada, où les forêts couvrent plus de 40 % du territoire<sup>1</sup>, la filière de la biomasse forestière pour l'énergie – ou « bioénergie forestière » – prend rapidement de l'expansion<sup>2</sup>. L'utilisation de la biomasse forestière pour la production de chaleur et d'électricité est déjà largement répandue au Canada, aux États-Unis et dans l'Union européenne. Les biocarburants forestiers – c'est-à-dire l'éthanol cellulosique ou le biocarburant de deuxième génération – font encore face à des limitations technologiques et à des coûts élevés. Avec l'innovation technologique et les nouveaux investissements, les biocarburants forestiers pourraient jouer un rôle majeur dans les années à venir.

## Greenpeace et le boom des bioénergies

Greenpeace, comme plusieurs grands groupes environnementaux, a reconnu depuis longtemps le rôle que certains types de biomasse peuvent jouer dans le portefeuille des énergies renouvelables. Cependant, dans ses rapports *[R]évolution énergétique*, Greenpeace montre que, à l'échelle planétaire, seules certaines sources spécifiques de biomasse peuvent être bénéfiques pour l'environnement et seulement en suivant des balises environnementales strictes<sup>3</sup>. Dans le cas de la biomasse forestière, seuls les résidus d'opération de scieries et d'usines de pâte et papier ainsi que le bois de résidus de la construction constituent la matière première utilisée dans les scénarios de la *[R]évolution énergétique*. Greenpeace n'endosse pas la tendance actuelle de s'approvisionner directement dans les forêts naturelles. Nous sommes d'avis que la filière bioénergétique met en péril sa crédibilité en continuant de prétendre fallacieusement, à des fins de promotion, les concepts de « carboneutralité » et d'énergie « propre » et en ignorant les risques posés, au climat, à la biodiversité et la qualité de l'air.

## Pourquoi une ruée vers l'or vert ?

Plusieurs facteurs expliquent l'engouement pour la bioénergie à partir des forêts :

- Un pétrole plus cher et de plus en plus difficile à trouver ;
- Désir de diversification des produits et marchés de l'industrie forestière ;
- Développement de biocarburants de 2<sup>e</sup> génération à partir de cellulose ;
- Subventions gouvernementales substantielles ;
- De fausses allégations « vertes » quant à la carboneutralité des bioénergies ;
- D'importantes failles dans le système de comptabilisation des émissions de GES provenant de la biomasse et dans les politiques qui les encadrent (en Europe comme en Amérique du Nord) ;
- Une campagne bien orchestrée d'écoblanchiment par les gouvernements et l'industrie.

# La dérapée vers la « biomascarade »

## Les allégations :

La bioénergie forestière provient **SEULEMENT** des résidus de scieries et des débris de coupe laissés en forêt.

## La réalité :

Les provinces canadiennes participent à une *biomascarade* en ouvrant la porte aux coupes à blanc de grande envergure, à la coupe de récupération et à des pratiques de récolte dommageables qui pourraient doubler l'empreinte de l'industrie forestière sur des écosystèmes forestiers déjà endommagés. Des arbres entiers et de grands espaces forestiers sont coupés actuellement pour la combustion de bois pour l'énergie.

« Les objectifs de cette politique sont [...] d'optimiser l'utilisation des ressources forestières en encourageant l'utilisation de biofibre forestière pour la production d'énergie [...] La biofibre forestière inclue les cimes et les branches d'arbres, les arbres abimés, les arbres individuels ou les peuplements non utilisables sur le marché ou sans valeur commerciale, et les arbres à récupérer après une perturbation naturelle. »

RESSOURCES NATURELLES DE L'ONTARIO, 2008<sup>4</sup>

**PHOTO** Cette usine de granules à St-Félicien au Québec transforme directement des arbres entiers pour la combustion. Les producteurs de granules à travers le pays utilisent jusqu'à 70 % de biomasse provenant directement de la forêt pour la production de granules.

Traditionnellement, la biomasse forestière est utilisée par l'industrie forestière elle-même: les résidus de scierie et d'usines de pâte et papier (écorce, sciures, copeaux de bois, liqueur noire de pulpe, etc.) sont brûlés pour la production de chaleur et d'électricité à l'usine ou parfois vendus au réseau électrique<sup>5</sup>. Cependant, le marasme actuel qui sévit dans le secteur de l'industrie forestière, la croissance rapide de la demande de sources additionnelles de biomasse forestière pour l'énergie, la compétition grandissante entre les manufacturiers de biomasse et la tentative de diversification du portefeuille de produits de l'industrie forestière ont amené plusieurs provinces canadiennes à instaurer de nouvelles politiques d'approvisionnement en biomasse dans les forêts publiques<sup>4-12</sup>.

Sans le bénéfice d'audiences publiques ou d'études d'impact environnemental, les nouvelles politiques implantées dans des provinces comme le Québec, la Colombie-Britannique, l'Ontario et la Nouvelle-Écosse ont ouvert prématurément la porte à l'extraction de biomasse forestière pour l'énergie. Ce passage de l'utilisation de résidus à l'usine vers la récolte à des fins énergétiques directement en forêt représente un changement majeur dans la façon dont les forêts sont utilisées au Québec comme dans le reste du Canada. Or l'extraction de biomasse en forêt est en train de se transformer rapidement en une pratique destructrice d'envergure industrielle.

LE SECTEUR FORESTIER A TRADITIONNELLEMENT UTILISÉ LES RÉSIDUS À L'USINE POUR PRODUIRE DE L'ÉNERGIE LOCALEMENT (CHALEUR ET/OU ÉLECTRICITÉ). CETTE RÉALITÉ EST EN TRAIN DE CHANGER.

## BIOMASSE FORESTIÈRE



SCIURES



ÉCORCES



RESTANTS DE COPEAUX



GRANULES, COPEAUX



BIOGAZ



BIOCARBURANT (ÉTHANOL CELLULOSIQUE)

CHAUFFAGE ET ÉLECTRICITÉ

TRANSPORT

BIOMASSE FORESTIÈRE RENDUE DISPONIBLE PAR LES NOUVELLES POLITIQUES D'EXTRACTION DANS CERTAINES PROVINCES CANADIENNES EN COMPARAISON AVEC LA RÉCOLTE ANNUELLE CONVENTIONNELLE ET LEURS EMPREINTES CUMULATIVES POTENTIELLES

Province	Bois « traditionnel » récolté en 2008-2009 (m <sup>3</sup> /an) <sup>1</sup>	Biomasse rendue disponible par les nouvelles politiques de récolte (m <sup>3</sup> /an)	Extraction potentielle de biomasse comparée à la coupe « traditionnelle » (%)	Superficie de l'empreinte cumulative potentielle* (ha/an)
Ontario <sup>7</sup>	12 039 000	11 000 000**	89	177 000
Québec <sup>10</sup>	23 718 000	16 800 000***	71	176 000
Colombie-Britannique <sup>11</sup>	61 805 000	52 000 000****	85	231 000
Nouvelle-Écosse <sup>13</sup>	4 883 000	6 500 000	135	52 000
Alberta <sup>12</sup>	19 736 000	9 500 000	49	84 000

\* Les zones impactées par la coupe par province en 2008 sont répertoriées dans le *Rapport sur l'état des forêts au Canada*<sup>1</sup>. Cette estimation de l'empreinte de surface suppose que seulement 50 % de l'extraction de biomasse impactera des zones qui n'ont pas déjà subi un impact, tandis que l'autre 50 % sera extrait des mêmes régions où la coupe a déjà lieu et n'ajouteront donc pas à l'empreinte de surface. Dans les zones non traditionnelles (ilots non commerciaux, zones incendiées, etc.), une valeur moyenne plus élevée de 300 mètres cubes/ha est utilisée au lieu de la moyenne pan canadienne de 202 mètres cubes/ha<sup>1</sup> puisque les branches et les cimes des arbres sont aussi récoltées.

LES POLITIQUES DE RÉCOLTE DE BIOMASSE  
À TRAVERS LE CANADA ONT OUVERT  
LA PORTE À L'EXTRACTION D'À PEU PRÈS  
TOUT CE QUI Pousse EN FORÊT:



DÉBRIS DE COUPE  
FORESTIÈRE



ARBRES ENTIERES  
COMMERCIAUX  
NON RÉCOLTÉS



ARBRES ENTIERES NON  
COMMERCIAUX



ARBRES INCENDIÉS  
OU MALADES



RÉGIONS SUSCEPTIBLES  
AUX PERTURBATIONS  
NATURELLES



ARBRES COUPÉS  
LORS D'ÉCLAIRCIS  
PRÉ COMMERCIAUX

\*\* Voir : *New Competition for Wood Supply in Ontario*. En juin 2011, plus de 4 millions de mètres cubes étaient déjà directement (granules, biocarburant) ou indirectement (centrale énergétique, cogénération) alloués à des projets de bioénergie.

\*\*\* Excluant tous les volumes de coupe de récupération dans les zones incendiées ou malades.

\*\*\*\* Incluant 20 500 000 mètres cubes par année dans des régions infestées pendant plus de 20 ans par le dendroctone du pin.

## La « biomascarade » exportée vers l'Europe

Le Canada, avec 33 usines de production de granules à travers le pays, était en 2010 le quatrième plus grand producteur après les États-Unis, l'Allemagne et la Suède, et le deuxième plus grand exportateur<sup>5</sup>. Les exportations de granules des forêts canadiennes vers les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Belgique totalisaient environ 1,2 million de tonnes en 2010, dont jusqu'à 70 % provenait de fibres extraites directement en forêt<sup>5</sup>. Les exportations vers l'Europe ont vu une augmentation de 700 % en moins de huit ans. Selon la *Wood Pellet Association of Canada*, la capacité de production canadienne de granules devrait avoir augmenté de dix fois d'ici 2020<sup>5</sup>. Cette brusque hausse de la bioénergie continue, même si une étude récente du cycle de vie de ces exportations montre que 40 % du contenu énergétique des granules est dilapidé pendant la transformation et le transport avant même d'atteindre leur destination dans des centrales au charbon à travers l'Europe<sup>15</sup>. De nouvelles centrales thermiques à la biomasse apparaissent, alors que d'autres sont converties du charbon aux granules de bois. La centrale Tilbury (au Royaume-Uni), par exemple, qui sera convertie pour brûler de 2 millions (selon le promoteur RWE<sup>16</sup>) à 7 millions (selon une évaluation indépendante<sup>17</sup>) de tonnes de granules de bois par année, deviendra la plus grande centrale électrique à la biomasse du monde et importera les granules de bois des forêts du Canada et d'ailleurs.



PHOTO Cette centrale  
au charbon des Pays-Bas  
brûle le charbon en  
co-combustion avec de  
la biomasse forestière  
du Canada.



## Le virage ontarien vers la combustion des forêts pour l'énergie

En 2008, le gouvernement ontarien a lancé la « directive pour la biofibre forestière », dont l'objectif était « d'encourager l'usage de la biofibre forestière pour diminuer la dépendance de l'Ontario vis-à-vis des carburants fossiles et réduire les coûts énergétiques grâce au développement de projets de bioénergie et de biocarburants<sup>4</sup> ». Suite à des appels d'offres en 2009, 11 millions de mètres cubes furent rendus disponibles, dont les deux tiers proviennent d'arbres entiers commerciaux non récoltés dus aux années creuses du marché du bois<sup>6-7</sup>. Cette nouvelle politique implique que des arbres qui auraient auparavant été sélectionnés pour la production de produits forestiers seront coupés pour la production de bioénergie. Cent trente et une compagnies canadiennes et internationales ont proposé 143 installations (55 % pour des granules de bois)<sup>18</sup>. Avec la coupe déjà en cours, l'extraction de ces volumes de bois et d'autre biomasse pourrait avoir un impact sur à peu près 177 000 hectares de forêt chaque année, soit environ 683 terrains de soccer par jour\*. En juin 2011, plus de 4 millions de mètres cubes avaient déjà été alloués à des projets directement (granules, biocarburant à partir de la biomasse forestière) ou indirectement (centrale énergétique, cogénération à partir des rejets industriels) liés à la production de bioénergie<sup>20</sup>. Parmi les principales allocations, on retrouve 280 000 mètres cubes / année d'arbres et branches à déchiqeter et transformer en granules par Atikokan Renewable Fuels Inc. Cette compagnie fournira potentiellement la nouvelle centrale électrique à la biomasse Atikokan, qui sera convertie de la combustion du charbon à la combustion de pure biomasse forestière<sup>21</sup>. Cette centrale de 210 MW brûlera approximativement 1 250 000 tonnes de bois annuellement (pour une opération à mi-temps). D'autres projets sont en marche, incluant 620 000 mètres cubes d'arbres entiers pour une usine à granules à Thunder Bay et 1 150 000 mètres cubes pour du biocarburant cellulosique dans la région de Sault Ste-Marie<sup>20</sup>.

\* Un terrain de soccer moyen mesure 7 140 mètres carrés ou 0,714 hectare<sup>19</sup>.

**PHOTO Les zones de perturbations naturelles comme les forêts incendiées sont dans la mire des promoteurs de biomasse à cause des nouvelles politiques provinciales d'extraction de biomasse.**

« Il existe deux types de biomasse forestière disponible au Québec : 55 % de bois debout (trunks sans valeur commerciale ou non récoltés par l'industrie forestière) et 45 % de cimes d'arbres et de branches. »

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES  
ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC, 2009<sup>9</sup>

Bien que la plupart des promoteurs de la bioénergie, y compris les agences gouvernementales, affirment avec insistance que la bioénergie forestière s'alimente de « déchets » forestiers, la biomasse forestière est issue d'à peu près n'importe quoi en forêt qui ne soit pas déjà utilisé pour produire papier, pâte ou bois d'œuvre (à l'exception des souches d'arbres).

## LA RUÉE VERS L'OR VERT

Pour assurer des investissements dans ce nouveau secteur risqué, les gouvernements ont dû garantir un approvisionnement stable alors que les résidus d'usine se font plus rares à cause d'une baisse du marché en foresterie traditionnelle. En ouvrant la porte à la récolte d'arbres sans valeur commerciale (par exemple des arbres malades, des espèces de faible valeur économique, des arbres de forme irrégulière, etc.) et à d'autres nouveaux approvisionnements, la quantité de biomasse rendue disponible s'est élevée à des niveaux sans précédent. Avec des volumes d'allocation de biomasse à peu près équivalents ou même supérieurs au bois « traditionnel » récolté en 2008-2009, les nouvelles politiques de récolte de biomasse pourraient doubler l'empreinte industrielle dans les écosystèmes forestiers. À ce jour, aucune province n'a coupé les volumes maximaux, surtout par manque d'infrastructures et à cause d'obstacles économiques<sup>5</sup>.

Parce qu'il s'agit d'un nouveau secteur financièrement risqué, des pratiques à bas prix et dommageables l'emportent déjà sur des opérations plus durables et à plus petite échelle. Comme le soutient Gordon Murray, directeur général de la *Wood Pellet Association of Canada*, la rentabilité des usines de granules est maximale pour des installations qui produisent annuellement 500 000 tonnes et plus dans de grosses usines qui s'approvisionnent de plus en plus en arbres entiers<sup>14</sup>. Ainsi, en Nouvelle-Écosse, des coupes se font actuellement **spécifiquement** dans le but de fournir de la biomasse pour la bioénergie. En Colombie-Britannique, la demande de grandes quantités de biomasse pousse à l'accélération de la « coupe de récupération » dans les forêts infectées par le dendroctone du pin. Au Québec et en Ontario, la « coupe par arbres entiers », technique qui implique que les arbres sont retirés de la forêt et ébranchés sur le bord du chemin, reprend en popularité pour les projets de bioénergie.

## Les solutions :

### LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX DOIVENT :

- Modifier leur définition de « biomasse forestière » en retirant toute référence aux arbres debout (qu'ils aient une valeur commerciale ou non) dans leurs politiques d'approvisionnement ;
- Imposer un moratoire sur l'approbation de nouveaux projets bioénergétiques et procéder à une révision des projets existants, de leurs allocations en bois, et de leurs impacts sur les communautés, le climat et les forêts ;
- Organiser des audiences publiques pan-provinciales sur l'utilisation des forêts publiques pour générer de l'énergie ;
- Développer à l'échelle provinciale des normes spécifiques à chaque écosystème, des valeurs guide et des critères basés sur les études d'impact environnemental.

*« Avec une industrie forestière en détresse, et des menaces chroniques de fermeture d'usines, les provinces voient maintenant la bioénergie comme une alternative socio-économique valable à la foresterie traditionnelle. »*

BRADLEY, 2010<sup>5</sup>

# Drainage du vivant : extraire la biomasse menace nos forêts

## Les allégations :

La bioénergie forestière est durable, car elle n'utilise que les « déchets » forestiers.

## La réalité :

Il n'y a pas de « déchets » en forêt. La biomasse forestière est cruciale pour maintenir la fertilité des sols, la productivité forestière et la biodiversité. Son extraction à grande échelle mine l'aspect « renouvelable » de cette ressource et dégrade la santé de l'écosystème forestier.

« [...] Le temps est venu pour les gouvernements d'appliquer le principe de précaution dans l'allocation de la biomasse forestière [...] »

HESSELINK, 2010<sup>23</sup>

« À l'heure actuelle, ni les gouvernements provinciaux ni les programmes de certification n'offrent de normes adéquates pour une récolte et une production de bioénergie durable. »

LATTIMORE ET AL. 2010<sup>25</sup>

**PHOTO** La récolte par arbre entier, où l'arbre complet est coupé, apporté sur le bord de la route et débarrassé de ses branches, est la méthode la plus rapide d'extraction de la biomasse, mais c'est aussi la plus dommageable pour nos forêts.

Plus de 1 000 000 d'hectares de forêt sont coupés en moyenne chaque année au Canada, alors que plus de 30 000 000 d'hectares constituaient en 2008 des zones impactées par le feu ou les épidémies d'insectes<sup>22</sup>. Quel impact l'extraction de biomasse à grande échelle et l'augmentation de la coupe auront-elles sur la santé des forêts publiques ? Plusieurs chercheurs en écologie forestière soulignent le rôle clé que jouent les forêts dans la régulation des cycles hydrologiques, la préservation de la biodiversité et la séquestration du carbone<sup>23-25</sup>. Une augmentation de la demande de bois pour la production de bioénergie, en plus de la demande déjà existante pour les produits forestiers, menace les forêts du Canada et d'ailleurs.

## L'ENGRAIS DE NOS FORÊTS

Le sol est crucial pour la productivité forestière, le recyclage des nutriments, la régénération forestière et la stabilité de l'écosystème – et la biomasse, pour sa part, est l'ingrédient-clé de la fertilité des sols<sup>26-27</sup>. Alors que l'industrie de la bioénergie se targue d'utiliser seulement les « déchets » en forêt, or de telles choses n'existent pas dans la nature. Dans les forêts naturelles, les branches d'arbres et les feuilles ou les aiguilles qui retournent au sol contiennent la majeure partie des minéraux essentiels comme le potassium, le magnésium et le calcium et des éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore<sup>27-28</sup>. Les débris ligneux représentent la source principale de carbone

organique des sols<sup>29-31</sup>. Des études montrent que chaque année dans les forêts de l'Ouest canadien, jusqu'à 90 % de l'azote total des sols de surface provient des feuilles, des aiguilles et des petites branches<sup>28, 32</sup>. Pour garantir la productivité forestière et la repousse après une perturbation, il est essentiel de maintenir l'afflux de nutriments et de matières organiques dans l'écosystème<sup>26-27, 32</sup>. Ceci est impossible lorsque de grandes quantités de biomasse – et les nutriments qu'elles contiennent – sont retirés de la forêt.

La littérature scientifique confirme l'impact négatif de la récolte forestière sur la chimie du sol, ses propriétés physiques, le recyclage de nutriments, la productivité forestière, et la régénération<sup>29, 33-53</sup>. Par exemple, Paré et al (2002) montrent que la récolte d'arbres entiers, grandement favorisée par les nouvelles méthodes d'extraction de la biomasse (voir l'encadré ci-dessous), mène à une perte plus grande de nutriments : de 250 % à 700 % supérieure à ce qui se perd en récoltant seulement le tronc et en laissant sur le site les branches et la cime des arbres<sup>27</sup>.

Stupack et al (2007) ont démontré que les pertes de nutriments occasionnées par la coupe d'arbres entiers sont de l'ordre de six à sept fois supérieures à celles qui surviennent avec la récolte du tronc seulement<sup>54</sup>. Zummo et Friedman (2011) mettent en évidence que les forêts intactes contiennent jusqu'à 50 % plus de carbone dans leurs sols de surface et 45 % de plus d'azote que les zones de coupe à blanc<sup>53</sup>. Eriksson et Hallsby (1992) avancent que l'augmentation de l'usage des résidus de coupe pour l'énergie pourrait provoquer l'abaissement des réserves de carbone dans les sols et l'humus forestiers<sup>55</sup>.

D'autres études montrent que le retrait de la biomasse dans une forêt réduira sa capacité à tamponner l'acidité des pluies et pourrait provoquer dans plusieurs cas une baisse de productivité<sup>25, 57-58</sup>. Suite à la coupe forestière et aux pluies acides actuelles et passées, plus de la moitié des forêts de l'est du Canada ont des sols au niveau d'acidité critique, ce qui fragilise la santé forestière<sup>59</sup>. La nouvelle ruée vers la biomasse, associée à la coupe traditionnelle, pourrait hypothéquer le concept même d'énergie « renouvelable » pour la biomasse en menaçant la régénération des écosystèmes. Les provinces doivent se montrer d'une prudence extrême pour assurer la santé de la forêt et des communautés qui en dépendent.

## LA MATRICE DE LA VIE EN FORÊT

La biomasse forestière est un fondement essentiel pour toute vie en forêt<sup>61-62</sup>. Que ce soit sous la forme d'arbres morts encore debout, de débris de bois grossiers ou d'arbres et d'arbustes vivants, cette biomasse abrite et nourrit la toile de la vie en permettant la survie des populations de bactéries, de champignons et moisissures, d'insectes, d'oiseaux et de mammifères<sup>36, 38-39, 49, 63-68</sup>. Par exemple, en Scandinavie, plus de 5 000 espèces dépendent directement des débris de bois au sol<sup>69</sup>. Dans la forêt boréale canadienne, tout comme dans les forêts mixtes et tempérées du sud du Canada, cette même connexion intime entre biomasse et biodiversité façonne les écosystèmes forestiers. Son extraction affecte directement un grand nombre d'espèces.

## IMPACTS D'UNE AUGMENTATION DE L'EXTRACTION DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

Effets directs	Effets indirects
Perte de nutriment en retirant le bois	Perturbation des habitats fauniques
Perturbation des sols et compactage	Érosion
Régénération de nouveau peuplement	Lessivage
Exposition des sols et de la litière forestière	} <i>Modification des cycles des nutriments</i>
Augmentation des risques de feux et de la pollution de l'air	

Tiré de Van Hook et al., 1982<sup>66</sup>



## Les nouvelles politiques de récolte de biomasse encouragent les mauvaises pratiques forestières

Les nouvelles politiques de biomasse dans des provinces comme le Québec et l'Ontario encouragent la « coupe par arbre entier », une technique décriée par la communauté scientifique depuis des décennies due aux dommages écologiques qu'elle cause par ses impacts sur le recyclage des nutriments<sup>23, 27, 51, 58</sup>. Parce qu'il est plus rentable, plus facile et plus commode de couper un arbre entier, de l'ébrancher sur le bord de la route, d'utiliser le tronc pour le bois et le reste (cime et branches) pour l'énergie, l'essor de la biomasse encourage cette technique destructrice<sup>23</sup>. En conséquence, les techniques moins dommageables de récolte de débris sur le parterre de coupe sont fortement désavantagées par rapport aux récoltes d'arbres entiers<sup>23</sup>. De plus, les régions incendiées et malades, comme les secteurs impactés par le dendroctone du pin en Colombie-Britannique ou par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est du Canada, deviennent des cibles de plus en plus fréquentes pour l'extraction de biomasse malgré le fait que ces forêts fragiles ont besoin de temps pour récupérer de ces perturbations naturelles<sup>60</sup>.

PHOTO Cette coupe à blanc avec extraction de biomasse, effectuée par la compagnie Northern Pulp Inc. en Nouvelle-Écosse et certifiée SFI, montre à quel point l'empreinte cumulative des coupes forestières et de la bioénergie peut avoir des effets dévastateurs sur la forêt.



**PHOTO** Les débris de coupe sont des éléments clés pour maintenir la fertilité des sols et tamponner l'acidité des pluies acides.

*« L'extraction de bois mort comme combustible forestier diminuera la quantité de bois mort dans le paysage. Parce que le bois mort et le bois en décomposition ont été identifiés comme un facteur clé d'explication de la menace qui pèse sur plusieurs espèces vivantes en forêt, l'extraction des carburants forestiers pourrait accentuer cette menace. »*

JONSELL, 2008<sup>61</sup>

L'extraction de la biomasse, additionnée à la coupe traditionnelle, a des effets directs et cumulatifs sur les habitats, la richesse des espèces et la résilience de l'écosystème<sup>23, 66, 70-74</sup>. La coupe traditionnelle cause déjà des impacts sérieux sur certaines espèces à cause de la fragmentation et du changement de structure et de composition de la forêt<sup>75-92</sup>. Le retrait des débris de bois grossiers, des arbres sans valeur commerciale ou des résidus de coupe ne fait qu'accroître la pression sur la biodiversité<sup>62, 74, 93</sup>.

### SEUILS D'EXTRACTION DE LA BIOMASSE

Face à ces impacts, la littérature scientifique pose évidemment la question: combien de biomasse peut-on enlever dans une forêt sans affecter sa productivité et sa biodiversité? La réponse à peu près sans équivoque: ça dépend. Effectivement, cette question dépend beaucoup du site, de la fertilité du sol et de sa fragilité, de la biodiversité, de l'état de la forêt, de la pente, des perturbations passées, des techniques de récolte, etc. Alors que la plupart des estimés de disponibilité de la biomasse forestière reconnaissent que plus de 50 % de celle-ci doit être laissée sur le site pour en assurer la durabilité<sup>94-96</sup>, les recherches démontrent que certains sites ne peuvent supporter de façon durable quelque extraction de biomasse que ce soit<sup>25, 50, 56, 58, 97-99</sup>.

Ces études montrent que les forêts aux sols peu profonds, sablonneux, mal drainés, à faible niveau de nutriments ou très acides et les régions à pluies acides sont extrêmement sensibles à l'extraction de biomasse. Pour ces forêts, le principe de précaution devrait guider les prises de décision<sup>23</sup>. L'imposition d'une limite de récolte de – au maximum – 25 % des débris de bois après la coupe doit être appliquée pour que la bioénergie forestière soit considérée un tant soit peu verte ou durable. Par contre, puisque plusieurs écosystèmes forestiers ne peuvent tolérer aucune récolte de biomasse, les seuils devraient être spécifiques pour chaque site considéré.

## La demande en biomasse menace les forêts intactes

Les forêts intactes, de plus en plus rares au Québec et dans le reste du Canada, sont d'une importance névralgique pour la préservation de la biodiversité et le maintien de l'équilibre climatique<sup>100-102</sup>. Elles constituent des écosystèmes riches en espèces et denses en carbone et sont les mieux outillées pour résister aux changements climatiques<sup>103-107</sup>. De plus, les forêts vierges abritent des espèces en danger, comme le caribou forestier et sont d'une valeur culturelle inestimable. Les opérations de coupe montent rapidement vers le nord et les dernières forêts intactes disparaissent à vue d'œil<sup>108</sup>. Le boom de la bioénergie, stimulée par des politiques d'extraction et des subventions des plus généreuses, augmentera la pression sur ces forêts. Même si l'approvisionnement en biomasse n'aura peut-être pas lieu dans des endroits intacts reculés, des politiques comme celles de l'Ontario (voir l'encadré « Le virage ontarien »), amèneront les opérations de coupe plus au nord dans les dernières forêts intactes pour assurer l'approvisionnement en bois.





## Les solutions :

### LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX DOIVENT :

- Proscrire la coupe par arbre entier ;
- Ne jamais permettre l'extraction de plus de 25 % de résidus de coupe et reconnaître la nécessité d'un pourcentage plus bas encore et même l'interdiction de toute récolte de ces débris dans la plupart des cas, afin de protéger la fertilité des sols et la biodiversité ;
- Interdire l'approvisionnement à partir de forêts intactes ;
- Interdire l'approvisionnement à partir de forêts aux sols peu profonds, sablonneux, mal drainés, à faible niveau de nutriments, ou aux sols très acides ou situées dans des régions aux précipitations acides abondantes et/ou à pente abrupte ;
- Interdire l'approvisionnement en feuilles et aiguilles riches en nutriments, pour éviter le lessivage ou une perte de la fertilité au sol ;
- Adapter le plan d'aménagement au cas par cas pour fournir des balises environnementales adéquates ;
- Là où l'extraction de biomasse est permise, encourager sa collecte lorsque les sols sont gelés afin d'éviter le compactage et de s'assurer que les feuilles restent sur place.

# L'empreinte climatique de la biomasse : le mythe de la carboneutralité

## Les allégations :

La combustion de biomasse est bonne pour le climat parce qu'elle est carboneutre, c'est-à-dire que ses émissions de GES sont nulles.

## La réalité :

La combustion de biomasse émet d'immenses quantités de CO<sub>2</sub> tandis l'extraction de biomasse perturbe les réserves forestières de carbone. La bioénergie forestière entraîne des conséquences climatiques sur des décennies, voire plus d'un siècle après la combustion, jusqu'à ce que le carbone émis soit recapté.

*« [...] la production de bioénergie n'est pas efficace à court terme pour diminuer les émissions atmosphériques. »*

REPO ET AL. 2011<sup>117</sup>

*« Plusieurs traités internationaux, lois et règlements nationaux, évaluent incorrectement la bioénergie en considérant qu'elle cause dans son ensemble une réduction de 100 % des émissions, quelle que soit la source de biomasse utilisée. Cette erreur se perpétue en excluant des limites nationales d'émissions ou des exigences des émissions du secteur de l'énergie, les GES de la bioénergie. »*

SCHLESINGER ET AL. 2010<sup>121</sup>

**PHOTO** Les émissions moyennes de GES provenant de petites centrales électriques à la biomasse au Canada sont de 269 000 tonnes, l'équivalent des émissions de 67 500 autos rajoutées sur les routes du pays.

La combustion du bois émet beaucoup de gaz carbonique. Chaque tonne de bois brûlé (à une humidité de 45 %) émet en général une tonne de CO<sub>2</sub><sup>113</sup>. Aux États-Unis, il a été démontré que les centrales électriques à la biomasse actuelles émettent jusqu'à 150% de plus de CO<sub>2</sub> que si elles brûlaient du charbon et 400 % plus de CO<sub>2</sub> que si elles carbureraient au gaz naturel<sup>\*113-115</sup>.

Même dans les centrales de cogénération, où la chaleur générée par la biomasse remplace celle qui provenait de combustibles fossiles, jusqu'à 200 % plus de carbone est relâché en moyenne en comparaison à une même quantité d'électricité et de chaleur dérivée du gaz naturel<sup>113</sup>. Il est à noter que ces mesures sont prises à la cheminée et que les émissions peuvent grandement varier selon les technologies employées. Un nouveau rapport du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (GIEC) montre que de nouveaux processus plus efficaces peuvent réduire significativement les émissions de GES à la cheminée<sup>116</sup>.

\* Évidemment, ces comparaisons sont présentées comme références et n'impliquent pas que le charbon ou le gaz naturel soient de meilleures solutions à la crise du climat. Cependant, bien que l'élimination du charbon soit prioritaire, le remplacer par la biomasse ne peut être présenté comme une meilleure solution climatique à cause des émissions de CO<sub>2</sub> plus élevées par unité de production d'énergie. Greenpeace défend une diminution drastique de tous les combustibles fossiles dans ses scénarios de la *Révolution énergétique*<sup>3</sup>.

Au Canada, selon les centrales électriques de biomasse elles-mêmes, les émissions moyennes à la source pour les petites centrales (15-30MW) sont en moyenne de 269 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par centrale par année<sup>118</sup>, l'équivalent de l'ajout de 67 500 voitures au parc automobile canadien. Cependant, les gouvernements et les promoteurs de la biomasse répliquent que la combustion du bois est « carboneutre » parce que les arbres repousseront et refixeront éventuellement le carbone émis pendant la combustion. Également, certains ajoutent que le carbone stocké dans la biomasse aurait été émis de toute façon à travers la décomposition. Ainsi, les gouvernements provinciaux et le Canada ne comptabilisent pas ces émissions de GES provenant de la bioénergie en assumant le simple concept de « carboneutralité ». Les émissions de GES ne sont pas incluses dans le total de l'Inventaire national sur les GES mais font plutôt l'objet d'un mémo en annexe<sup>119</sup>. Cette méthodologie a pour résultat que des émissions de l'ordre de 40 mégatonnes par année<sup>119</sup>, c'est-à-dire l'équivalent de toutes les émissions du parc automobile canadien en 2009\*\*, sont littéralement cachées par nos gouvernements.

Le concept « carboneutre » entraîne selon plusieurs chercheurs une importante erreur de comptabilité du carbone et un nombre croissant d'études reconnaît l'inexactitude de la « carboneutralité » et l'urgence d'en corriger les nombreuses failles<sup>53, 110, 117, 122-130</sup> puisque :

1. Les arbres qui sont coupés auraient continué à capter du carbone de l'atmosphère pendant plusieurs années si laissés debout. La coupe et l'extraction de biomasse court-circuitent le cycle du carbone<sup>111, 131-132</sup>;
2. Il faut plusieurs décennies, même des siècles, pour que les forêts se régénèrent et recapturent le CO<sub>2</sub> qui a été relâché d'un seul coup lors de la combustion<sup>111, 117, 128, 131, 133-134</sup>. L'importance de ce délais de recapture est souligné par les nouveaux travaux du GIEC sur les énergies renouvelables<sup>116</sup>;

\* Ce mémo explique que les quantités de biomasse brûlées à des fins énergétiques sont comptabilisées, mais que leurs émissions de CO<sub>2</sub> subséquentes sont considérées « zéro » puisque provenant d'un « aménagement durable ».

\*\* Les émissions de CO<sub>2</sub> des voitures à essence et au diesel en 2008 étaient de 41Mt<sup>120</sup>.



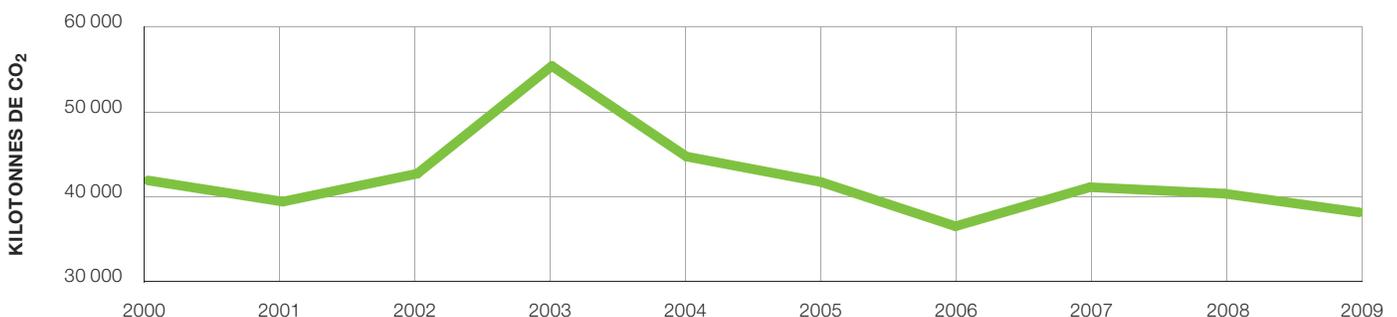
**PHOTO** Alors que les émissions de carbone issues de la combustion de la biomasse forestière sont très élevées et qu'il faudra des décennies pour être recapturées par des forêts en croissance, les gouvernements continuent à ignorer ces émissions et à défendre l'illusion de la « carboneutralité ».

#### ÉMISSIONS MOYENNES DE CO<sub>2</sub> DE DIFFÉRENTS TYPES DE CENTRALES AUX ÉTATS-UNIS POUR DIFFÉRENTS CARBURANTS\*

	Biomasse forestière <sup>113</sup>	Charbon <sup>3, 113</sup>	Gaz naturel <sup>3, 113</sup>
<b>Centrale électrique</b> (KgCO <sub>2</sub> /MWh)	1 464	744-991	354-374
<b>Centrale de cogénération</b> (KgCO <sub>2</sub> /MMBtu)	129	–	66,1
<b>Centrale</b> (KgCO <sub>2</sub> /MMBtu)	129	–	62,4

\* Les émissions en provenance de la perturbation des sols forestiers et autres étapes du cycle de vie ne sont pas incluses

#### ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ISSUES DE LA COMBUSTION DE BIOMASSE TELLES QUE RÉPERTORIÉES DANS L'INVENTAIRE NATIONAL, MAIS NON COMPTABILISÉES DANS LES ÉMISSIONS CANADIENNES TOTALES<sup>119</sup>



« [...] Maintenant que nous savons que l'électricité issue de la biomasse récoltée dans les forêts de Nouvelle-Angleterre n'est pas "carboneutre" dans un délai acceptable compte tenu de notre mandat légal de couper les émissions de gaz à effet de serre, nous devons réévaluer nos incitatifs à la biomasse. »

IAN BOWLES, SECRÉTAIRE À L'ÉNERGIE  
ET À L'ENVIRONNEMENT DU MASSACHUSETTS<sup>144</sup>

## Facteurs déterminant l'empreinte climatique de la combustion de biomasse

Différents scénarios de production de bioénergie forestière peuvent mener à des impacts très variables sur le climat<sup>116</sup>. Ces impacts peuvent se mesurer avec une analyse complète du cycle de vie, de la récolte à la régénération complète de la végétation. Généralement, ce qui détermine la véritable empreinte carbone de la combustion de biomasse dépend de :

- La nature de la biomasse utilisée (rejets industriels, débris de coupe, arbres entiers, etc.) ;
- Ce qui serait arrivé si cette biomasse n'avait pas été brûlée pour l'énergie ;
- Quel type d'énergie est produit/remplacé ;
- L'efficacité du système de production d'énergie ;
- Quelles autres options sont disponibles, incluant la conservation et l'efficacité et/ou d'autres façons de produire/fournir cette énergie ;
- Jusqu'à quel point et à quelle vitesse la forêt peut repousser après la récolte, incluant la régénération des sols.

Il faut de toute urgence réévaluer le potentiel de la bioénergie et son empreinte climatique globale. Produire une évaluation approfondie de son empreinte implique, au minimum, d'effectuer une analyse complète de son bilan carbone en comparaison avec les autres options de production d'énergie.

3. Les émissions indirectes en provenance de la récolte de biomasse forestière (l'érosion, la décomposition accélérée, etc.) réduisent encore plus les réservoirs forestiers de carbone, tandis que les pertes en nutriments et en carbone ralentissent la régénération<sup>53, 111, 134-135</sup> ;
4. Le carbone de la biomasse forestière reste dans les forêts intactes pendant des décennies, même pendant la décomposition. Une grande partie de ce carbone est recyclée dans le sol, ce qui permet à la prochaine génération d'arbres de mieux séquestrer le carbone de l'air, alors que le reste est relâché très lentement<sup>117, 136-137</sup> ;
5. De grandes quantités d'énergies sont nécessaires pour extraire, transformer, sécher et transporter la biomasse, ce qui ajoute à l'empreinte climatique globale de la bioénergie forestière<sup>130, 138-141</sup>.

## URGENCE DE RÉAJUSTER LES POLITIQUES SELON LA SCIENCE LA PLUS RÉCENTE

Comme Johnson (2009) l'a fait remarquer, récolter des forêts entières pour les brûler à des fins énergétiques, sans tenir compte de quelque émission que ce soit, est absurde et ignore un grand contentieux de littérature scientifique<sup>124</sup>. Déjà dans les années 90, plusieurs articles décrivaient des méthodes et des cadres spécifiques pour comptabiliser le carbone émis par la production de bioénergie forestière<sup>110-111, 122, 133-134, 142-143</sup>. Suivre les variations des stocks forestiers dans les scénarios de comptabilisation de carbone, actuellement complètement négligées parce que considérées « carboneutres », est la méthode qui devrait être privilégiée. La recherche récente montre comment inclure ces stocks forestiers de carbone dans les scénarios de comptabilisation<sup>113, 117, 123-124, 126, 128</sup> et les agences gouvernementales doivent au plus vite montrer la voie et cesser d'utiliser le faux concept de « carboneutralité ».

Les provinces canadiennes devraient s'inspirer de l'État du Massachusetts qui a confié, en 2009 au Centre Manomet pour les sciences de la conservation, le mandat de produire une analyse de l'empreinte climatique de la biomasse et d'évaluer des normes potentielles pour les émissions de carbone biogénique. Après avoir découvert que les émissions de GES de la biomasse pour l'électricité seraient pires que de continuer à brûler du charbon pendant plusieurs décennies<sup>127</sup>, l'État a proposé de nouveaux règlements qui restreindront l'éligibilité des installations énergétiques de biomasse à des crédits d'énergie renouvelable<sup>144</sup>. La comptabilisation par le gouvernement canadien des émissions de GES provenant de la foresterie, de la bioénergie

« [...] Pour les forêts de faible productivité dont une grande partie de la biomasse est à la surface, la stratégie la plus efficace (pour minimiser les augmentations du CO<sub>2</sub> atmosphérique) est la protection de la forêt existante. »

MARLAND AND MARLAND, 1992<sup>111</sup>

« L'extraction de la biomasse forestière pour son utilisation comme carburant ne peut prétendre à la carboneutralité, malgré la régénération active des forêts récoltées. Les changements du terrain associés à la récolte, en particulier une augmentation de la respiration du sol, doivent être incorporés dans les calculs du bilan carbone. »

ZUMMO AND FRIEDMAN, 2011<sup>53</sup>

et de l'extraction de la biomasse forestière est un échec. La méthodologie utilisée ignore le délais de recapture du carbone et la dette de carbone encourue par la production d'énergie provenant la forêt, ce qui va à l'encontre des prises de position scientifiques et bénéficient aux pollueurs tout en encourageant la diminution drastique des réservoirs de carbone forestiers. Pour s'attaquer aux changements climatiques, l'humanité ne dispose pas de décennies ou de siècles en réserve. Il est crucial de réduire immédiatement les émissions de GES. Retarder ces réductions en attendant que les arbres repoussent constitue une façon irresponsable de faire face à la crise climatique actuelle.

### BIOMASSE BORÉALE : LE PIRE SCÉNARIO POSSIBLE

La forêt boréale joue déjà un rôle précieux pour faire face globalement aux changements climatiques en séquestrant et en gardant en réserve des quantités énormes de carbone<sup>100</sup>. La biomasse extraite de cet entrepôt de carbone constitue l'un des pires approvisionnements sur la planète dû à :

- La faible productivité et la repousse lente de la forêt boréale résultant du climat froid et d'un enneigement prolongé<sup>145</sup> ;
- Au fait que la forêt boréale est l'un des plus vastes réservoirs terrestres de carbone au monde et la plus grande partie de ce carbone s'accumule dans ses sols fragiles<sup>100, 146</sup> ;
- Les faibles taux de décomposition en forêt boréale<sup>117, 147</sup> ;
- La coupe traditionnelle impose déjà une grosse empreinte environnementale en forêt boréale, avec la plus grande partie des récoltes dans les paysages forestiers intacts<sup>100, 148</sup>.

L'extraction de biomasse en forêt boréale, que ce soit par la collecte de débris de bois laissés après la coupe ou la récolte d'arbres debout, diminuera les réserves forestières de carbone<sup>53, 135, 149-151</sup> et intensifiera de façon dramatique la quantité de carbone émis dans l'atmosphère lors de la combustion<sup>117</sup>. Ce carbone serait autrement demeuré en forêt pour des siècles au lieu d'être relâché d'un coup.



**PHOTO** La forêt boréale est l'un des plus vastes réservoirs terrestres de carbone au monde. La plus grande partie de ce carbone s'accumule dans ses sols fragiles.

## La coupe de récupération accélère les émissions de carbone en Colombie-Britannique

La Colombie-Britannique fut la première province canadienne à se précipiter dans la biomascarade en permettant une récolte à grande échelle d'arbres entiers dans des forêts ravagées par le dendroctone du pin (*Dendroctonus ponderosae*). Ces écosystèmes, qui ont subi l'impact de l'une des plus vastes épidémies d'insectes dans l'histoire récente du Canada, elle-même due à un climat en changement<sup>157</sup>, sont coupés à blanc par le biais de la coupe de récupération, principalement destinée à l'exportation de granules vers l'Europe<sup>5</sup>. Le gouvernement provincial estime que plus de 20 millions de mètres cubes de biomasse affectée par le dendroctone seront disponibles pour la récolte annuellement jusqu'en 2020<sup>11</sup>. Kurz et al. (2008) suggèrent que plus de 50 millions de tonnes de carbone seront retirées des forêts de Colombie-Britannique par le biais de la coupe de récupération, ce qui amoindrira encore des réserves de carbone déjà affectées<sup>157</sup>. Sachant que la plupart des forêts affectées seront utilisées pour la bioénergie et que le carbone correspondant sera relâché très rapidement dans l'atmosphère par combustion au lieu d'une décomposition lente en forêt, la coupe de récupération à grande échelle en Colombie-Britannique, peut-être profitable pour l'industrie des granules, serait désastreuse pour notre climat et nos forêts.

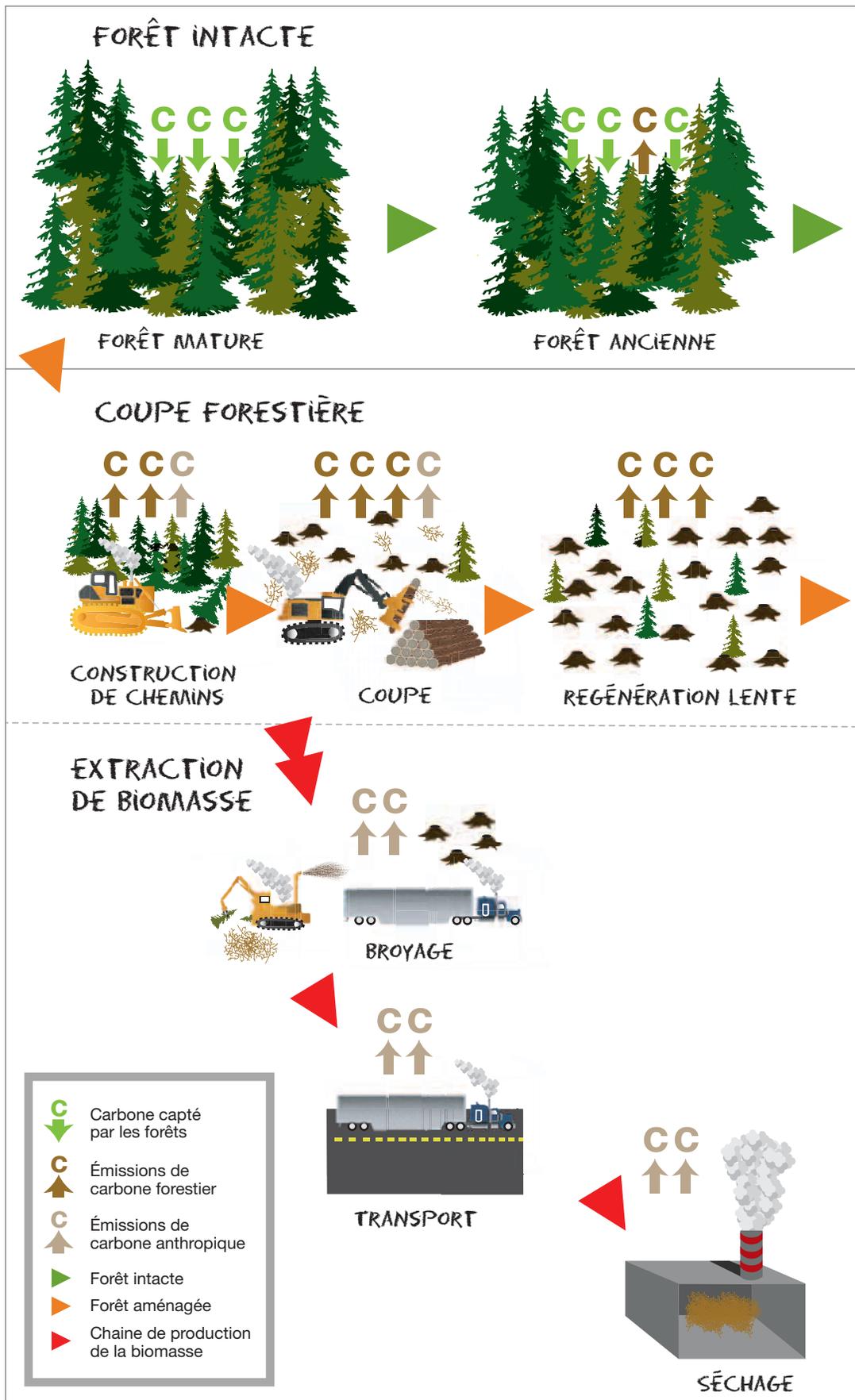
### CONTRASTES DE TEMPS EN RELATION AVEC LA BIOMASSE BORÉALE ET SA COMBUSTION

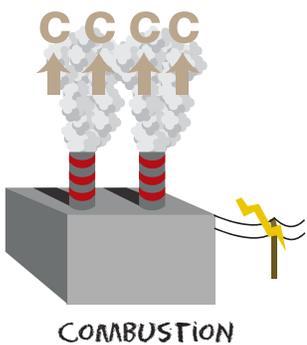
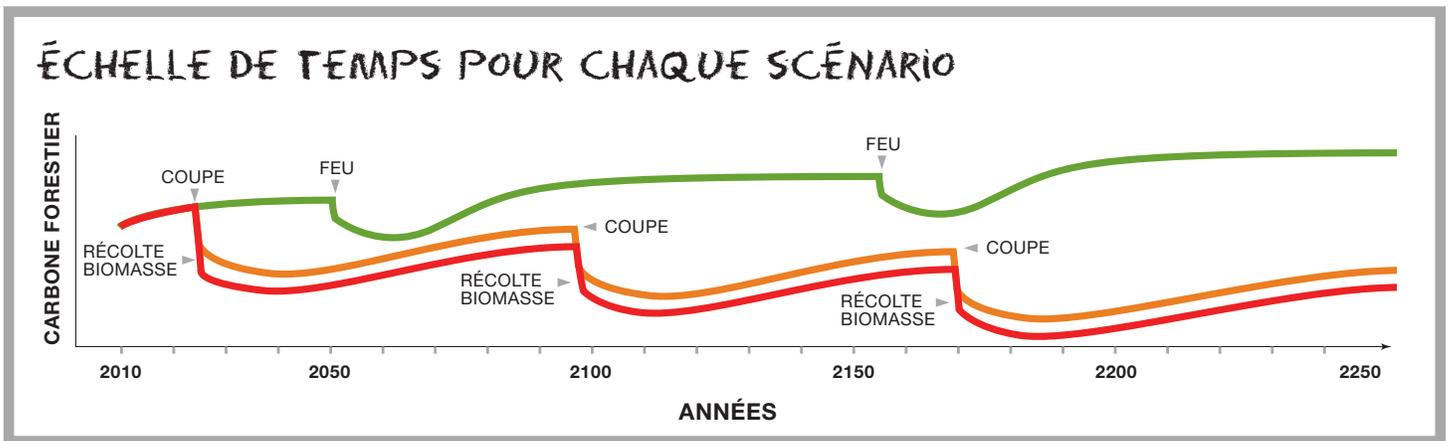
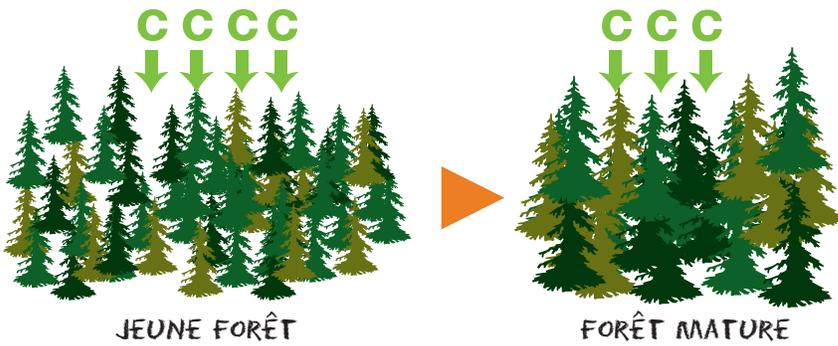
Temps de combustion moyen d'une tonne de biomasse dans une centrale de 30MW <sup>152*</sup>	1 min. 15 sec.
Délai de croissance à un niveau récoltable pour une épinette noire après perturbation <sup>153</sup>	70-125 ans
Délai de renouvellement des stocks de carbone après perturbation <sup>149, 154-155</sup>	>150-200 ans
Délai de décomposition entière d'une branche de 1 à 5 cm <sup>117</sup>	>100 ans
Délai de décomposition entière d'un tronc d'arbre <sup>117, 156</sup>	>120 ans

\* En assumant 24 heures de production à 90 % de la capacité

## EMPREINTE CLIMATIQUE ET CYCLE DE VIE DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ À PARTIR DE LA BIOMASSE EN FORÊT

Voici un exemple graphique des étapes nécessaires pour extraire la biomasse d'un hypothétique écosystème forestier boréal et le flux de carbone rejeté dans l'atmosphère, en comparaison avec une forêt intacte. Le carbone biogénique est relâché dans l'atmosphère à cause des perturbations du sol, de la décomposition accélérée et de la combustion de la biomasse, tandis que chaque étape de ce cycle implique un relargage de carbone additionnel à partir de combustible fossile (carbone anthropique). D'autres étapes comme la scarification du sol forestier après la coupe mènent à des pertes de carbone encore plus considérables. Alors que les forêts boréales naturelles tendent vers l'accumulation de carbone avec le temps, les réserves de carbone des forêts exploitées diminuent. La récolte de biomasse aggrave le relâchement du carbone dans l'atmosphère. Le carbone émis par la combustion ne sera recapturé par la repousse forestière que des décennies, et même des siècles après, contribuant ainsi aux changements climatiques.







## La bioénergie forestière en Ontario dérèglerait le climat sur plus d'un siècle

Une étude récente au sud de l'Ontario - là où se trouve une des forêts les plus productives du Canada - montre combien la combustion des arbres est loin de la carboneutralité<sup>128</sup>. Cette étude a mis en lumière que les émissions de carbone en provenance de la combustion de granules de biomasse d'arbres dans une centrale énergétique sont plus grandes que si du charbon avait été utilisé, même en passant sous silence le carbone relâché par les perturbations des écosystèmes forestiers. Puisque de brûler du bois libère plus de CO<sub>2</sub> par unité d'énergie que le charbon, cette étude montre que jusqu'à 38 ans sont nécessaires à la recapture du carbone émis par la combustion de granules pour équivaloir à celui émis par un système similaire carburant au charbon. Une recapture complète du carbone ne serait pas réalisée avant au moins un siècle de régénération forestière<sup>128</sup>. Cet ajout supplémentaire de CO<sub>2</sub> biogénique dans l'atmosphère et le délai entre les émissions du carbone et sa recapture dans la régénération est qualifié de « dette de carbone ». Selon la même étude, lorsque la biomasse forestière est utilisée pour la production d'éthanol cellulosique, la dette de carbone correspondante ne peut être effacée par la repousse que plus d'un siècle après la combustion. Ainsi, brûler de l'éthanol cellulosique provenant d'arbres de la forêt ontarienne est pire pour le climat pendant plus d'un siècle que lorsque les véhicules carburent à l'essence.

*« Dans les forêts tempérées, le cycle de récolte peut s'étendre de 60 à 100 ans ou davantage à cause de la croissance relativement lente des espèces de ces forêts. Il faudrait donc un siècle pour remplacer les réserves de carbone [...] »*

MCKECKNIE ET AL., 2011<sup>128</sup>

### Les solutions :

#### LES GOUVERNEMENTS FÉDÉRAL ET PROVINCIAUX DOIVENT :

- Protéger les forêts, en particulier celles aux vastes réservoirs de carbone comme les régions intactes de la forêt boréale, plutôt que de les brûler pour de l'énergie. Les écosystèmes forestiers représentent un outil indispensable pour faire face aux changements climatiques ;
- Procéder à des analyses indépendantes et complètes du cycle de vie et du bilan carbone des projets bioénergétiques pour éviter une comptabilisation sous-estimée du carbone ;
- Suivre les émissions de CO<sub>2</sub> annuellement pour s'assurer que les impacts climatiques réels à court terme et les bénéfices à long terme soient correctement évalués ;
- Prioriser l'utilisation locale des résidus d'usine et décourager les exportations de biomasse ;
- Ne pas s'approvisionner dans les forêts à vastes réservoirs de carbone et à croissance lente comme la forêt boréale ;
- Exclure les arbres debout : qu'ils soient de valeur commerciale ou non, incendiés ou malades, les arbres debout ne devraient pas être coupés à des fins énergétiques parce qu'ils fournissent de bien meilleures options d'entreposage ou de séquestration du carbone lorsqu'ils sont vivants ;
- Allonger les périodes de rotation entre les opérations de coupe pour s'assurer d'une repousse forestière et d'une séquestration du carbone optimales.

# Bioénergie forestière : retour à l'Âge de pierre

## Les allégations :

La biomasse forestière est disponible *ad vitam æternam* et représente l'une des meilleures alternatives aux carburants fossiles.

## La réalité :

D'immenses quantités de biomasse forestière sont nécessaires pour produire de petites quantités d'énergie. De meilleures alternatives comme les mesures d'efficacité énergétique et les énergies éolienne, solaire et géothermique sont beaucoup plus prometteuses.

### CONSOMMATION ANNUELLE MOYENNE DE BIOMASSE FORESTIÈRE PAR MW DANS LES CENTRALES ÉLECTRIQUES (25 % D'EFFICACITÉ)<sup>162</sup>.

Capacité de production de la centrale	80 %	90 %	100 %
Tonnes annuelles de biomasse verte (50 % de moiteur)/MW	11 860	13 342	14 676
Tonnes annuelles de biomasse sèche/MW	5 930	6 671	7 338

**PHOTO** Produire de l'énergie de la plus haute qualité (l'électricité) avec de la biomasse qui est de si faible densité entraîne la combustion de quantités astronomiques de bois provenant de plus en plus directement de nos forêts. Remplacer le charbon par la biomasse ou introduire de la biomasse en co-combustion avec le charbon devraient être découragés.

La biomasse forestière est composée à moitié d'eau<sup>165</sup>. Elle a donc besoin d'être séchée avant la combustion, sinon elle ne brûlera pas efficacement. Parce qu'elle ne contient qu'une faible quantité d'énergie, de très gros volumes de biomasse sont nécessaires pour fournir l'énergie requise<sup>166-167</sup>. Par exemple, pour produire de l'électricité, une centrale énergétique de 30 MW qui fonctionne à plein temps brûle plus de 50 tonnes de biomasse à l'heure, ou environ 477 000 tonnes par année\*. Avec une conversion en superficie, l'équivalent en bois de plus de 2 695 hectares de forêts\*\* (ou 3 774 terrains de soccer) devrait être coupé à blanc chaque année pour approvisionner en énergie une centrale de cette taille. Ces grandes quantités sont nécessaires, car seulement 20 à 25 % de l'énergie contenue dans le bois peut être transformée en électricité dans les grosses centrales industrielles, ce qui veut dire qu'à chaque 100 arbres brûlés, 75 de ces arbres sont gaspillés en chaleur et en pollution<sup>129, 168-169</sup>. De meilleures performances peuvent être atteintes dans des installations plus efficaces comme dans certains pays d'Europe.

Une meilleure efficacité (jusqu'à 85 % à 90 %) peut de plus être atteinte dans les installations de cogénération

\* Une centrale de 30MW fonctionnant à plein régime produit 263 GWh d'électricité par année. À 25 % d'efficacité, 477 000 tonnes de bois vert (55 % moiteur – 8 GJ/t or 0.0022GWh/tonne) seront nécessaires pour produire cette quantité d'électricité.

\*\* Une forêt avec une densité moyenne de biomasse au-dessus du sol de 300 mètres cubes/ha.

modernes, où l'énergie perdue en chaleur peut être capturée et utilisée à l'usine ou aux alentours<sup>116, 127</sup>. Même si la grande majorité des volumes récemment alloués par les gouvernements provinciaux est allée vers la production d'électricité et la cogénération<sup>5</sup>, le chauffage est la façon la plus efficace d'utiliser l'énergie du bois (chauffage institutionnel, chauffage en réseau, poêles résidentiels et commerciaux à granules, etc.)<sup>170</sup>. Cependant, pour ce qui est des granules, les analyses de cycle de vie montrent que le procédé de transformation de la biomasse en granules (à partir de rejets d'usine) consomme 25 % du contenu énergétique de la granule elle-même<sup>15</sup>. Il est à prévoir que ce pourcentage augmentera substantiellement si l'approvisionnement en biomasse provient de la forêt plutôt que de l'utilisation des rejets d'usine.

## PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ À GRANDE ÉCHELLE AVEC LA BIOMASSE EST INSENSÉ

En 2008, la production canadienne d'énergie primaire (électricité et chaleur) à partir de la biomasse s'élevait à 154 700 GWh, une petite fraction (3,4 %) de la production énergétique primaire totale au Canada<sup>171-172</sup>. Pour produire cette quantité d'énergie avec du bois sec (0 % humidité – 18 MJ/Kg ou 0,00495 GWh/t), plus de 31 250 000 tonnes sèches (ou 62 500 000 tonnes de bois vert [50 % d'humidité]) ont dû être brûlées si le système fonctionnait à 100 % d'efficacité. Or les centrales électriques fonctionnent à environ 25 % d'efficacité tandis que les centrales de cogénération atteignent en moyenne 75 % d'efficacité. Dans un scénario conservateur où la moyenne d'efficacité pour produire 3,4 % de l'énergie primaire à partir de biomasse forestière au Canada serait de 70 %, plus de 43 750 000 tonnes de bois vert ou 51 600 000 mètres cubes solides\* ont dû être brûlés en 2008. En comparaison, cette quantité de biomasse brûlée est équivalente à tous les arbres coupés au Manitoba, en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse pour la même année (51 millions de mètres cubes<sup>1</sup>). Puisqu'aucun chiffre officiel sur la quantité de biomasse brûlée au Canada n'est disponible, nous imposons une marge d'erreur de 5 millions de mètres cubes à nos calculs, soit la quantité équivalente de bois coupé en Nouvelle-Écosse (4,9 millions de mètres cubes<sup>1</sup>).



**PHOTO** Alors que cette centrale énergétique de 20MW se proclame de « cogénération », la chaleur produite à la centrale de St-Félicien n'est en fait pas distribuée aux installations avoisinantes, entraînant un gaspillage environ 75 % du potentiel énergétique sous forme de chaleur et de polluants.

Chaque augmentation de 1 % de la production d'électricité au Canada\*\* à partir de la combustion de biomasse, dans des centrales thermiques comme celle de New Page en Nouvelle-Écosse\*\*\*, mènerait à la combustion de 9 814 000 mètres cubes de bois supplémentaires annuellement\*\*\*\*. En 2004, l'Association européenne pour la biomasse (EBA) suggérait que les pays de l'OCDE produisent 15 % de leur électricité à partir de la biomasse en 2020<sup>177</sup>. Si cette cible était atteinte avec la biomasse forestière au Canada, plus de 147 millions de mètres cubes de bois devraient être brûlés chaque année, soit plus que tous les arbres coupés à travers le pays en 2008<sup>1</sup>.

Produire de l'énergie de la plus haute qualité (l'électricité) avec de la biomasse qui est de si faible densité entraîne la combustion de quantités astronomiques de bois qui proviendront de plus en plus de nos forêts. De plus, subventionner cette filière s'avère être un détournement des fonds publics qui pourraient être octroyés aux énergies alternatives. Ces options, comme les programmes d'efficacité énergétique, les énergies éolienne, solaires et la géothermie sont, elles, réellement avantageuses pour le climat, la santé et l'économie. La combustion des forêts pour la production d'électricité n'est tout simplement pas une solution raisonnée.

\* Le ratio pour une tonne de bois (55 % de moiteur) et d'environ 1,18 mètre cube solide<sup>173</sup>.

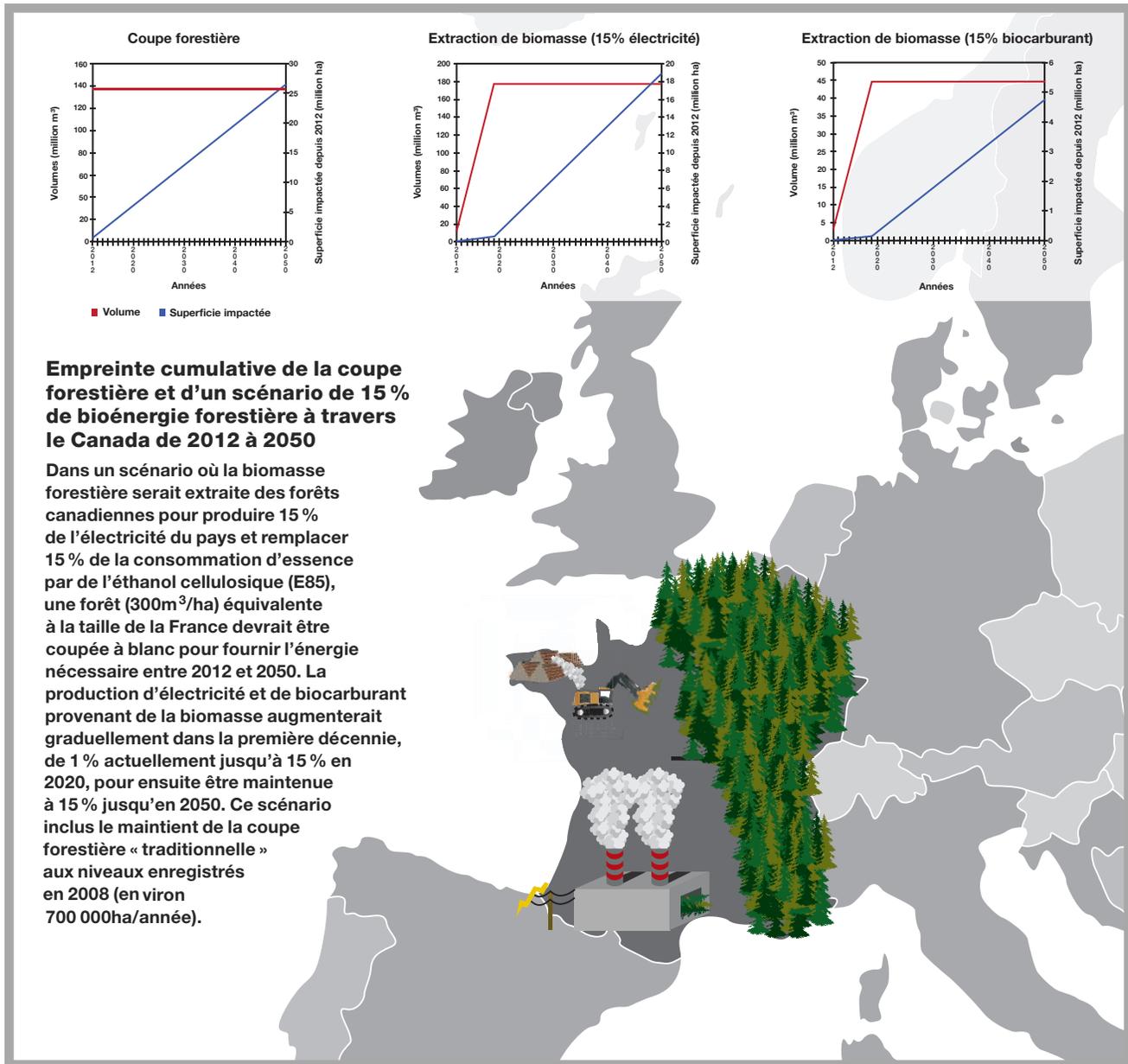
\*\* Estimée à 617 470 GWh en 2007<sup>174</sup>.

\*\*\* Production potentielle de 400 GWh et combustion de 650 000 tonnes de bois annuellement<sup>175-176</sup>.

\*\*\*\* La quantité de bois sec (0 % d'humidité, 0,00495 GWh/t) nécessaire pour produire 6175 GWh d'électricité est de 1 247 000 tonnes (ou 2 495 000 tonnes de bois vert (50 % humidité)). Avec un scénario conservateur où l'efficacité de production électrique serait fixée à 30 %, 8 316 000 tonnes de bois vert ou 9 814 000 mètres cubes doivent être brûlés pour fournir 1 % de l'électricité au Canada.



**Une centrale électrique à la biomasse de 30MW brûle en moyenne l'équivalent en bois de 10 terrains de soccer de forêt coupés à blanc à chaque jour.**



## Les solutions :

### LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX DOIVENT :

- Empêcher l'utilisation de la biomasse forestière pour la production unique d'électricité et assurer que la chaleur produite dans les installations de bioénergie forestière soit récupérée efficacement et localement ;
- Éviter toute conversion de carburant vers la biomasse forestière dans les centrales électriques existantes et décourager la co-combustion de biomasse avec le charbon ;
- Augmenter les investissements dans les alternatives énergétiques comme les programmes d'efficacité énergétique, les énergies éolienne, solaires et la géothermie ;
- Utiliser localement les résidus industriels des scieries et des usines de pâtes et papiers pour la cogénération ou pour des systèmes de chauffage locaux en remplacement des combustibles fossiles.

# De la forêt au biocarburant : la voie de la destruction

## Les allégations :

La production de biocarburants à partir des arbres constitue une solution verte et durable.

## La réalité :

La production de biocarburant à partir des forêts naturelles est un gaspillage qui consomme d'énormes quantités d'arbres en extrayant inefficacement l'énergie qu'ils contiennent, ce qui pourrait causer des impacts désastreux sur les écosystèmes.

« [...] la production d'éthanol (forestier) pour remplacer l'essence [...] ne constitue pas un usage efficace de la biomasse forestière pour la réduction des GES. »

MCKECHNIE ET AL. 2011<sup>128</sup>

En 2006, le gouvernement canadien s'est engagé à atteindre un contenu de 5 % de bioéthanol (1.4 milliard de litres) dans toute l'essence utilisée pour le transport terrestre en 2010 et de 2 % de biodiésel pour le chauffage et le transport en 2012<sup>178</sup>. Initialement, les approvisionnements ciblés devaient provenir de récoltes agroalimentaires, surtout du maïs et du blé. Avec l'envolée des prix des denrées et une crise alimentaire mondiale – provoquées par cette explosion des agrocarburants<sup>179</sup> – les forêts et les plantations sont devenues un approvisionnement de plus en plus attirant pour l'industrie des biocarburants<sup>2</sup>. De plus, ces biocarburants cellulosiques, dits de deuxième génération, sont devenus un produit très attirant pour l'industrie forestière à la recherche de nouveaux marchés<sup>180</sup>.

Cependant, à l'heure actuelle, la production de carburant pour le transport terrestre et aérien à partir de la biomasse forestière fait face à des limitations majeures d'ordre technologiques et financières<sup>185</sup>. Une fois que la technologie aura fait des progrès suffisants pour la rendre rentable (avec le support incontournable de grosses subventions tirées des fonds publics), d'énormes volumes de bois seront nécessaires pour effectuer le virage des carburants fossiles aux carburants forestiers. Avec une moyenne de 172 litres de biocarburant cellulosique produit par une épinette moyenne\*, plus de 560 000 arbres devraient être coupés chaque jour pour fournir assez d'essence (E85 ou éthanol à 85 %) pour alimenter le parc automobile

**PHOTO** Pour assouvir sa soif de carburant avec de l'éthanol cellulosique (E85) issu des forêts, il faudrait que le Canada double la quantité de bois extrait du territoire public.

canadien<sup>172</sup>. En Ontario, la coupe d'environ 4,5 millions de mètres cubes d'arbres entiers fournirait un peu moins de 3 % de la consommation annuelle de la province en essence<sup>128</sup>.

La transformation de la biomasse forestière en biocarburant cellulosique est la façon la moins efficace d'utiliser l'énergie emmagasinée dans le bois. Des études montrent que la récolte, le transport et le traitement du bois pour obtenir de l'éthanol cellulosique demandent 75 % de l'énergie contenue dans l'éthanol lui-même<sup>186</sup>. De plus, l'efficacité énergétique des procédés de production d'éthanol cellulosique varie de 40 à 50 %<sup>187</sup>.

Alors que plusieurs prétendent que l'explosion du biocarburant forestier ne se baserait que sur les « déchets »<sup>95-96</sup>, moins de 10 % de la consommation annuelle d'essence pourrait être remplacée par de l'éthanol cellulosique provenant des résidus d'usine disponibles au Canada<sup>\*\*</sup>. Il est clair que toute entreprise profitable basée sur le biocarburant forestier devra tirer sa biomasse directement des forêts<sup>5, 95-96</sup>. C'est déjà l'évidence pour le projet ontarien de carburant à jets Rentech (voir l'encadré). Pour assouvir la soif des Canadiens en carburant avec de l'éthanol cellulosique dans leurs voitures (biocarburant E85), il faudrait doubler la quantité de bois extrait de nos forêts<sup>\*\*\*</sup>, un scénario qui aurait évidemment des conséquences très graves pour les écosystèmes forestiers canadiens.

Plutôt que de remplacer les hydrocarbures liquides (pétrole) par de la biomasse liquide (éthanol), les scénarios de la *[R]évolution énergétique* de Greenpeace proposent de réduire la demande globale de carburant liquide en mettant à profit le vaste potentiel d'amélioration de l'efficacité du secteur du transport : passer de la route aux rails pour le transport des marchandises, donner de l'expansion aux transports collectifs, mettre en place une réglementation qui favorise les véhicules personnels beaucoup plus petits, plus légers et plus efficaces et accélérer la transition vers les véhicules électriques alimentés entièrement à l'énergie renouvelable (sans moteur à combustion).

\* Une tonne de bois produit 365 litres de biocarburant cellulosique<sup>96</sup>. Une épinette moyenne de 15 mètres de haut avec un diamètre de 30 cm à hauteur d'homme pèse environ 0,47 tonne<sup>173</sup>.

## Prendre son envol aux dépens des forêts ontariennes

Lors du récent appel d'offres pour de nouveaux approvisionnements en bois ontarien, le plus gros volume de bois à avoir été alloué est allé à Rentech Inc. pour produire 85 millions de litres de carburant pour les avions de ligne, 43 millions de litres de gaz naphtha et 40MW d'électricité à White River près de Sault Ste-Marie<sup>181</sup>. Même si ce projet a été présenté aux nouvelles comme de la combustion de « déchets forestiers verts<sup>182</sup> », le carburant et l'électricité seront produits en utilisant 1 146 000 de mètres cubes par année d'arbres avec ou sans valeur commerciale provenant directement des forêts publiques ontariennes<sup>7</sup>. En demandant une subvention de 200 millions de dollars du fonds fédéral NextGen Biofuel Fund<sup>183</sup>, l'Américaine Rentech Inc. vendrait le carburant à l'aéroport international Pearson de Toronto, fournissant à peu près 4 % des 2 milliards de litres de carburant qui y sont consommés annuellement<sup>184</sup>.

### VOLUMES DE BOIS ET NOMBRE D'ARBRES NÉCESSAIRES POUR LA PRODUCTION D'ÉTHANOL CELLULOSIQUE (MÉLANGE À 85 % D'ÉTHANOL)

Rendement moyen d'éthanol cellulosique à partir de biomasse forestière <sup>96</sup>	365L/t
Production d'éthanol d'une épinette noire moyenne <sup>†</sup>	172 L
Consommation d'essence canadienne annuelle en 2008 <sup>172</sup>	41,8 milliards de litres
Nombre d'arbres pour fournir 1 % de la consommation canadienne annuelle d'éthanol cellulosique (E85)	2 064 047 arbres ou 2 977 074 mètres cubes
Volume de bois pour fournir 100 % de la consommation canadienne annuelle d'essence à partir d'éthanol cellulosique (E85)	206 millions d'arbres ou deux fois la récolte totale de bois en 2008 <sup>22</sup>

† 30 cm de diamètre à hauteur d'homme, 15 m de haut

\*\* La production de résidus d'usine au Canada pour 2009 a été de 10,9 millions de tonnes<sup>5</sup>, alors que la consommation d'essence pour 2008 a été de 41,8 milliards de litres<sup>172</sup> et qu'une tonne de biomasse forestière fournit environ 365 litres d'éthanol cellulosique<sup>96</sup>.

\*\*\* Envergure des récoltes canadiennes de bois pour 2008<sup>22</sup>.

## Les solutions :

### LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX ET FÉDÉRAL DOIVENT :

- Proscrire toute production de biocarburant cellulosique en provenance directe de la biomasse forestière naturelle ;
- Ne pas subventionner les biocarburants cellulosiques, même s'ils proviennent de résidus d'usine.

### L'INDUSTRIE DES BIOCARBURANTS DOIT :

- Ne pas investir dans les biocarburants forestiers et ne pas s'approvisionner en forêt ;
- Chercher l'approvisionnement de résidus industriels sans l'aide gouvernementale.

# Brûler la biomasse : menace pour la qualité de l'air et la santé

## Les allégations :

La biomasse est une source d'énergie propre.

## La réalité :

La combustion de biomasse, loin d'être propre, émet des quantités importantes de polluants toxiques comme le monoxyde de carbone, les particules fines et le plomb.

« La American Lung Association demande de façon pressante que la législation ne fasse pas la promotion de la combustion de biomasse. Brûler de la biomasse pourrait provoquer des augmentations significatives d'oxydes d'azote, de particules fines et de dioxyde de soufre et avoir de graves impacts sur la santé des enfants, des adultes plus âgés et des personnes atteintes de maladies pulmonaires. »

AMERICAN LUNG ASSOCIATION, 2009<sup>195</sup>

**PHOTO** La combustion de la biomasse forestière relâche une charge importante d'éléments toxiques dans les environnements avoisinants.

Il est de notoriété publique que la combustion de bois pour l'énergie relâche des substances toxiques aux impacts négatifs sur la santé humaine et contribue aux épisodes de smog. Bien que la technologie se soit grandement améliorée avec l'usage de filtres à air sophistiqués et de très hautes températures de combustion, une inquiétude subsiste en ce qui a trait aux impacts sur la santé de la combustion de biomasse forestière à l'échelle industrielle<sup>188</sup>. La fumée de bois contient au moins cinq carcinogènes humains connus et au moins 26 produits chimiques qui appartiennent à la catégorie des polluants atmosphériques dangereux<sup>189</sup>.

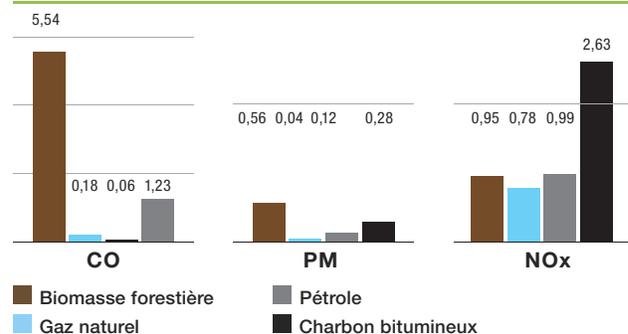
Brûler du bois dans des bouilloires industrielles émet en moyenne quatre fois plus de monoxyde de carbone (CO) irritant pour les poumons que le charbon et 92 fois plus que le pétrole<sup>190</sup>. La combustion de biomasse émet dix fois plus de particules fines que le gaz naturel et jusqu'à quatre fois plus que le pétrole et deux fois plus que le charbon<sup>191</sup>. Même si les émissions de soufre provenant de la biomasse sont plus basses que celles du charbon, elles restent cependant 100 fois plus élevées que celles du gaz naturel<sup>191</sup>. Il est reconnu que les grosses centrales à la biomasse relâchent des métaux lourds y compris du plomb, du mercure, du manganèse et du cadmium ainsi que d'autres molécules hautement toxiques comme les dioxines et les furannes<sup>118</sup>.

## TONNES DE POLLUANTS TOXIQUES RELACHÉES EN 2009 PAR DIX CENTRALES À LA BIOMASSE AU CANADA COMPARÉES À D'AUTRES CENTRALES (CRÉPERTORIÉ PAR L'INRPI<sup>118</sup>)

Installation	Ville	Capacité (MW)	CO (t)	NOx (t)	PM10 (t)	PM2.5 (t)	Plomb (kg)	Cadmium (kg)	Manganese (t)
Capital Power	Williams Lake, C.-B.	65	241	492	3,7	3,3	89	7,6	n.a.
TransAlta Generation partnership	Grande Prairie, AB.	25	563	285	50	43	53	n.a.	n.a.
Whitecourt Power Partnership	Whitecourt, AB.	24	761	232	4,5	2,6	n.a.	n.a.	n.a.
Northland Power	Kirkland Lake, ON.	20	562	1905	76	41	38	20	0,16
Northland Power	Cochrane, ON.	13	330	260	12	11	n.a.	n.a.	n.a.
Capital Power	Calstock, ON.	35	547	200	36	32	63	59	22
Projet de cogénération de St-Félicien	St-Félicien, QC.	21	1606	87	13	6,5	n.a.	5,3	n.a.
Borex Senneterre	Senneterre, QC.	34	525	426	22	8,3	73	6,2	2,4
Borex Dolbeau	Mistassini QC.	24	457	220	23	20	n.a.	3,7	1,4
Brooklyn Power Corporation	Brooklyn, NS.	30	255	309	115	52	204	13	2,4
<b>Moyenne des installations à la biomasse</b>		<b>29</b>	<b>585</b>	<b>442</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>87</b>	<b>16,4</b>	<b>5,7</b>
TransCanada Energy (gaz en cogénération)	Redwater, AB.	40	42	102	2,9	2,9	n.a.	n.a.	n.a.
Imperial Oil (gaz)	Sarnia, ON.	440	391	360	18	0,15	0,30	0,125	n.a.
Axor (éolien)	Matane, QC.	100	0	0	0	0	0	0	0

L'inhalation de particules, en particulier de PM 2,5 – les plus dommageables pour la santé des gens – provoque des réponses allergiques et de l'asthme<sup>189</sup>. Des observations de plus en plus nombreuses montrent que l'exposition à long terme à de faibles doses de ces substances toxiques occasionne de graves risques à la santé comme des maladies pulmonaires<sup>189, 192</sup>. À cause des implications sanitaires de l'exposition aux polluants atmosphériques, la *Massachusetts medical society*<sup>193</sup>, la *Florida Medical Association*<sup>194</sup> et l'*American Lung Association*<sup>195</sup> se sont toutes prononcées contre la combustion de biomasse pour l'énergie.

### ÉMISSIONS TOXIQUES DES CENTRALES ÉLECTRIQUES EN KG/MWH<sup>190-191</sup>



## Les solutions :

### LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX ET FÉDÉRAL DOIVENT :

- Suivre les recommandations de l'*American Lung Association* et éviter la combustion de biomasse forestière à grande échelle ;
- S'assurer que les petites centrales de cogénération respectent les plus hauts standards de qualité de l'air et d'efficacité ;
- S'assurer que seuls les granules de bois de rejets industriels soient utilisés pour le chauffage et mettre en vigueur le *Washington Fireplace Standard* pour toutes les installations de chauffage résidentiel. Cette norme, plus sévère que les standards de l'EPA, limite les émissions de particules fines.

# La bioénergie forestière : une entreprise risquée pour des communautés fragiles

## Les allégations :

La bioénergie forestière et la bio économie sauveront le secteur forestier canadien en difficulté.

## La réalité :

La production de bioénergie forestière est une entreprise risquée à faible valeur ajoutée dans le marché actuel. Elle dépend lourdement des subventions gouvernementales, tout en offrant peu d'opportunités aux communautés établies en forêt.

*« Il est clair que la production de granules à partir de résidus est économiquement viable ; cependant, l'aptitude de ce secteur à absorber d'autres approvisionnements ne va pas de soi. »*

STENNES AND MCBEATH, 2006<sup>196</sup>

*« La plus grande partie des investissements en bioénergie ne se ferait pas sans une forme quelconque de soutien gouvernemental. »*

DON ROBERTS, CIBC WORLD MARKETS<sup>199</sup>

**PHOTO** La biomasse des forêts publiques est souvent offerte gratuitement à travers le Canada pour stimuler le boom des bioénergies.

L'expansion rapide de la production de bioénergie forestière a été soutenue, pour une large part, par les subventions et incitatifs gouvernementaux. Or, même avec l'aide des gouvernements, il subsiste des barrières significatives à la rentabilité à long terme des opérations de biomasse forestière. Avec la pénurie de résidus d'usines, les installations de bioénergie s'approvisionnent de résidus de coupe et d'arbres debout, qui sont plus chers à obtenir<sup>5</sup>.

Pour garantir la rentabilité de la production de granules ou d'énergie à partir de la biomasse, des économies d'échelle se manifestent à mesure que la grosseur des centrales augmente<sup>14</sup>. Comme Kumar et al (2003) le suggèrent, une centrale énergétique à la biomasse atteint sa rentabilité maximale pour de grandes installations de 900 MW qui ne brûlent que des forêts entières<sup>197</sup>. Il est démontré que l'utilisation de résidus de coupe (branches et cimes) n'est pas rentable puisque de grandes distances sont parcourues pour récolter les résidus nécessaires à la production suffisante d'énergie, ceux-ci étant répandus à l'échelle de la province<sup>197</sup>.

Selon Don Roberts du *CIBC World Markets*, « le coût variable et passablement élevé de la biomasse livrée constitue l'un des points négatifs de la bioénergie. C'est un réel problème. »<sup>198</sup> Le coût variable de la biomasse canadienne est principalement dû au fait que l'approvisionnement s'étend sur de grandes distances,

que le transport de cette biomasse vers les marchés internationaux est très coûteux et que les prix du transport cargo outremer fluctuent constamment<sup>5, 196</sup>.

Alors même que la bioénergie forestière augmente de manière frappante ces dernières années, le marché se montre instable et la biomasse forestière n'a été profitable à ce jour que dans des conditions de marché très spécifiques. Ces facteurs, combinés aux coûts élevés associés à l'accès aux résidus de récolte et à la récolte des arbres ainsi qu'à la pénurie de résidus d'usine, font de la bioénergie forestière une aventure commerciale à haut risque.

## DES FORÊTS À BRÛLER, DES OPPORTUNITÉS D'EMPLOI EN CENDRES

Alors que de nombreux promoteurs ont présenté la biomasse comme une bouée de sauvetage pour le secteur forestier en difficulté, la production de bioénergie crée moins d'emplois que la foresterie traditionnelle, dont la valeur commerciale est en outre plus élevée<sup>200</sup>. Un calcul des nouvelles allocations en bois en Ontario montre que les scieries et les usines de pâtes et papiers fournissent une moyenne de 1,5 emploi par 1000 mètres cubes alors que les opérations de bioénergie ne fournissent que 0,3 emploi par 1000 mètres cubes<sup>201-202</sup>.

En raison du déclin des prix du marché et de la demande pour les produits forestiers traditionnels, plusieurs acteurs du milieu forestier plaident pour une production accrue de produits forestiers à valeur ajoutée, tels que les matériaux de construction spécialisés et les produits du bois d'ingénierie, plutôt que d'exporter des ressources brutes\*. Les produits à valeur ajoutée peuvent augmenter le nombre d'emplois par mètre cube de bois de trois fois par rapport à la production manufacturière de foresterie traditionnelle, créant par le fait même des communautés plus stables et mieux employées<sup>204</sup>.

La production à grande échelle de biomasse peut compétitionner directement avec des activités du secteur forestier qui soutiennent un plus grand nombre d'emplois (comme le secteur des pâtes et papiers ou de l'industrie du contreplaqué)<sup>205</sup>. Comme le magazine *Pulp and Paper Canada* le rapporte, 445 projets de bioénergie forestière ont été annoncés aux États-Unis et ils entrent tous en compétition pour la ressource, d'une façon ou d'une autre, avec le secteur des pâtes et papiers<sup>14</sup>. L'expansion de la production de biomasse pourrait peut-être créer de nouvelles opportunités d'affaires pour une partie du secteur de foresterie en déclin, mais cela implique des coûts socio-économiques, surtout à long terme, que subiront les communautés.

## EMPLOIS CRÉÉS/MAINTENUS GRÂCE À L'ALLOCATION RÉCENTE DE BOIS EN ONTARIO : FORESTERIE TRADITIONNELLE VERSUS BIOÉNERGIE<sup>202</sup>.

Compagnie	Installation	Mètres cubes alloués	Emplois alloués
Produits forestiers Long Lake	Scierie	72 000	105
AbitibiBowater	Scierie	221 000	210
Produits forestiers Nakina	Scierie	40 000	150
Scierie Muskoka	Scierie	101 200	76
Domtar	Pâte & papier	626 000	331
Woodville Pellet Corps.	Granules	56 500	36
Capital Power Income LP	Centrale thermique	173 000	38
Rentech Inc.	Biocarburant avion de ligne	1 146 000	83
Atikokan Renewable Fuels	Granules	179 400	95
K.D. Quality Pellets	Granules	90 000	16
<b>Moyenne d'emplois pour 1000 mètres cubes alloués</b>		<b>Scierie et Pâte &amp; papier</b>	<b>1,49</b>
		<b>Biomasse</b>	<b>0,31</b>



**PHOTO** La combustion de forêts outremer est-elle vraiment le moyen d'assurer un futur durable pour les communautés forestières ?

\* L'industrie forestière, les syndicats, les gouvernements et les organismes environnementaux comme Greenpeace concluent tous que la meilleure façon de maintenir les emplois et un secteur forestier prospère, tout en respectant l'environnement, passe par le développement de produits de deuxième et troisième transformation. Ces produits peuvent jouer un rôle de séquestration du carbone, augmenter les opportunités d'emploi et générer de la valeur ajoutée<sup>203</sup>. La combustion des arbres pour l'énergie va à l'encontre de ces principes.



## Les solutions :

### LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX ET FÉDÉRAL DOIVENT :

- Soutenir la fabrication de produits du bois des forêts publiques à haute valeur ajoutée pour optimiser la création d'emplois, minimiser l'extraction de la ressource et développer des solutions durables pour les communautés forestières ;
- Prioriser la création d'emplois dans les programmes de conservation d'énergie, d'augmentation de l'efficacité énergétique et dans les énergies éolienne, solaires et la géothermie ;
- Imposer des frais de droit de récolte des résidus équivalents aux droits de coupe pour la récolte traditionnelle et réinvestir ces fonds dans les communautés locales d'où les arbres proviennent.

**PHOTO** Transformer des arbres entiers pour la production de granules va à l'encontre de la tendance actuelle visant à donner plus de valeur ajoutée aux produits et au secteur forestiers.

## L'EFBC fait partie de la solution

L'entente sur la forêt boréale canadienne conclue entre 22 compagnies forestières et 9 groupes environnementaux dont Greenpeace offre une plateforme pour développer des solutions face à la foresterie et la conservation<sup>206</sup>. Dans le cadre de cette entente, des opportunités existent pour développer un cadre des meilleures pratiques en matière d'utilisation de la biomasse forestière et entamer des analyses de cycle de vie complètes des produits forestiers et de la bioénergie.

# Feuille de route pour échapper à la « biomascarade »

*« Les flux complexes entre les réserves de carbone forestier et récolté, et le lien entre la biomasse récoltée et sa substitution aux carburants fossiles, nécessite une analyse holistique et systémique dans une perspective de cycle de vie pour évaluer les réels impacts de l'aménagement forestier et de l'utilisation des produits forestiers sur le bilan de carbone. »*

ERIKSSON ET AL., 2007<sup>209</sup>

Les gouvernements et l'industrie doivent faire leur part pour empêcher le secteur de la bioénergie de se précipiter dans une « biomascarade » aux conséquences environnementales et sociales désastreuses. La littérature scientifique met en lumière la voie que les décideurs politiques et l'industrie de la bioénergie forestière devraient emprunter. En outre, c'est la responsabilité des gouvernements de consulter la population face à l'utilisation des forêts publiques à travers le pays.

Certains projets locaux à petite échelle, utilisant les résidus industriels des usines existantes, peuvent constituer des utilisations acceptables de la biomasse forestière : par exemple, les scieries et les usines de pâtes et papiers qui utilisent les résidus de leurs opérations pour produire leur propre chaleur. Certains bénéfiques peuvent aussi provenir du remplacement des carburants fossiles pour les systèmes de chauffage institutionnels.

## **AVANT LE DÉMARRAGE DE CES PROJETS DE PETITE ENVERGURE, LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX DOIVENT :**

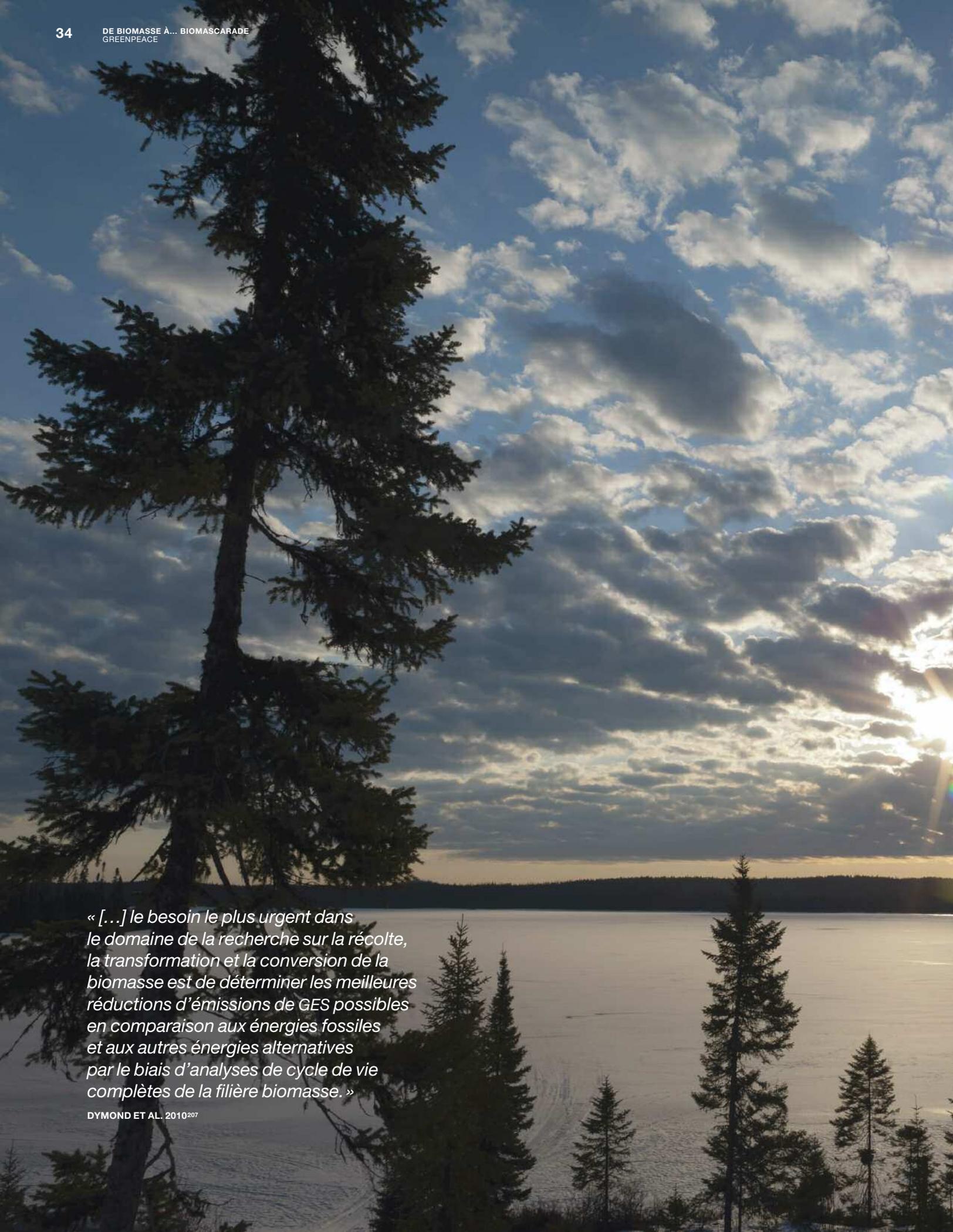
- Organiser des audiences publiques à l'échelle des provinces face à l'utilisation des forêts publiques pour l'énergie de façon à s'assurer que la production de biomasse à partir des forêts de la Couronne jouisse de l'appui public ;
- Développer des valeurs guides de durabilité réelles et détaillées pour l'extraction et la production de biomasse ;
- S'assurer que tous les projets fassent l'objet d'une étude d'impact environnemental avant de débiter ;
- Effectuer des analyses exhaustives du cycle de vie et du bilan de carbone forestier pour chaque projet de biomasse afin de s'assurer qu'ils sont réellement inoffensifs pour le climat.

L'industrie forestière doit se concentrer sur l'ajout de valeur à ses produits, qui créeront ainsi plus d'emplois au Québec et dans le reste du Canada et aideront à séquestrer le carbone forestier. La combustion d'arbres pour l'énergie va à l'encontre de cette tendance, mine la crédibilité des efforts gouvernementaux pour combattre les changements climatiques et pose un réel problème pour les forêts. C'est pourquoi les projets industriels de grande envergure destinés à la production ou l'exportation d'énergie doivent être évités.

## **LES TYPES SUIVANTS DE PROJETS DE BIOMASSE DOIVENT ÊTRE STOPPÉS IMMÉDIATEMENT :**

- Les projets qui s'approvisionnent en biomasse avec la récolte d'arbres entiers ;
- Les projets qui compétitionnent avec les énergies renouvelables qui entraînent une diminution immédiate des GES (programmes d'efficacité énergétique, éolien, solaire, géothermie) ;
- Les projets voués à la production d'énergie additionnelle plutôt que de remplacer des carburants fossiles ;
- Les projets qui s'approvisionnent à partir de forêts intactes ou naturelles d'un haut niveau de biodiversité ;
- Les projets basés sur l'approvisionnement dans les forêts à vastes réserves de carbone et à croissance lente comme la forêt boréale.

Des juridictions comme l'État du Massachusetts ont déjà établi des limites claires d'usage de la biomasse pour l'énergie<sup>144</sup>. D'autres, comme l'Australie, ont cessé de classer la biomasse d'écosystèmes naturels comme « renouvelable » pour éviter la compétition avec les réelles solutions d'énergie verte<sup>208</sup>. Le temps est venu pour les provinces canadiennes et le gouvernement fédéral de choisir les bonnes solutions climatiques. La biomasse forestière à grande échelle n'en fait pas partie.



*« [...] le besoin le plus urgent dans le domaine de la recherche sur la récolte, la transformation et la conversion de la biomasse est de déterminer les meilleures réductions d'émissions de GES possibles en comparaison aux énergies fossiles et aux autres énergies alternatives par le biais d'analyses de cycle de vie complètes de la filière biomasse. »*

DYMOND ET AL. 2010<sup>207</sup>

# Conclusion

**Les gouvernements provinciaux** transforment les forêts publiques en une source d'énergie majeure sans en informer la population. La coupe et la combustion des arbres pour l'électricité et le carburant, jumelées aux opérations traditionnelles de foresterie industrielle en cours, augmenteront de façon marquée la dégradation de ces écosystèmes forestiers. Ces forêts jouent un rôle critique contre les changements climatiques en séquestrant le carbone. Perturber leur équilibre met ce rôle en danger et mine les autres fonctions écologiques qu'elles assurent, comme la filtration de l'air et de l'eau. Maintenant que les provinces ont ouvert les forêts publiques – que ce soit des arbres entiers, des zones perturbées ou des débris de coupe – à l'extraction de biomasse, le boom de la bioénergie menace la santé même des écosystèmes forestiers à travers le pays.

**La biomasse forestière n'est pas**, et de loin, la source d'énergie du futur, propre, verte et carboneutre dont l'industrie et les gouvernements font la promotion. En fait, la combustion d'arbres et de parties d'arbres causera des dommages climatiques pour plusieurs décennies. L'erreur de comptabilité des émissions de carbone issues de la bioénergie nous fait négliger un apport massif de carbone dans l'atmosphère. Les subventions et incitatifs gouvernementaux, basés sur cette comptabilisation déficiente, encouragent la combustion des arbres de préférence à de meilleures solutions pour le climat.

**Les provinces et les pays** qui comptent sur la bioénergie pour atteindre leurs cibles de réduction des GES pour 2020 et 2050 doivent tenir compte des émissions réelles de GES provenant de la combustion de biomasse. Cet exercice montrera que la combustion des forêts pour l'énergie les éloignera de ces cibles bien au-delà de l'horizon de 2050.

**Il est impossible d'augmenter** la quantité d'électricité produite à partir de la biomasse, tout en augmentant l'utilisation de biocarburants celluloseux, et de maintenir en même temps l'industrie forestière à flot. Est-ce là ce que les Québécois et les Canadiens attendent de leurs forêts, qui remplissent une myriade de fonctions écologique, récréative, esthétique, culturelle et spirituelle ? Greenpeace est convaincue que la grande majorité de la population ne désire pas sacrifier leurs forêts aux profits d'une production énergétique dommageable pour le climat. Les menaces à la santé des forêts et des communautés sont trop grandes et les coûts immédiats en carbone trop élevés.

**Le temps est venu** pour les décideurs politiques de faire preuve de vision et de s'assurer que le secteur forestier ne soit pas à l'origine d'une nouvelle crise environnementale. Plonger tête première dans la production industrielle de bioénergie sans une comptabilisation complète du carbone et des coûts en biodiversité et en productivité forestière aura des impacts dévastateurs qui menacent le climat, les forêts et la population.

**Info** Les Québécois veulent-ils vraiment brûler leurs forêts pour une production d'énergie aussi inefficace alors qu'il existe de bien meilleures alternatives ?

# Références

- NRCAN. The State of Canada's Forests. 2010. Canada, Natural Resources. <http://canadaforests.nrcan.gc.ca/rpt/profiles>
- ETC. The New Biomassers: Synthetic biology and the next assault on biodiversity and livelihoods. 2010. Montreal. ETC Group: Action group on erosion, technology and concentration. 75 pages. <http://www.etcgroup.org/en/node/5232>
- Teske, S., Lins, C., Martin, D., Stewart, K., Energy [R]evolution: A sustainable energy outlook for Canada 2010. Greenpeace International and Greenpeace Canada. <http://www.greenpeace.org/Canada/Global/canada/report/2010/9/E%5bR%5dcanada.pdf>
- Ontario, Ministry of Natural Resources. FOREST BIOFIBRE – ALLOCATION AND USE. 2008. <http://www.ontla.on.ca/library/repository/mon/22000/285585.pdf>
- Bradley, D. Canada Report on Bioenergy 2010. 2010. Solutions, Climate Change. Ottawa. 53. <http://www.canbio.ca/documents/publications/Canada%20Report%20on%20Bioenergy%202010%20Sept%2015%202010.pdf>
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Energy from biomass in Ontario. Government of Ontario. [http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/biomass/pres\\_mei\\_jan11.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/biomass/pres_mei_jan11.htm)
- Ministry of Northern Development, Mines and Forestry, And. Staged Competition For Crown Wood Supply In Ontario Stage I: Provincial Wood Supply 2009. <http://www.ontla.on.ca/library/repository/mon/23011/297085.pdf>
- Brunswick, Government of New. Forest biomass harvesting. 2008. Resources, Department of Natural. <http://www.gnb.ca/0078/Policies/FMB0192008E.pdf>
- Faune, Ministère des Ressources naturelles et de la. Vers la valorisation de la biomasse forestière: un plan d'action. 2009. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/plan-action-biomasse.pdf>
- Faune, Ministère des Ressources naturelles et de la. Programme d'attribution de biomasse forestière <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/entreprises/entreprises-transformation-biomasse.jsp>
- British Columbia Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources. An Information Guide on Pursuing Biomass Energy Opportunities and Technologies in British Columbia. 2010. <http://www.for.gov.bc.ca/pab/nfw/bioenergy-guide-2010.pdf>
- Welling, H.H., Shaw, T.J. Energy From Wood Biomass Combustion In Rural Alberta Applications. 2009. Framework), Government of Alberta (Agricultural Policy, Edmonton, Kalwa Biogenics. 104.
- Association, Canadian Bioenergy. Biomass in Nova Scotia - How much is there? 2010. [http://eco-efficiency.management.dal.ca/Files/NSREC/Biomass\\_in\\_Nova\\_Scotia\\_How\\_Much\\_Is\\_There.pdf](http://eco-efficiency.management.dal.ca/Files/NSREC/Biomass_in_Nova_Scotia_How_Much_Is_There.pdf)
- Macdonald, C. 2011. Biomass, bioenergy, bio-mess. Pulp & Paper Canada. May/June. Toronto.
- Magelli, Francesca, Boucher, Karl, Bi, Hsiao-tao T., Melin, Staffan et Bonoli, Alessandra. An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe. Biomass and Bioenergy. 2009. 33(3): p. 434-441. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-4TT1G1X-2/2/51c9e5b7a7055acfc24bcd001116bf66>
- RWE, Pers. comm., Greenpeace, UK, Editor. 2011.
- Coalition, Global Forest. World's largest wood power station approved in the UK will threaten climate and forests. <http://www.globalforestcoalition.org/?p=1486>
- Ministry of Northern Development, Mines and Forestry. Annual report 2009-2010. Government of Ontario. [http://www.mndmf.gov.on.ca/about/annual\\_reports/2009-2010\\_e.asp](http://www.mndmf.gov.on.ca/about/annual_reports/2009-2010_e.asp)
- Wikipedia. Orders of magnitude (area). [http://en.wikipedia.org/wiki/Orders\\_of\\_magnitude\\_\(area\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Orders_of_magnitude_(area))
- Ministry of Northern Development, Mines and Forestry, Ontario. Provincial Wood Supply Competitive Process. [http://www.mndmf.gov.on.ca/forestry/provincial\\_wood\\_supply\\_competitive\\_process\\_e.asp](http://www.mndmf.gov.on.ca/forestry/provincial_wood_supply_competitive_process_e.asp)
- Ontario, Government of. Trading Coal For Biomass At Atikokan. <http://news.ontario.ca/mei/en/2010/08/trading-coal-for-biomass-at-atikokan.html>
- Service, Canadian Forest. National Forestry Database. [http://nfdp.cfm.org/index\\_e.php](http://nfdp.cfm.org/index_e.php)
- Hesselink, T. P. Increasing pressures to use forest biomass: A conservation viewpoint. Forestry Chronicle. 2010. 86(1): p. 28-35. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77949381115&partnerID=40&md5=cc702c73e1eb73b6e9b43c9de5fb5ac>
- Benjamin, J. G., Lilieholm, R. J. et Coup, C. E. Forest biomass harvesting in the Northeast: A special-needs operation. Northern Journal of Applied Forestry. 2010. 27(2): p. 45-49. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77952048906&partnerID=40&md5=ba2987e952f633e12718fac511efbc>
- Lattimore, B., Smith, C. T., Titus, B. D., Stupak, I. et Egnell, G. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. Biomass and Bioenergy. 2009. 33(10): p. 1321-1342. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-69549091690&partnerID=40&md5=ab6339cf1526a773c6782fb24d74a1a>
- Fisher, R.F. and Binkley, D.. Ecology and Management of Forest Soils. 2000. New York. John Wiley and sons Inc.
- Paré, David, Rochon, Pascal et Brais, Suzanne. Assessing the geochemical balance of managed boreal forests. Ecological Indicators. 2002. 1(4): p. 293-311. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6W87-468D0P5-1/2/ae0da2d1b05609a9e7a4cb3c209035bf>
- Prescott, C. 2005. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. Tree physiology. 2002. 22: p. 1193-1200.
- Peckham, Scott D. et Gower, Stith T. Simulated long-term effects of harvest and biomass residue removal on soil carbon and nitrogen content and productivity for two Upper Great Lakes forest ecosystems. GCB Bioenergy. 2011. 3(2): p. 135-147. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01067.x>
- Powers, Robert F., Andrew Scott, D., Sanchez, Felipe G., Voldseth, Richard A., Page-Dumroese, Deborah, Eloff, John D. et Stone, Douglas M. The North American long-term soil productivity experiment: Findings from the first decade of research. Forest Ecology and Management. 2005. 220(1-3): p. 31-50. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-4H3971D-2/2/0e5125022c6815e1af63ede9c1a39>
- Pregitzer, K.S. et Euskirchen, E.S. Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. Global Change Biology. 2004. 10(12): p. 2052-2077. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00866.x>
- Laiho, R. and Prescott, C.E. The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests. Can. J. For. Res., 1999. 29: p. 1592-1603.
- Thiffault, E., Paré, D., Bélanger, N., Munson, A. et Marquis, F. Harvesting intensity at clear-felling in the boreal forest: Impact on soil and foliar nutrient status. Soil Science Society of America Journal. 2006. 70(2): p. 691-701. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33645077588&partnerID=40>
- Piirainen, Sirpa, Finér, Leena, Mannerkoski, Hannu et Starr, Michael. Carbon, nitrogen and phosphorus leaching after site preparation at a boreal forest clear-cut area. Forest Ecology and Management. 2007. 243(1): p. 10-18. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-4NCKJXC-1/2/90cfe3204d806ec0cb58fee41932a35>
- Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A. M., Mannerkoski, H., Piirainen, S. et Starr, M. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. Plant and Soil. 2004. 263(1-2): p. 53-67. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-3042585985&partnerID=40>
- Hanski, I. Insect conservation in boreal forests. Journal of Insect Conservation. 2008. 12(5): p. 451-454. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-50849093189&partnerID=40>
- Komonen, A. Hotspots of Insect Diversity in Boreal Forests. Conservation Biology. 2003. 17(4): p. 976-981. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0345448811&partnerID=40>
- Laaksonen, M., Peuhu, E., Varkonyi, G. et Siitonen, J. Effects of habitat quality and landscape structure on saproxylic species dwelling in boreal spruce-swamp forests. Oikos. 2008. 117(7): p. 1098-1110. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-47749110996&partnerID=40>
- Lindo, Z. et Visser, S. Microbial biomass, nitrogen and phosphorus mineralization, and mesofauna in boreal conifer and deciduous forest floors following partial and clear-cut harvesting. Canadian Journal of Forest Research. 2003. 33(9): p. 1610-1620. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0345358779&partnerID=40>
- Niemela, J. Invertebrates and boreal forest management. Conservation Biology. 1997. 11(3): p. 601-610. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0031458417&partnerID=40>
- Thiffault, E., Bélanger, N., Paré, D. et Munson, A. D. How do forest harvesting methods compare with wildfire? A case study of soil chemistry and tree nutrition in the boreal forest. Canadian Journal of Forest Research. 2007. 37(9): p. 1659-1668. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-36549039964&partnerID=40>
- Tan, X., Chang, S. X. et Kabzems, R. Soil compaction and forest floor removal reduced microbial biomass and enzyme activities in a boreal aspen forest soil. Biology and Fertility of Soils. 2008. 44(3): p. 471-479. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-38049045166&partnerID=40>
- Duchesne, L., et Houle, D.. Impact of nutrient removal through harvesting on the sustainability of the boreal forest. Ecological Applications. 2008. 18(7): p. 1642-1651.
- Pennock, D. J. et Van Kessel, C. Clear-cut forest harvest impacts on soil quality indicators in the mixed wood forest of Saskatchewan, Canada. Geoderma. 1997. 75(1-2): p. 13-32. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0030616405&partnerID=40>
- Kreutzweiser, D. P., Hazlett, P. W. et Gunn, J. M. Logging impacts on the biogeochemistry of boreal forest soils and nutrient export to aquatic systems: A review. Environmental Reviews. 2008. 16: p. 157-179. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-61449258611&partnerID=40>
- Hazlett, P. W., Gordon, A. M., Voroney, R. P. et Sibley, P. K. Impact of harvesting and logging slash on nitrogen and carbon dynamics in soils from upland spruce forests in northeastern Ontario. Soil Biology and Biochemistry. 2007. 39(1): p. 43-57. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33750943250&partnerID=40>
- Kane, E. S. et Vogel, J. G. Patterns of total ecosystem carbon storage with changes in soil temperature in boreal black spruce forests. Ecosystems. 2009. 12(2): p. 322-335. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-61349150519&partnerID=40>
- Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A. M., Mannerkoski, H., Piirainen, S. et Starr, M. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. Plant & Soil. 2004. 263(1/2): p. 53-67. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ah&AN=150432408&site=ehost-live>
- Tan, Xiao, Chang, Scott et Kabzems, Richard. Soil compaction and forest floor removal reduced microbial biomass and enzyme activities in a boreal aspen forest soil. Biology and Fertility of Soils. 2008. 44(3): p. 471-479. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-007-0229-3>
- Thiffault, E., Hannam, K., Quideau, S., Paré, D., Bélanger, N., Oh, S. W. et Munson, A. Chemical composition of forest floor and consequences for nutrient availability after wildfire and harvesting in the boreal forest. Plant and Soil. 2008. 308(1): p. 37-53. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-008-9604-6>
- Marshall, V. G. Impacts of forest harvesting on biological processes in northern forest soils. Forest Ecology and Management. 2000. 133(1-2): p. 43-60. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-40SFG2F-6/2/b0fb33ea3f0679fba44e34a83e81af8>
- Wall, Antti. Effect of removal of logging residue on nutrient leaching and nutrient pools in the soil after clearcutting in a Norway spruce stand. Forest Ecology and Management. 2008. 256(6): p. 1372-1383. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-4T554FW-4/2/07c38a327025ec284160a0364ec633>
- Zummo, Lynne M. et Friedland, Andrew J. Soil carbon release along a gradient of physical disturbance in a harvested northern hardwood forest. Forest Ecology and Management. 2011. 261(6): p. 1016-1026. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-51XN8B-3/2/86aba23d4602a7a6bfede1e0ff191769>
- Stupak, I., Askainen, A., Jonsell, M., Karlton, E., Lunman, A., Mizarite, D., Pasanen, K., Parn, H., Raulund-Rasmussen, K., Röser, D., Schroeder, M., Varnagiryte, I., Vilkriste, L., Callesen, I., Clarke, N., Gaitnieks, T., Ingerslev, M., Mandre, M., Ozolinshi, R., Saarsalmi, A., Arvolaits, K., Helmsaari, H. S., Indriksons, A., Kairiukstis, L., Katzensteiner, K., Kukkola, M., Ots, K., Ravn, H. P. et Tamminen, P. Sustainable utilisation of forest biomass for energy--Possibilities and problems: Policy, legislation, certification, and recommendations and guidelines in the Nordic, Baltic, and other European countries. Biomass and Bioenergy. 2007. 31(10): p. 666-684. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953407001195>
- Eriksson, H. and Hallstam, G. Biomass fuels - effects on the carbon dioxide budget. 1992. Stockholm. Nutek, report R.
- Van Hook, R. I., Johnson, D. W., West, D. C. et Mann, L. K. Environmental effects of harvesting forests for energy. Forest Ecology and Management. 1982. 4(1): p. 79-94. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T6X-48XMK6X-RC/2/1e833e3572376b86905ce1d41e1f3e>
- Ouimet, R., Duchesne, L. Évaluation des types écologiques forestiers sensibles à l'appauvrissement des sols en minéraux par la récolte de biomasse. 2009. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière.
- Thiffault, E., Paré, D., Brais, S. et Titus, B. D. Intensive biomass removals and site productivity in Canada: A review of relevant issues. Forestry Chronicle. 2010. 86(1): p. 36-42. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77949377382&partnerID=40&md5=3c8b84f2463cd6cf866aadaa2448aca9>
- Ouimet, Rock, Arp, Paul, Watmough, Shaun, Aherne, Julian et DeMerchant, Ian. Determination and Mapping Critical Loads of Acidity and Exceedances for Upland Forest Soils in Eastern Canada. Water, Air, & Soil Pollution. 2006. 172(1): p. 57-66. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-005-9050-5>
- St-Germain, M. et Greene, D. F. Salvage logging in the boreal and cordillera forests of Canada: Integrating industrial and ecological concerns in management plans. Forestry Chronicle. 2009. 85(1): p. 120-134. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-65649096146&partnerID=40>
- Jonsell, Mats, The Effects Of Forest Biomass Harvesting On Biodiversity, dans Sustainable Use of Forest Biomass for Energy, Röser, Dominik, et al., Editors. 2008, Springer Netherlands, p. 129-154.
- Stockland, J.N. The coarse woody debris profile: an archive of recent forest history and an important biodiversity indicator. Ecological Bulletins. 2001. 49: p. 71-83.
- Bowman, J. C., D. Sleep, G. J. Forbes, and M. Edwards. The Association of Small Mammals with Coarse Woody Debris at Log and Stand Scales. Forest Ecology and Management. 2000. 129(1-3): p. 119-124.
- Pedlar, J. H., Pearce, J. L., Venier, L. A. et McKenney, D. W. Coarse woody debris in relation to disturbance and forest type in boreal Canada. Forest Ecology and Management. 2002. 158(1-3): p. 189-194. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0037086507&partnerID=40>
- Drapeau, P., Nappi, A., Imbeau, L., and Saint-Germain, M. Standing deadwood for keystone bird species in the eastern boreal forest: Managing for snag dynamics. The Forestry Chronicle. 2009. 85(2): p. 227-234.
- Freedman, B., V. Zelazny, D. Beaudette, T. Fleming, G. Johnson, S. Flemming, J. S. Garrow, G. Forbes, and S. Woodley. Biodiversity Implications of Changes in the Quantity of Dead Organic Matter in Managed Forests. Environmental Reviews. 1996. 4(3): p. 238-265.
- Freeman, A. 2010. The Effect of Coarse Woody Debris on Species Diversity in the Boreal Forest. [http://www.environment.uwaterloo.ca/ers/research/490s/documents/angela\\_freemanthesis.pdf](http://www.environment.uwaterloo.ca/ers/research/490s/documents/angela_freemanthesis.pdf)
- Bartels, Samuel F. et Chen, Han Y. H. Is understory plant species diversity driven by resource quantity or resource heterogeneity? Ecology. 2010. 91(7): p. 1931-1938. <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/0910-1370.1>
- Siitonen, J. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian Boreal forests as an example. Ecological Bulletins. 2001. 49: p. 11-41.
- Janowiak, M. K. et Webster, C. R. Promoting ecological sustainability in woody biomass harvesting. Journal of Forestry. 2010. 108(1): p. 16-23. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-74549209044&partnerID=40&md5=d4762caa4ba76ab6816946ebd49b582>

71. Jack, M. et Hall, P. Large-scale forests for bioenergy: Land-use, economic and environmental implications. *Unasylva*, 2010. 61(1-2): p. 23-27. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77956257711&partnerID=40&md5=477f57fb913ef7a01a00508159b>
72. Rabinowitsch-Jokinen, R. et Vanha-Majamaa, I. Immediate effects of logging, mounding and removal of logging residues and stumps on coarse woody debris in managed boreal Norway spruce stands. *Silva Fennica*, 2010. 44(1): p. 51-62. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77953056248&partnerID=40&md5=f410b06d7da39dbb723974b0bcb8e5b>
73. Jonsell, M. Effects on biodiversity of forest fuel extraction, governed by processes working on a large scale. *Biomass and Bioenergy*, 2007. 31(10): p. 726-732. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-4PFFD05-2/2/80fc25ce810e5a86e72e6840fad15166>
74. Rabinowitsch-Jokinen, R. et Vanha-Majamaa, I. Immediate Effects of Logging, Mounding and Removal of Logging Residues and Stumps on Coarse Woody Debris in Managed Boreal Norway Spruce Stands. *Silva Fennica*, 2010. 44(1): p. 51-62. <http://www.metla.fi/silvatennica/full/sf44/sf441051.pdf>
75. Broquet, T., Ray, N., Petit, E., Fryxell, J. M. et Burel, F. Genetic isolation by distance and landscape connectivity in the American marten (*Martes americana*). *Landscape Ecology*, 2006. 21(6): p. 877-889. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-03364589826&partnerID=40>
76. Sorensen, T., McLoughlin, P. D., Hervieux, D., Dzus, E., Nolan, J., Wynes, B. et Boutin, S. Determining suitable levels of cumulative effects for boreal caribou. *Journal of Wildlife Management*, 2008. 72(4): p. 900-905. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-43249123398&partnerID=40>
77. Forman, R.T.T. et Alexander, L.E. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1998. 29: p. 207-231.
78. Trombulak, S.C. et Frissell, C.A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 2000. 14: p. 18-30.
79. Harper, K.A., Macdonald, S.E., Burton, P.J., Chen, J., Brosfoske, K.D., Saunders, S.C., Euskirchen, E.S., Roberts, D., Jaithe, M.S. et Esseen, P. Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes. *Conservation Biology*, 2005. 19(3): p. 768-782. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x>
80. Mortensen, David A., Rauscher, Emily S., J., Nord, Andrea N. et Jones, Brian P. Forest Roads Facilitate the Spread of Invasive Plants. *Invasive Plant Science and Management*, 2009. 2(3): p. 191-199. <http://dx.doi.org/10.1614/IPSM-08-125.1>
81. Venter, Oscar, Brodeur, Nathalie N., Nemiroff, Leah, Belland, Brenna, Dolinsek, Ivan J. et Grant, James W. A. Threats to Endangered Species in Canada. *BioScience*, 2006. 56(11): p. 903-910. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[903:TTEsIC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[903:TTEsIC]2.0.CO;2)
82. Komonen, A., Penttilä, R., Lindgren, M. et Hanski, I. Forest fragmentation truncates a food chain based on an old-growth forest bracket fungus. *Oikos*, 2000. 90(1): p. 119-126. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033854531&partnerID=40>
83. Mascarfa LÁpez, L. E., Harper, K. A. et Drapeau, P. Edge influence on forest structure in large forest remnants, cutblock separators, and riparian buffers in managed black spruce forests. *Ecoscience*, 2006. 13(2): p. 226-233. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33746130000&partnerID=40>
84. Wedeles, C. et Sleep, D. J. H. Fragmentation in the boreal forest and possible effects on terrestrial wildlife. *NCASI Technical Bulletin*, 2008(959): p. 1-69. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-58149231454&partnerID=40>
85. Vors, L. S., Schaefer, J. A., Pond, B. A., Rodgers, A. R. et Patterson, B. R. Woodland caribou extirpation and anthropogenic landscape disturbance in Ontario. *Journal of Wildlife Management*, 2007. 71(4): p. 1249-1256. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-03454885248&partnerID=40>
86. James, A. R. C. et Stuart-Smith, A. K. Distribution of caribou and wolves in relation to linear corridors. *Journal of Wildlife Management*, 2000. 64(1): p. 154-159. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033977947&partnerID=40>
87. Weir, J. N., Mahoney, S. P., McLaren, B. et Ferguson, S. H. Effects of mine development on woodland caribou Rangifer tarandus distribution. *Wildlife Biology*, 2007. 13(1): p. 66-74. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-034249785119&partnerID=40>
88. Wright, J. D. et Ernst, J. Wolverine, *Gulo gulo* luscus, resting sites and caching behavior in the boreal forest. *Canadian Field-Naturalist*, 2004. 118(1): p. 61-64. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-12244307471&partnerID=40>
89. Bowman, J. et Robitaille, J. F. An assessment of expert-based marten habitat models used for forest management in Ontario. *Forestry Chronicle*, 2005. 81(6): p. 801-807. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-03264449024&partnerID=40>
90. Schmiegelow, F. K. A. et Monkkonen, M. Habitat loss and fragmentation in dynamic landscapes: Avian perspectives from the boreal forest. *Ecological Applications*, 2002. 12(2): p. 375-389. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0036557494&partnerID=40>
91. Bayne, E. M., Van Wilgenburg, S. L., Boutin, S. et Hobson, K. A. Modeling and field-testing of Ovenbird (*Seiurus aurocapillus*) responses to boreal forest disturbance by energy sector development at multiple spatial scales. *Landscape Ecology*, 2005. 20(2): p. 203-216. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-21644446024&partnerID=40>
92. Gagné, C., Imbeau, L. et Drapeau, P. Anthropogenic edges: Their influence on the American three-toed woodpecker (*Picoides dorsalis*) foraging behaviour in managed boreal forests of Quebec. *Forest Ecology and Management*, 2007. 252(1-3): p. 191-200. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-035548997881&partnerID=40>
93. Jonsson, B.J., and Krüys, N. Ecology of Woody Debris in Boreal Forests: Future Research Directions. *Ecological Bulletins*, 2001. 49: p. 279-281.
94. Smeets, E. M. W. et Faaij, A. P. C. Bioenergy potentials from forestry in 2050: An assessment of the drivers that determine the potentials. *Climatic Change*, 2007. 81(3-4): p. 353-390. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33847669400&partnerID=40&md5=e54845c6c343d1846b22af1a7ab53e9>
95. Wood, S., Layzell, D. A Canadian Biomass Inventory: Feedstocks for a Bio-based Economy. 2003. Kingston, BIOCAP Canada Foundation. 42. [http://www.biocap.ca/images/pdfs/BIOCAP\\_Biomass\\_Inventory.pdf](http://www.biocap.ca/images/pdfs/BIOCAP_Biomass_Inventory.pdf)
96. Kumarappan, Subbu, Joshi, Satish et MacLean, Heather L. Biomass Supply For Biofuel Production: Estimates For The United States And Canada. *BioResources*, 2009. 4(3): p. 1070-1087. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=43692617&site=enost-live>
97. Lattimore, B., Smith, T., Richardson, J. Coping with complexity: Designing low-impact forest bioenergy systems using an adaptive forest management framework and other sustainable forest management tools. *Forestry Chronicle*, 2010. 86(1): p. 20-27.
98. Titus, B., Smith, T., Puddister, D. et Richardson, J. The scientific foundation for sustainable forest biomass harvesting guidelines and policies. *Forestry Chronicle*, 2010. 86(1): p. 18-19. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77949350012&partnerID=40&md5=c1840bee45039dccc726927b0506b68>
99. Titus, Brian D., Maynard, Douglas G., Dymond, Karen C., Stinson, Graham et Kurz, Werner A. Wood Energy: Protect Local Ecosystems. *Science*, 2009. 324(5933): p. 1389-1390. <http://www.sciencemag.org/content/324/5933/1389.3.short>
100. Bradshaw, Corey J. A., Warkentin, Ian G. et Sodhi, Navjot S. Urgent preservation of boreal carbon stocks and biodiversity. *Land Ecology & Evolution*, 2009. 24(10): p. 541-548. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VJ1-4X03JDR-1/2/7b1103a3b372b85f4a540602dee3b454>
101. Lee, P., Aksenov, D., Laestadius, L., Nogueron, R. et Smith, W. Canada's Large Intact Forest Landscapes. 2003. Canada, Global Forest Watch. Edmonton, Alberta. 84pp.
102. Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., Dubinin, M., Laestadius, L., Thies, C., Aksenov, D., Egorov, A., Yesipova, Y., Glushkova, I., Karpachevskiy, M., Kostikova, A., Manisha, A., Tsybikova, E. et Zhuravleva, I. Mapping the world's intact forest landscapes by remote sensing. *Ecology and Society*, 2008. 13(2). <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-58749106105&partnerID=40>
103. Hannah, L. A Global Conservation System for Climate-Change Adaptation. *Conservation Biology*, 2010. 24(1): p. 70-77. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01405.x>
104. Noss, R.F. Beyond Kyoto: Forest Management in a Time of Rapid Climate Change. *Conservation Biology*, 2001. 15(3): p. 578-590. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.015003578.x>
105. Reid, W.V., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duralappah, A.K., Hassan, R., Kasperson, R., Leemans, R., May, R.M., McMichael, A.J., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R.T., Zakri, A.H., Zhidong, Z., Ash, N.J., Bennett, E., Kumar, P., Lee, M.J., Raudapp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J., Zurek, M.B. Millennium Ecosystem Assessment; Synthesis Report. 2005. Press, Island. Washington DC.
106. SCBD. Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change 2009. , Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. 126pp. <http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-41-en.pdf>
107. Lovejoy, T.E., Conservation with a changing climate, dans *Climate change and biodiversity*, Lovejoy, T.E., et Hannah, L., Editor. 2006, Teri Press, New Delhi, India. p. 418.
108. Mainville, N. Refuge Boreal: Rapport sur les dernières forêts intactes du Québec. 2010. Greenpeace Canada. [http://www.greenpeace.org/canada/Global/canada/report/2010/5/Boreal\\_refuge/rapport%20REFUGE%20BOREAL.PDF](http://www.greenpeace.org/canada/Global/canada/report/2010/5/Boreal_refuge/rapport%20REFUGE%20BOREAL.PDF)
109. Hacker, J. J. Effects of Logging Residue Removal on Forest Sites: A Literature Review. 2005. Commission, Resource Analytics and West Central Wisconsin Regional Planning.
110. Schlamadinger, B. et Marland, G. Net effect of forest harvest on CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere: a sensitivity analysis on the influence of time. *Tellus B*, 1999. 51(2): p. 314-325. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1600-0889.1999.00014.x>
111. Marland, Gregg et Marland, Scott. Should we store carbon in trees? *Water, Air, & Soil Pollution*, 1992. 64(1): p. 181-195. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00477101>
112. Kembel, S. W., Waters, I. et Shay, J. M. Short-term effects of cut-to-length versus full-tree harvesting on understorey plant communities and understorey-regeneration associations in Manitoba boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 2008. 255(5-6): p. 1848-1858. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-39749104181&partnerID=40>
113. Manomet, Center for Conservation Sciences, Carbon Accounting for Forest Biomass Combustion, dans *Massachusetts Biomass Sustainability and Carbon Policy Study: Report to the Commonwealth of Massachusetts Department of Energy Resources*. 2010. Brunswick, Maine. p. 95-114.
114. EIA. Voluntary Reporting of Greenhouse Gases Program Fuel Carbon Dioxide Emission Coefficients. US Energy Information Administration. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/coefficients.html>
115. Harmon, M.E., Searchinger, T.D., Moomaw, W. 2011. Letter to Members of the Washington State Legislature.
116. Chum, H. A., Faaij, J., Moreira, G., Berndes, P., Dharmija, H., Dong, B., Gabrielle, A., Goss Eng, W., Lucht, M., Mapako, O., Masera Cerutti, T., McIntyre, T., Minowa, K., Pingault, Bioenergy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. 2011. Press, University, Cambridge. IPCC. [http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC\\_SRREN\\_Ch02](http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch02)
117. Repo, Anna, Tuomi, Mikko et Liski, Jari. Indirect carbon dioxide emissions from producing bioenergy from forest harvest residues. *GCB Bioenergy*, 2011. 3(2): p. 107-115. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01065.x>
118. Canada, Environment. National Pollutant Release Inventory. <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/Default.aspx?lang=En&n=4A577B89-1>
119. Canada, Environment. National Inventory Report: Greenhouse Gas Sources And Sinks In Canada. The Canadian Government's Submission to the UN Framework Convention on Climate Change. 2011. Ottawa. [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_1\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories/items/5888.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_1_ghg_inventories/national_inventories/items/5888.php)
120. Canada, Environnement. Rapport d'inventaire national 1990-2008 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. 2010. Ottawa. Environnement Canada. 248p.
121. Schlesinger, W. H. et al. 2010. Letter from 90 scientists to Honorable Nancy Pelosi, Speaker U.S. House of Representatives and Honorable Harry Reid Majority Leader, United States Senate on accounting error on bioenergy GHG emissions. <http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2011/03/90scientistsletter.pdf>
122. Marland, Gregg, Schlamadinger, Bernhard et Leiby, Paul. Forest/biomass based mitigation strategies: Does the timing of carbon reductions matter? *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 1997. 27(11 suppl 1): p. 213 - 226. <http://www.informaworld.com/10.1080/10643389709388521>
123. Rabl, Ari, Benoist, Anthony, Dron, Dominique, Peupertier, Bruno, Spadaro, Joseph et Zoughaib, Assaad. How to account for CO<sub>2</sub> emissions from biomass in an LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2007. 12(5): p. 281-281. <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.06.347>
124. Johnson, Eric. Goodbye to carbon neutral: Getting biomass footprints right. *Environmental Impact Assessment Review*, 2009. 29(3): p. 165-168. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V9G-4V6YSTM-2/2/89b6a66195492f500c05e17f3af7d0>
125. Searchinger, Timothy D. Biofuels and the need for additional carbon. *Environmental Research Letters*, 2010. 5(2): p. 024007. <http://stacks.iop.org/1748-9326/5/2=024007>
126. Searchinger, Timothy D., Hamburg, Steven P., Meilillo, Jerry, Chameides, William, Havlik, Petr, Kammen, Daniel M., Likens, Gene E., Lubowski, Ruben N., Obersteiner, Michael, Oppenheimer, Michael, Philip Robertson, G., Schlesinger, William H. et David Tilman, G. Fixing a Critical Climate Accounting Error. *Science*, 2009. 326(5952): p. 527-528. <http://www.sciencemag.org>
127. Manomet, Center for Conservation Sciences. Massachusetts Biomass Sustainability and Carbon Policy Study: Report to the Commonwealth of Massachusetts Department of Energy Resources. 2010. NCI-2010-03. Natural Capital Initiative Report. Brunswick, Maine. 182.
128. McKechnie, Jon, Colombo, Steve, Chen, Jiaxin, Mabee, Warren et MacLean, Heather L. Forest Bioenergy or Forest Carbon? Assessing Trade-Offs in Greenhouse Gas Mitigation with Wood-Based Fuels. *Environmental Science & Technology*, 2011. 45(2): p. 789-795. <http://dx.doi.org/10.1021/es1024004>
129. Booth, M.S., Wiles, R. Clearcut Disaster: Carbon Loophole Threatens U.S. Forests. 2010. Environmental Working Group. 43p.
130. Ingerson, A. Wood Products and Carbon Storage: Can Increased Production Help Solve the Climate Crisis? 2009. Washington DC. The Wilderness Society. <http://wilderness.org/files/Wood-Products-and-Carbon-Storage.pdf>
131. Cherubini, Francesco, Peters, Glen P., Bernsten, Terje, Strömman, Anders H. et Hertwich, Egar. CO<sub>2</sub> emissions from biomass combustion for bioenergy: atmospheric decay and contribution to global warming. *GCB Bioenergy*, 2011. 3(5): p. 413-426. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01102.x>
132. Dunmore, C. Bioenergy targets based on flawed science. *Reuters*. <http://www.reuters.com/article/2011/09/14/us-eu-biofuels-idUSTRE78D0K020110914>
133. Marland, Gregg et Schlamadinger, Bernhard. Biomass fuels and forest-management strategies: How do we calculate the greenhouse-gas emissions benefits? *Energy*, 1995. 20(11): p. 1131-1140. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-3YCDWB6-P/2/d125744bbc6946795ea032633dc7205c>
134. Schlamadinger, B. et Marland, G. Full fuel cycle carbon balances of bioenergy and forestry options. *Energy Conversion and Management*, 1996. 37(6-8): p. 813-818. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2P-3VV70Y3-4/2/5adfb0c80aac18028177423a238b04eae>
135. Harmon, M.E., Ferrell, W.K., and Franklin, J.F. Effects on Carbon Storage of Conversion of Old-Growth Forests to Young Forests. *Science*, 1990. 247(4943): p. 699.
136. Tuomi, M., Thum, T., Järvinen, H., Fronzek, S., Berg, B., Harmon, M., Trofymow, J. A., Sevanto, S. et Liski, J. Leaf litter decomposition—Estimates of global variability based on Yasso07 model. *Ecological Modelling*, 2009. 220(23): p. 3362-3371. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438000900386X>
137. Zhou, Li, Dai, Li-min, Gu, Hui-yang et Zhong, Lei. Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem. *Journal of Forestry Research*, 2007. 18(1): p. 48-54. <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-007-0009-9>
138. Fantozzi, Francesco et Buratti, Cinzia. Life cycle assessment of biomass chains: Wood pellet from short rotation coppice using data measured on a real plant. *Biomass and Bioenergy*, 2010. 34(12): p. 1795-1804. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-50TYG2-1/2/63de7ebadca6008cc6201836d74fa9>
139. Forsberg, G. Biomass energy transport: Analysis of bioenergy transport chains using life cycle inventory method. *Biomass and Bioenergy*, 2000. 19(1): p. 17-30. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034235104&partnerID=40&md5=1d479fd051069a8df2fcc1d0c0fa8a>

140. Guinée, Jeroen, Heijungs, Reinout et van der Voet, Ester. A greenhouse gas indicator for bioenergy: some theoretical issues with practical implications. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2009, 14(4): p. 328-339. <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-009-0080-x>
141. Ou, Xunmin, Zhang, Xiliang, Chang, Shiyan et Guo, Qingfang. Energy consumption and GHG emissions of six biofuel pathways by LCA in (the) People's Republic of China. *Applied Energy*, 2009, 86(Supplement 1): p. S197-S208. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V1T-4WGGKRF-12/ee42ced18735845878abc524581e297>
142. Marland, G. et Schlamadinger, B. Forests for carbon sequestration or fossil fuel substitution? A sensitivity analysis. *Biomass and Bioenergy*, 1997, 13(6): p. 389-397. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-3XBTV7M-NI2/5de82c2ced077c9deca47b086a1a13234>
143. Schlamadinger, B., Apps, M., Bohlin, F., Gustavsson, L., Jungmeier, G., Marland, G., Pingoud, K. et Savolainen, I. Towards a standard methodology for greenhouse gas balances of bioenergy systems in comparison with fossil energy systems. *Biomass and Bioenergy*, 1997, 13(6): p. 359-375. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V22-3XBTV7M-KJ2/14c788843901b93b0c924136065549b>
144. Affairs, Massachusetts Energy and Environmental. 2010. Patrick-Murray Administration Releases Biomass Sustainability Study. [http://www.mass.gov/?pageID=e0ee4e9e3e5e&L=1&O=Home&sid=E0ee4e9e3e5e&pressrelease&=100610\\_pr\\_biomass\\_s\\_tudy&csid=E0ee4e9e3e5e](http://www.mass.gov/?pageID=e0ee4e9e3e5e&L=1&O=Home&sid=E0ee4e9e3e5e&pressrelease&=100610_pr_biomass_s_tudy&csid=E0ee4e9e3e5e)
145. DeAngelis, D. L., Boreal Forest, dans *Encyclopedia of Ecology*, Sven Erik, Jorgensen et Brian, Fath, Editors, 2008. Academic Press. Oxford, p. 493-495.
146. Malhi, Y., Baldocchi, D. D. et Jarvis, P. G. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell & Environment*, 1999, 22(6): p. 715-740. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3040.1999.00453.x>
147. ESA. New boreal forest biomass maps produced from radar satellite data. *Sciencedaily - European Space Agency*. <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100325102405.htm>
148. Lee, P.G., Hanneman, M., Gysbers, J.D., Industrial-caused changes to Canada's forest frontier: 1990-2001. 2010. Canada, Global Forest Watch. Edmonton, Alberta. 19pp. [http://www.globalforestwatch.ca/Anniversaries2010/07Change/Change\\_LR.pdf](http://www.globalforestwatch.ca/Anniversaries2010/07Change/Change_LR.pdf)
149. Luysaert, Sebastiaan, Schulze, E. Detlef, Börner, Annett, Knohl, Alexander, Hessenmoller, Dominik, Law, Beverly E., Ciais, Philippe et Grace, John. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 2008, 455(7210): p. 213-215. <http://dx.doi.org/10.1038/nature07276>
150. Howard, E. A., Gower, S. T., Foley, J. A. et Kucharik, C. J. Effects of logging on carbon dynamics of a jack pine forest in Saskatchewan, Canada. *Global Change Biology*, 2004, 10(8): p. 1267-1284. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-3943102652&partnerID=40>
151. Bradshaw, C. J. A., Warkentin, I. G. et Sodhi, N. S. Urgent preservation of boreal carbon stocks and biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 2009, 24(10): p. 541-548. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-69749102195&partnerID=40>
152. Laboratory, Oak Ridge National. Bioenergy feedstock information center. US department of Energy. <http://bioenergy.ornl.gov/>
153. Chen, H. Y. H. et Popadiouk, R. V. Dynamics of North American boreal mixedwoods. *Environmental Reviews*, 2002, 10(3): p. 137-166. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/a02-007>
154. Quegan, Shaun, Beer, Christian, Shvidenko, Anatoly, McCallum, I. A. N., Handoh, Itsuki C., Peylin, Philippe, RÖdenbeck, Christian, Lucht, Wolfgang, Nilsson, Sten et Schimmler, Christine. Estimating the carbon balance of central Siberia using a landscape-ecosystem approach, atmospheric inversion and Dynamic Global Vegetation Models. *Global Change Biology*, 2011, 17(1): p. 351-365. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02275.x>
155. Luysaert, S., Ciais, P., Piao, S. L., Schulze, E. D., Jung, M., Zaehle, S., Schelhaas, M. J., Reichstein, M., Churkina, G., Papale, D., Abril, G., Beer, C., Grace, J., Loustau, D., Matteucci, G., Magnani, F., Nabuurs, G. J., Verbeeck, H., Sulkava, M., Van Der Werf, G. R., Janssens, I. A. et members of the CarboEurope-IP Synthesis Team. The European carbon balance. Part 3: forests. *Global Change Biology*, 2010, 16(5): p. 1429-1450. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02056.x>
156. Melin, Y., Petersson, H. et Egnell, G. Assessing carbon balance trade-offs between bioenergy and carbon sequestration of stumps at varying time scales and harvest intensities. *Forest Ecology and Management*, 2010, 260(4): p. 536-542. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77954213843&partnerID=40&md5=711cd15baee67c861b11d028a9534c>
157. Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Ebata, T. et Safranyik, L. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature*, 2008, 452(7190): p. 987-990. <http://dx.doi.org/10.1038/nature06777>
158. Abbasi, Tasneem et Abbasi, S. A. Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 14(3): p. 919-937. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VMY-4XSTRHG-1/2/033ef187d67465f4a05e63e65a3918a>
159. Cherubini, Francesco. GHG balances of bioenergy systems - Overview of key steps in the production chain and methodological concerns. *Renewable Energy*, 2010, 35(7): p. 1565-1573. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V4S-4Y1WK19-1/2/39be1fb265d3dad949e9c3acc3029b>
160. Cherubini, Francesco, Bird, Neil D., Cowie, Annette, Jungmeier, Gerfried, Schlamadinger, Bernhard et Woess-Gallasch, Susanne. Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, 2009, 53(8): p. 434-447. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VDX-4W7HP1J-1/2/de90c58635f099c405c8e4736264223>
161. Cherubini, F. et Stromman, A. H. Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. *Bioresource Technology*. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77956286876&partnerID=40&md5=459f8d25bd706b51135567a22704ecc5>
162. Searchinger, Timothy, Heimlich, Ralph, Houghton, R. A., Dong, Fengxia, Elobeid, Amani, Fabiosa, Jacinto, Tokgoz, Simla, Hayes, Dermot et Yu, Tun-Hsiang. Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science*, 2008, 319(5867): p. 1238-1240. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/319/5867/1238>
163. Searchinger, Timothy D., Hamburg, Steven P., Mellillo, Jerry, Chameides, William, Havlik, Petr, Kammen, Daniel M., Likens, Gene E., Obersteiner, Michael, Oppenheimer, Michael, Robertson, G. Philip, Schlesinger, William H., Lubowski, Ruben et Tilman, G. David. Bioenergy: Counting on Incentives—Response. *Science*, 2010, 327(5970): p. 1200-1201. <http://www.sciencemag.org/content/327/5970/1200.1.short>
164. Searchinger, T. D., Hamburg, S. P., Mellillo, J., Chameides, W., Havlik, P., Kammen, D. M., Likens, G. E., Obersteiner, M., Oppenheimer, M., Robertson, G. P., Schlesinger, W. H., Tilman, G. D. et Lubowski, R. Response. *Science*, 2010, 327(5967): p. 781. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-76749159920&partnerID=40&md5=f62ce0ea9b13d8be34183e4f4c5321cf>
165. McKendry, Peter. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 2002, 83(1): p. 37-46. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V24-44YWKMG-2/2/c4712362a0950bc2ac19171540c3fbd>
166. IEA. Energy Statistics Manual. 2004. Paris. International Energy Agency. 195p. [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/statistics\\_manual.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/statistics_manual.pdf)
167. Cleveland, C. 2011. Energy transitions past and future. *The Encyclopedia of Earth*. Washington DC. [http://www.eoearth.org/article/Energy\\_transitions\\_past\\_and\\_future#gen3](http://www.eoearth.org/article/Energy_transitions_past_and_future#gen3)
168. WEC. 2007 Survey of Energy Resources. 2007. London. World Energy Council. [http://www.worldenergy.org/documents/ser2007\\_final\\_online\\_version\\_1.pdf](http://www.worldenergy.org/documents/ser2007_final_online_version_1.pdf)
169. Evans, Annette, Strezov, Vladimir et Evans, Tim J. Sustainability considerations for electricity generation from biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 14(5): p. 1419-1427. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VMY-4YBV1M5-1/2/d343bfac0d7a5b540679455f096751>
170. McManus, M. C. Life cycle impacts of waste wood biomass heating systems: A case study of three UK based systems. *Energy*, 2010, 35(10): p. 4064-4070. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V2S-50MOTGK-1/2/d2115c70be611ac586d5046ee7d0e41>
171. NRCAN. Important Facts on Canada's Natural Resources: Energy. <http://www.nrcan.gc.ca/statistics-facts/energy/895>
172. Canada, Statistiques. Energy Statistics Handbook. 2010. Ottawa. [www.statcan.gc.ca](http://www.statcan.gc.ca)
173. Kofman, P.D. Units, conversion factors and formulae for wood for energy. 2010. Dublin. COFORD. 4. <http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/ht21.pdf>
174. Canada. Electric Power Generation, Transmission and Distribution 2007, 2009. Ottawa. Statistiques Canada. <http://www.statcan.gc.ca/pub/57-202-x/57-202-x2007000-eng.pdf>
175. NewPage. 2011. Port Hawkesbury Biomass Co-Generation Project Proceeding. <http://foresttalk.com/index.php/2010/11/01/port-hawkesbury-biomass-co-generation/>
176. foresttalk.com. Nova Scotia approves NewPage plan to burn trees for power. <http://foresttalk.com/index.php/2010/10/14/nova-scotia-approves-newpage-plan-to-burn-trees-for-power/>
177. Bauen, A., Woods, J. and Hailes, R. BIOPOWERSWITCH! A Biomass Blueprint to Meet 15 % of OECD Electricity Demand by 2020. 2004. WWF and Aebiom. <http://assets.panda.org/downloads/biomassreportfinal.pdf>
178. Canada. Canada's New Government Takes New Step To Protect The Environment With Biofuels. Agriculture and Agri-food Canada. [http://www.agr.gc.ca/cb/index\\_e.php?st1=&s2=2006&page=n61220](http://www.agr.gc.ca/cb/index_e.php?st1=&s2=2006&page=n61220)
179. Chakraborty, A. 2008. Secret report: biofuel caused food crisis. Internal World Bank study delivers blow to plant energy drive. *The Guardian*. London. <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jul/03/biofuels.renewableenergy>
180. FPAC. The New Face of the Canadian Forest Industry: The Emerging Bio-revolution. 2011. 10p. <http://www.fpac.ca/index.php/en/bio-revolution/>
181. Ontario. Supporting The Forest Industry In White River. <http://www.news.ontario.ca/mndmf/en/2011/05/supporting-the-forest-industry-in-white-river.html>
182. Hamilton, T. 2011. Ontario to become hub for "green" jet fuel. *Toronto Star*. [http://www.thestar.com/iphone/business/article/990388--ontario-to-become-hub-for-green-jet-fuel?sms\\_ss=twitter&xt=4dcd521ed7a910.0](http://www.thestar.com/iphone/business/article/990388--ontario-to-become-hub-for-green-jet-fuel?sms_ss=twitter&xt=4dcd521ed7a910.0)
183. Rentech. Olympiad Project. <http://www.rentechinc.com/olympiad.php>
184. Newswire. 2011. CN grows jet-fuel traffic at Toronto's Pearson International Airport. *Airport Business*. <http://www.airportbusiness.com/web/Online/Top-News-Headlines/CN-grows-jet-fuel-traffic-at-Torontos-Pearson-International-Airport-as-airlines-tap-US--overseas-produce-rs-for-supplies/1829672>
185. Wigners, Anders, Galbe, Mats et Zacchi, Guido. Techno-Economic Evaluation of Producing Ethanol from Softwood: Comparison of SSF and SHF and Identification of Bottlenecks. *Biotechnology Progress*, 2003, 19(4): p. 1109-1117. <http://dx.doi.org/10.1021/bp0340180>
186. Pimentel, D., and Patzek, T.W. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood: Biodesal production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*, 2005, 14(1): p. 65-74.
187. Sasser, P., Galbe, M., and Zacchi, G. Techno-Economic Aspects of a Wood-to-Ethanol Process: Energy Demand and Possibilities for Integration Chemical Engineering Transactions, 2007, 12: p. 447-452. <http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/cheap8-pres07/pres07webpapers/52%20Sasser.pdf>
188. Demirbas, A. Hazardous Emissions from Combustion of Biomass. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 2008, 30(2): p. 170 - 178. <http://www.informaworld.com/10.1080/0908310607012406>
189. Naeher, Luke P., Brauer, Michael, Lipssett, Michael, Zeilikoff, Judith T., Simpson, Christopher D., Koenig, Jane Q. et Smith, Kirk R. Woodsmoke Health Effects: A Review. *Inhalation Toxicology*, 2007, 19(1): p. 67-106. <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.1080/08958370600985875>
190. Bain, R.L., Amos, W.A., Downing, M., Perlack, R.L. Biopower Technical Assessment: State of the Industry and Technology 2003. National Renewable Energy Laboratory. 277p. [http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/urban-forests/docs/Biopower\\_Assessment.pdf](http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/urban-forests/docs/Biopower_Assessment.pdf)
191. EPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, AP-42, Fifth Edition, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.6 Wood Residue Combustion in Boilers. 2008. Standards, EPA Office of Air Quality Planning and North Carolina. US Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ttn/chieff/ep42/index.html#toc>
192. Cupitt, LT, Glen, WG et J, Lewtas. Exposure and risk from ambient particle-bound pollution in an airshed dominated by residential wood combustion and mobile sources. *Environ Health Perspect*, 1994, 102 (suppl 4): p. 75-84.
193. Society, Massachusetts Medical. Massachusetts Medical Society Adopts Policy Opposing Biomass Power Plants. <http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2011/03/Massachusetts-Medical-Society--Massachusetts-Medical-Society-Adopts-Policy-Opposing-Biomass-Power-Plants-1.pdf>
194. Association, Florida Medical. Florida Medical Association Policy. <http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2011/03/FL-Med-Assn-2008.pdf>
195. Association, American Lung. Letter to House Committee on Energy and Commerce. 2009. [http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2011/03/ALA\\_national\\_letter.pdf](http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2011/03/ALA_national_letter.pdf)
196. Stennes, B., and McBeath, A. Bioenergy options for woody feedstock: are trees killed by mountain pine beetle in British Columbia a viable bioenergy resource? ? Ottawa. NRCAN. <http://cfs.nrcan.ca/publications/?id=26537>
197. Kumar, A., Cameron, J. B. et Flynn, P. C. Biomass power cost and optimum plant size in western Canada. *Biomass and Bioenergy*, 2003, 24(6): p. 445-464. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0037208273&partnerID=40&md5=4e3c895620922e6aeb46f7d952c57653>
198. Hager, H. 201? State of the Industry. *Canadian Biomass Magazine*. Issue. <http://www.canadianbiomassmagazine.ca/content/view/full/2287/132/>
199. Roberts, D., Hotspots in Bio-Energy Space, in BC Bioenergy Network Conference. 2011.
200. Sheenan, M., Chirillo, S., Schlossberg, J., Sammons, W., Leonard, M., Biomass Electricity: Clean Energy Subsidies for a Dirty Industry. 2011. Biomass Accountability Project. <http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2011/06/BAP-Biomass-Projects-Report.pdf>
201. Ministry of Northern Development, Mines and Forestry. Provincial Wood Supply Competition - Wrapping up press release. <http://news.ontario.ca/mndmf/en/2011/06/provincial-wood-supply-competition-wrapping-up.html>
202. Ministry of Northern Development, Mines and Forestry. Putting Ontario Wood To Work. <http://news.ontario.ca/mndmf/en/2011/02/putting-ontario-wood-to-work.html>
203. Greenpeace. Greenpeace's new vision for Canada's Boreal Forest. 2009. Toronto. Greenpeace Canada. <http://www.greenpeace.org/canada/en/recent/vision-boreal-forest/>
204. Teitelbaum, S. Building a Green Economy in the Boreal Forest. 2010. Greenpeace Canada. <http://www.greenpeace.org/canada/en/campaigns/boreal/Resources/Reports/BUILDING-A-GREEN-ECONOMY-in-the-Boreal-Forest/>
205. Mockler, P., and Robichaud, F. The Canadian Forest Sector: A Future Based on Innovation 2011. Ottawa. Senate Standing Committee on Agriculture and Forestry.
206. EBFC. Ententes sur la forêt boréale canadienne. <http://ententesurforet.borealecanadienne.com/index.php/fr/>
207. Dymond, C. C., Titus, B. D., Stinson, G. et Kurz, W. A. Future quantities and spatial distribution of harvesting residue and dead wood from natural disturbances in Canada. *Forest Ecology and Management*, 2010, 260(2): p. 181-192. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77953167747&partnerID=40&md5=act744136980d71b2b9072d430da0c>
208. Cass, J. 2011. Woodchips no longer a renewable energy fuel. ABC1. <http://www.abc.net.au/unleashed/2790222.html>
209. Eriksson, E., Gillespie, R.A., Gustavsson, L., Langvall, O., Olsson, M., Sathre, R., Stendahl, J. Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. *Canadian Journal of Forest Research*, 2007, 37(3): p. 671-681. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/X06-257>

# Glossaire

**BIOÉNERGIE** : énergie provenant de matériaux dérivés de source biologique

**BIOCARBURANT** : carburant liquide dérivé de la biomasse

**BIOGAZ** : gaz produit par la dégradation de matière organique

**BIOMASSE** : matériel biologique d'organismes vivants ou morts depuis peu

**LIQUEUR NOIRE** : résidus liquides produits lors de la transformation du bois en pâte à papier

**CARBONEUTRE ET CARBONEUTRALITÉ** : obtenir un bilan net de zéro émission de carbone en compensant une émission mesurée de carbone avec un équivalent séquestré

**ÉTHANOL CELLULOSIQUE** : type de biocombustible produit à partir de lignocellulose, un composé structural qui constitue une grande partie de la masse végétale (aussi appelé biocarburant de deuxième génération)

**CHALEUR ET PUISSANCE COMBINÉES** : production simultanée d'électricité et de chaleur dans des bouilloires industrielles ou des centrales énergétiques (aussi appelé cogénération).

**BIOMASSE FORESTIÈRE** : matière végétale provenant d'arbres ou d'arbustes vivants ou morts récemment en forêt

**RÉSIDUS DE COUPE** : résidus de bois grossiers et fins (branches, cimes des arbres, feuilles, aiguilles) générés durant les opérations de coupe forestière et habituellement non utilisés dans les scieries ou les usines de pâte et papier

**UTCATF** : (règles d'utilisation et de changements d'affectation des terres et de foresterie) : partie de l'Inventaire des gaz à effet de serre qui concerne l'émission et l'élimination de ces gaz lorsqu'ils résultent de l'utilisation humaine directe du territoire, d'un changement d'usage du territoire et d'activités de foresterie

**RÉSIDUS D'USINE** : résidus (sciures, écorce, liqueur noire, copeaux de bois) produits lors de la transformation des troncs en bois d'œuvre, contreplaqué, et papier

**ÉNERGIE RENOUVELABLE** : énergie provenant de sources qui se renouvellent naturellement

**BOIS DEBOUT** : tout arbre vivant dont le diamètre dépasse 10 cm à hauteur d'homme

**COPEAU DE BOIS** : matériel de grosseur intermédiaire produit en déchiquetant du bois plus gros

**GRANULE DE BOIS** : type de carburant forestier créé en compactant le bran de scie en petits morceaux denses et d'humidité réduite

## AUTEUR

**Nicolas Mainville**, *Biol.MSc*, Responsable de la campagne Forêt, Greenpeace Canada

## RÉVISEURS INTERNES

**Pierre Bernadet, Brian Bloome, Richard Brooks, Janet Cotter, Eric Darier, Larry Edwards, Melissa Filion, Catharine Grant, Astrid Jousset, Kees Kodde, Shane Moffatt, Robin Nieto, Wolfgang Richter, Sebastien Risso, Keith Stewart, Sven Teske et Catherine Vezina**

## RÉVISEURS EXTERNES

**Patrick Bonin**, Directeur Climat et Énergie, Association Québécoise de Lutte contre la Pollution Atmosphérique (AQLPA)  
**Mary S. Booth**, PhD, Massachusetts Environmental Energy Alliance  
**Dr Bill Sammons**, MD  
**Rachel Smolker**, Biofuelwatch et Energy Justice Network  
**Jim Thomas**, ETC Group, auteur de *The New Biomass*  
**Jena Webb**, PhD, Communauté canadienne de pratiques en écosanté (CoPEH-Canada)

## PHOTOS

© **Nicolas Mainville/Greenpeace** EXCEPT PAGE 13: © **Jamie Simpson**

## REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier tous les réviseurs d'avoir mis leur temps et leurs compétences dans la réalisation de ce rapport. Un merci tout particulier à Greenpeace USA, Greenpeace Union Européenne et Greenpeace Allemagne pour leurs précieux conseils.

Octobre 2011

Publié par Greenpeace Canada

# GREENPEACE

Greenpeace est une organisation indépendante vouée à la protection de l'environnement. Nous organisons des campagnes de sensibilisation, parfois axées sur la confrontation créative, mais toujours non violentes. Nous réalisons des recherches scientifiques et nous faisons la promotion de solutions efficaces et novatrices pour faire de notre planète un endroit plus vert et plus pacifique.

454, avenue Laurier Est  
Montréal (Québec) H2J 1E7  
1 800 320-7183  
[www.greenpeace.ca](http://www.greenpeace.ca)

**GREENPEACE**

454, avenue Laurier Est  
Montréal (Québec) H2J 1E7  
1 800 320-7183  
[www.greenpeace.ca](http://www.greenpeace.ca)