

Les changements climatiques et les forêts du Québec

Pierre Y. Bernier

Ressources Naturelles Canada, Service canadien des forêts, Ste-Foy, QC, pbernier@rncan.gc.ca

Présenté à la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, 18 mai 2004

Introduction :

Le présent avis technique sur les changements climatiques et les forêts du Québec est fourni en réponse à une demande de la Commission d'obtenir des renseignements généraux sur les différentes interactions existantes tant au niveau biologique qu'au niveau politiques entre les changements climatiques et la forêt québécoise. En réponse à cette demande, j'ai regroupé sous une même couverture un ensemble de textes déjà publiés dans l'Aubelle, la publication bi-mensuelle de l'Ordre des Ingénieurs Forestiers du Québec, et qui touchaient différents aspects de cette question. J'inclus aussi un quatrième texte, soumis pour publication dans cette même revue, mais non encore publié en date de la mi-mai 2004.

Le premier chapitre, datant de septembre 2000, dresse un court portrait de l'impact potentiel des changements climatiques sur l'industrie forestière, mettant l'accent sur les incertitudes des avenues par lesquelles les impacts les plus marqués pourraient se faire sentir. Le second texte, de l'été 2001, résume les engagements canadiens dans le cadre du Protocole de Kyoto et aborde les aspects plus techniques du carbone forestier. Le troisième chapitre, de septembre 2002, décrit comment la forêt est prise en compte dans le Protocole de Kyoto, et quelles seraient les mécanismes potentiels de génération de crédits de carbone par les entreprises forestières. Finalement, le dernier chapitre, soumis mais encore non publié dans l'Aubelle, fait un retour sur comment la forêt peut être utilisée pour soit diminuer les émissions de CO₂, soit augmenter les puits.

Ces textes sont loin d'être exhaustifs et ne font en somme qu'effleurer le sujet. En gros, nous pouvons considérer l'interaction des changements climatiques et des forêts sous deux angles distincts. Le premier est comment nous pouvons utiliser les forêts pour mitiger nos émissions de gaz à effets de serre. Ce point de vue est central aux termes de l'inclusion des forêts dans le protocole de Kyoto, et concerne donc les activités de déforestation et de forestation/reforestation (changements d'affectation des terres) de même que l'amélioration des puits naturels de carbone par l'aménagement de nos forêts. Le second point de vue, plus biologique, est quel sera l'impact des changements climatiques sur nos forêts, et comme la biosphère est couplée avec l'atmosphère, comment ces impacts influenceront à leur tour les processus atmosphériques et le climat planétaire. Ce dernier point, particulièrement important pour le long terme, n'est pas couvert dans les documents ci-joints.

Finalement, ne sont que très peu abordés dans ces textes les éléments de recherche ou de soutien aux politiques liés aux changements climatiques et aux forêts. Mentionnons plus particulièrement le Bureau de comptabilisation du carbone forestier du Service canadien des forêts (SCF), laboratoire de Victoria, le réseau pan-canadien de recherche sur les changements climatiques du SCF, le réseau universitaire – gouvernement fédéral Fluxnet-Canada, et l'effort d'harmonisation des inventaires forestiers (l'inventaire forestier national) sous l'égide du Conseil canadien des ministres des forêts. Tous ces efforts et bien d'autres sous-tendent notre compréhension de l'interaction forêts-climat, et notre capacité d'agir dans un environnement en changement.

Partie 1 : Les changements climatiques touchent-t-ils le secteur forestier?

L'Aubelle, 134 : 23-24, septembre 2000

L'augmentation des gaz à effet de serre et les changements climatiques qui peuvent en résulter ont le potentiel de changer de façon importante et peut-être irréversible l'environnement de la planète. Déjà, nous voyons apparaître, dans les environnements

marginiaux en particulier, des signes de changements importants en cours. L'amincissement de la banquise polaire (Rothrock, et al, 1999) et le retrait généralisé des glaciers sur la planète en sont les exemples les plus connus. Bien qu'on ne soit pas certain encore de la part que pourraient jouer les cycles naturels planétaires dans ces changements, la rapidité avec laquelle ils ont lieu nous laisse croire à un lien de

cause à effet avec l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Les certitudes que nous avons maintenant sont simples : la concentration atmosphérique de certains gaz à effet de serre, notamment le CO₂ et le méthane, augmente dans l'atmosphère. Une autre constatation est l'augmentation graduelle de la température moyenne planétaire, y compris celle du Canada, depuis les 100 dernières années. Ces températures atteignent maintenant les sommets climatiques pendant lesquels les Vikings ont colonisé le Groenland, cette « terre verte » prometteuse d'alors, ainsi que Terre-Neuve.

La modélisation de la dynamique atmosphérique de la planète permet de jeter un regard sur l'avenir. L'incertitude de ces prédictions est évidemment importante. Cependant, la capacité de ces modèles à reproduire le climat actuel donne une certaine confiance dans leur capacité de prédire le climat futur. Que nous réservent ces projections? Le modèle de circulation atmosphérique générale du Centre canadien de climatologie prédit une augmentation de la température planétaire moyenne d'environ 1°C d'ici les 20 prochaines années. L'impact sur les régions nordiques serait plus prononcé. Si on regarde l'équilibre prédit sous un scénario avec une concentration en CO₂ atmosphérique du double de la concentration pré-industrielle, on obtient des augmentations estivales et hivernales de l'ordre de 3 à 5°C pour le Canada en général, avec un patron d'augmentations plus prononcées pour les régions nordiques. (Flannigan et al, 1998).

La précipitation serait aussi affectée à l'échelle continentale et canadienne, avec des réductions importantes dans la région des prairies. Cependant, les changements prédits pour l'est du Canada sont minimes. L'imprécision de ces prédictions augmente évidemment quand on passe des prédictions globales aux effets locaux. Et ce sont malheureusement ces effets locaux qui nous permettent d'évaluer avec le plus de précision les impacts sur la ressource forestière.

Si les changements climatiques se déroulent tel qu'anticipé, ils auront certainement un impact important sur l'ensemble des activités humaines, et le secteur forestier n'y échappera pas. La prédiction de ces impacts demeure toutefois une chose assez ardue. Le secteur forestier est influencé par un ensemble de facteurs inter-reliés. En gros, ces facteurs peuvent être regroupés en trois classes : les marchés, la disponibilité de la ressource, et le contexte socio-

politique dans lequel l'industrie opère. L'impact de changements globaux se fera sentir à travers l'un ou l'autre de ces classes de facteurs, et possiblement à travers les trois classes simultanément par le biais de processus forts différents.

L'impact de changements climatiques sur la disponibilité de la ressource est sans doute celui qui est le plus direct. Les forêts ont, de tout temps, dû s'adapter aux conditions d'une planète en mutation continue. À l'aube de la civilisation mésopotamienne, alors que les chasseurs asiatiques avaient commencé à coloniser l'Amérique du Nord, l'amorce du retrait des glaciers annonçait l'avance de la marée verte. Il y a peine 10,000 ans, le sud du Québec n'était encore que toundra. La forêt résineuse atteignait le Michigan. La forêt feuillue était bien implantée dans les zones au sud de l'avancée glaciaire, dans la vallée de l'Ohio et vers la côte Atlantique (Adams et Faure, 1997). La migration vers le nord a alors été assez rapide, limitée seulement par le climat froid engendré par la présence de la masse de glace en retrait. On parle d'avancées de la végétation de 50 km par siècle, mais on ne sait pas si cette progression s'est faite par communautés végétales entières, ou par essences individuelles.

Mais que nous réserve le futur? Les analyses basées sur les conditions climatiques projetées pour un environnement où la concentration de CO₂ atmosphérique serait deux fois plus élevée qu'actuellement, et tenant compte des plages climatiques occupées par les différents biomes nous montrent un portrait forestier très différent de celui d'aujourd'hui. Le domaine de la forêt feuillue s'étend jusqu'à la Baie James. La forêt boréale se trouve repoussée plus au nord, ou sévèrement limitée dans l'ouest du pays par l'expansion des prairies (Figure 1).

Fiction ou réalité à venir? Ce qu'il faut voir dans de telles prédictions est non pas un portrait fidèle du monde à venir, mais plutôt une indication des contraintes auxquelles les écosystèmes forestiers devront faire face. Les changements climatiques importants devraient mettre moins d'un siècle à se réaliser alors que la migration des forêts vers le nord ne se ferait qu'au rythme de 50 km par siècle. Les conséquences pratiques sont que les limites nord des écosystèmes forestiers ne se déplaceront que très lentement, alors que leurs limites sud seront soumises à des contraintes environnementales grandissantes, que ce soit par le biais de perturbations, par la compétition d'espèces herbacées lors de la phase de régénération, ou par d'autres mécanismes dont l'importance actuelle est marginale.

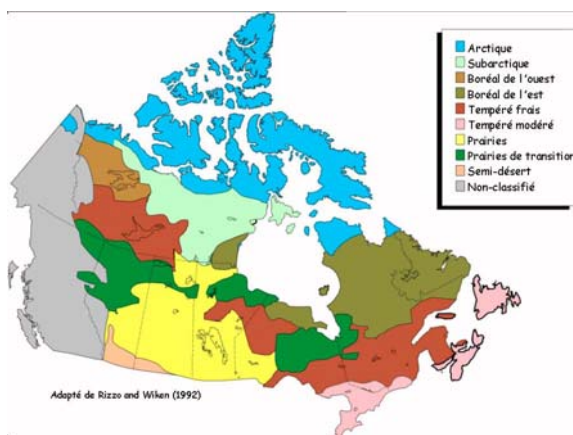


Figure 1. Distribution possible de la végétation canadienne sous un scénario de concentration de CO₂ atmosphérique de 700 parties par million (2 fois la concentration actuelle) (Rizzo et Wicken, 1992).

Côté perturbations, la forêt boréale vit au rythme des grands bouleversements. Les feux dominent dans l'ouest plus sec du Québec (et encore plus dans le centre du Canada), alors que les insectes et le duo carie-châblis dominent dans l'est plus humide. Les prévisions de l'indice forêt météo ne font qu'accroître ces tendances générales, avec une accentuation potentiel du régime des feux dans le nord des provinces des Prairies, et une diminution dans le Québec en général (Figure 2).

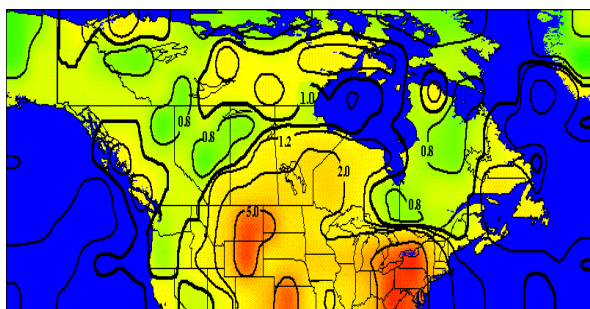


Figure 2. Rapport entre l'Indice Forêt Météo prédit pour un scénario climatique de 2xCO₂ et l'Indice Forêt Météo actuel. Figure tirée de Flannigan et al, 1998.

Le grand inconnu pour nous demeure donc la dynamique des ravageurs forestiers. Déjà on a démontré que la phénologie printanière des insectes avançait par une semaine celle d'il y a 25 ans, ce qui correspond à une migration vers le nord de 2 à 3° de latitude (Fleming et al, 1998). Dans l'ouest, les hivers doux ont entraîné une prolifération du dendroctone du pin. Les changements globaux incluent aussi l'introduction accrue de ravageurs

exotiques. Protégées jusqu'à maintenant par des froids garantis, nos forêts seront de plus en plus vulnérables à des maladies et insectes de Chine ou d'ailleurs tels que le longicorne asiatique.

La distribution des essences d'arbres suit aussi un principe d'exclusion compétitive. Ce principe dicte que l'épinette noire n'occupe pas les sites riches du sud du Québec actuel simplement parce que quelque chose d'autre qui pousse encore plus vite les occupe. Dans ce cas, il se peut simplement que les marges sud des écosystèmes actuels connaissent des gains de productivité. Déjà, dans les pays de l'Europe du Nord, on a enregistré des augmentations de croissance atteignant 30% depuis les années '70 (Kauppi et al, 1992). Les sources possibles de ces augmentations sont multiples, et font partie du phénomène plus large des changements globaux qui comprend les modifications à la composition de l'atmosphère et à la qualité du rayonnement solaire. Les raisons invoquées pour expliquer ces changements sont les dépôts azotés accrues, l'effet fertilisant du CO₂ élevé et l'allongement de la saison de croissance. À ma connaissance, ces tendances n'ont pas été rapportées pour le Canada ou pour les États-Unis, où les taux de dépôts azotés sont bien inférieurs à ceux mesurés en Europe. En plus, une analyse rapide pour quelques sites au Québec n'a pas permis de détecter de tendance significative dans les dates de débourrement des feuillus depuis le milieu du siècle.

Les changements climatiques peuvent aussi avoir un effet sur les marchés. On n'a qu'à penser à la demande de bois d'œuvre qui suit chaque désastre naturel d'envergure aux États-Unis. Cependant, malgré un lien causal fort plausible entre l'augmentation des températures planétaires et les événements extrêmes, aucune tendance lourde ne semble se manifester encore dans la fréquence de ces désastres, l'augmentation récente de l'ampleur des dégâts étant reliée à une utilisation plus intensive des zones à risque. L'augmentation de la productivité forestière de pays compétiteurs ou la santé économique de clients importants peuvent s'avérer des facteurs plus importants. Les négociations internationales viennent aussi compliquer le jeu en suggérant le développement du commerce du carbone et des crédits de carbone. Ces nouvelles manières de comptabiliser et transiger la croissance des forêts de par le monde pourraient beaucoup changer le commerce international du bois. Dans un contexte de bilan national de carbone, la substitution massive de combustibles fossiles par des combustibles renouvelables pourrait par exemple offrir de nouveaux débouchés à nos fibres.

En fin de ligne vient la société dans laquelle le secteur industriel opère. L'industrie génère emplois et richesse collective, mais opère en grande partie sur des terres publiques soumises à des contraintes grandissantes des populations locales et des clients. L'acceptabilité des pratiques, les perceptions de la qualité de la gestion environnementale, particulièrement dans une ère où la valeur sociale des espaces naturels rattrape rapidement celle des produits traditionnels offerts par l'industrie, sont des forces de changement majeures. L'industrie est en pleine évolution technologique, et en pleine mutation stratégique, une situation qui lui est familière. On parle d'aménagement intensif, d'aires protégées, de produits à valeur ajoutée, de ligniculture. Ces concepts étaient quasi-absents du discours forestiers d'il y a à peine 10 à 15 ans. Pour l'industrie forestière, et pour les personnes qui en dépendent, les changements climatiques sont une contrainte de plus, contrainte dont les impacts se feront sentir par le biais des forces du marché (y compris l'environnement réglementaire international) ou par le biais de l'impact sur la ressource.

L'estimation de l'impact sur la société est donc un exercice de propagation des erreurs dans un système où on doit cumuler les incertitudes reliées aux détails des changements climatiques, aux réactions des écosystèmes à ces changements, et aux réactions industrielles à un tel contexte. En plus, l'impact local des changements climatiques sur le secteur forestier du Québec ne peut s'envisager que dans un contexte global où les forces de changements pourraient s'avérer être le déplacement massif de populations humaines suite à la remontée projetée des océans, ou les besoins en énergie renouvelable, plutôt que les changements dans la composition de nos écosystèmes forestiers.

Localement, la pérennité de la ressource forestière demeure sans doute le plus grand inconnu. J'emploie ici le mot « ressource » dans un sens plus large que le type de fibre requis actuellement pour faire fonctionner nos usines. Il ne faut pas oublier que l'industrie d'il y a 150 ans reposait sur la récolte des pins blancs géants à quelques dizaines de kilomètres des zones habitées (Figure 3). Ces géants ont subi une quasi-extinction économique, et les écosystèmes rentables se sont graduellement déplacés vers le nord. On planifie maintenant des coupes juste sous le 52^{ième} parallèle, une opération qui n'aurait même pas effleuré l'esprit des industriels les plus ardents d'il y a

quelques décennies. On a aussi transformé avec les années des essences nuisibles ou inutiles en ressource précieuse. Le tremble est sans doute le plus bel exemple du genre, avec un changement radical de

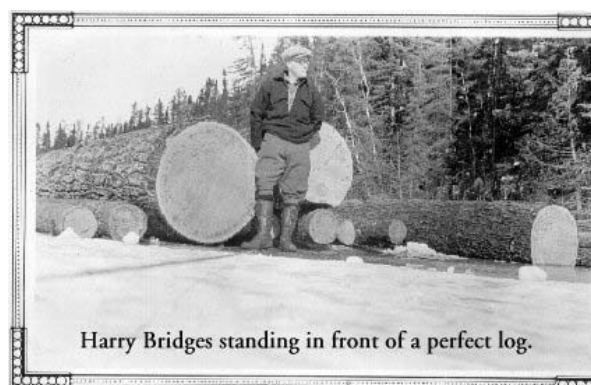


Figure 3. L'industrie s'est déjà adaptée à des changements majeurs de la ressource forestière.

statut dans les années '80. Il est donc difficile de prévoir ce que nous réserve l'avenir, mais la leçon à tirer du passé est que les possibilités d'adaptation sont réelles.

Références

- Adams J.M. and H. Faure, 1997. Palaeovegetation maps of the Earth during the Last Glacial Maximum, and the early and mid Holocene: an aid to archaeological research. *J. Archaeological Sci.* 24 : 623-647.
- Fleming, R.A., J.N. Candau and R.E. Munn, 1998. Influences of climatic change on some ecological processes of an insect outbreak system in Canada's boreal forests and the implications for biodiversity. *Environmental Monitoring and Assessment.* 49: 2-3, 235-249
- Flannigan, M.D., Y. Bergeron, O. Engelmark and B.M. Wotton, 1998. Future wildfire in circumboreal forests in relation to global warming. *J. Veg. Sci.* 9: 469-476
- Kauppi, P.E., K. Mielikäinen and K. Kuusela, 1992. Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1900. *Science* 256 :70-74.
- Rizzo, B. and Wiken, E. 1992. Assessing the sensitivity of Canada's Ecosystems to Climatic Change. *Climatic Change*, 21, 37-55.
- Rothrock, D.A., Y. Yu, and G.A. Maykut, 1999. Thinning of the Arctic Sea-Ice Cover. *Geophysical Research Letters*, vol. 26, no. 23.

Partie 2 : La forêt, le carbone et les changements climatiques

L'Aubelle, 137 : 19-20, juillet 2001

La communauté internationale a réagi à l'augmentation des gaz à effet de serre et des changements climatiques anticipés en produisant en 1992 la Convention cadre sur les changements climatiques des Nations Unies. Dans ce texte, 174 pays se sont entendus pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau « qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Les négociations suivant ce premier accord ont mené au Protocole de Kyoto dans lequel 36 nations industrialisées (les pays de l'Annexe 1) se sont engagées à une réduction moyenne des émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % par rapport aux émissions de 1990, et ce pour la période de 2008-2012.

Afin de rallier le support des pays signataires, les négociateurs ont ajouté quatre points spécifiques au Protocole devant être clarifiés lors de rencontres subséquentes : 1) l'inclusion de cinq gaz à effet de serre en plus du CO₂ ; 2) la possibilité de transactions de crédits de carbone entre les pays de l'Annexe 1 ; 3) la possibilité de « mécanisme de développement propre » permettant aux pays de l'Annexe 1 de comptabiliser les réductions d'émissions réalisées avec leur aide dans des pays autres que ceux de l'Annexe 1 par le biais de projets permettant un développement durable ; et 4) la prise en compte des puits terrestres de carbone, ceux-ci étant limités dans le texte original aux surfaces converties par « boisement, reboisement ou déboisement » depuis 1990 (article 3.3). Ce sont les points touchant les mécanismes de développement propre, les crédits et les puits qui définissent le rôle possible des forêts dans la gestion des gaz à effet de serre.

La figure 1 résume la situation canadienne des émissions présentes et projetées. Notre engagement selon le Protocole de Kyoto est de ramener nos émissions annuelles à un taux de 6% inférieur à ce qu'ils étaient en 1990, et ce pour la période 2008-2012. Nos émissions annuelles de CO₂ sont présentement d'environ 550 mégatonnes (Mt ou 10⁶ tonnes). Nos émissions n'ont cessé d'augmenter depuis 1990 et nous dépassons déjà notre cible de Kyoto d'environ 100 Mt par année. La réduction de nos émissions au niveau de cette cible pour la période 2008-2012 est donc un défi de taille.

Le Canada, comme pays forestier, voit la forêt comme un élément intéressant de sa stratégie de

gestion des émissions nettes de CO₂. On pense qu'un

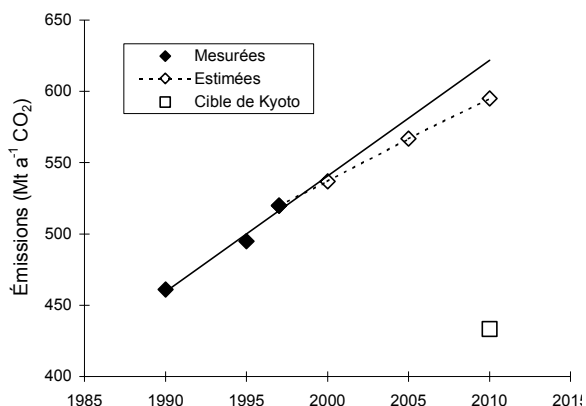


Figure 1 : Émissions canadiennes en CO₂ (Ressources naturelles Canada, 1999).

aménagement judicieux de nos forêts visant à augmenter leur capacité de puits de carbone, combiné avec une utilisation accrue des produits du bois, pourrait contribuer de façon significative à améliorer notre bilan d'émission de CO₂. Cependant, les modalités entourant l'utilisation des forêts et des produits forestiers comme puits de carbone dans le cadre de bilans nationaux sont encore incertaines et ne seront donc pas discutées dans le présent texte.

Malgré ces incertitudes, les forêts du Canada demeurent des entités incontournables dans le bilan planétaire du carbone de par les quantités de carbone qu'elles renferment (Tableau 1) et leurs échanges avec l'atmosphère. Le carbone de nos forêts est localisé en grande partie dans les sols. La biomasse aérienne est en fait un réservoir d'importance secondaire, mais son exploitation et son aménagement entraînent des échanges de carbone non-négligeables avec l'atmosphère. De plus, sa capacité naturelle de séquestration pourrait être influencée par les changements du climat. Le présent texte effectue donc un survol rapide des concepts reliés à la séquestration de carbone dans les forêts afin de clarifier les liens entre la forêt et les flux de CO₂. La question des crédits de carbone est aussi traitée sommairement.

Le carbone séquestré en forêt

La séquestration du carbone est sa capture à long terme hors du réservoir atmosphérique. Toutes les plantes vertes de la forêt capturent le carbone par leur photosynthèse, mais en retournent rapidement environ la moitié par le biais de leur respiration (la respiration autotrophe). L'échange net de carbone à cette échelle, ou « productivité primaire nette » (PPN), varie d'environ 2 (Liu et al., 1999) à 5 tonnes

de carbone par hectare, par année (tC ha⁻¹ a⁻¹) en forêt boréale.

Source	C (mégatonnes)
Biomasse	12 000
Litière et sols minéraux	76 400
Sols organiques et tourbières	135 000
Total	234 400

Tableau 1: *Estimés des stocks de carbone dans les forêts du Canada en mégatonnes de carbone (Kurz et al., 1992)*

La mortalité de structures éphémères (feuilles, racines, etc.) ou d'arbres entiers engendre un retour important de CO₂ à l'atmosphère par le biais de la décomposition (la respiration hétérotrophe). Malgré ces pertes, un peuplement accumule généralement du carbone dans sa biomasse et dans les débris et composés organiques sur et dans le sol. Ce gain net de C, ou « productivité nette de l'écosystème » (PNE), est plus complexe à mesurer. Les estimés obtenus en forêt boréale montrent des taux annuels allant d'une émission nette de 0,3 tC ha⁻¹ a⁻¹ à une absorption nette de 1,3 tC ha⁻¹ a⁻¹ (Black et al., 1996; Frohking et al., 1996), dépendamment de la productivité du site et des conditions de croissance pendant l'année.

Finalement, à l'échelle de grands territoires, les feux et dans une moindre mesure les coupes dictent la structure d'âge de la forêt et la quantité de carbone que celle-ci peut contenir. L'estimation des changements nets en carbone à cette échelle, ou « productivité nette du biome » (PNB), ne peut se faire que par le biais de modèles. Les deux exercices de calcul de la PNB des forêts canadiennes réalisés à ce jour prennent des approches très différentes et arrivent à des résultats différents. Les calculs de Kurz et Apps (1999) suggèrent que nos forêts émettent présentement du carbone à un taux d'environ 0,17 tC ha⁻¹ a⁻¹. Les simulations de Chen et al. (2000) suggèrent au contraire que nos forêts séquestrent du carbone à un taux d'environ 0,1 tC ha⁻¹ a⁻¹. Cette divergence d'estimés montre l'incertitude qui entoure l'exercice. Les quantités en jeu sont considérables quand on pense que 0,1 tC a⁻¹ (ou 10 grammes par mètre carré par année!) pour chacun des 404 x 10⁶ hectares de forêt au Canada correspond à 40 Mt de C ou 150 Mt de CO₂ par année.

L'impact de la coupe

Les activités d'aménagement des forêts comme la coupe ou l'éclaircie ont un impact sur le bilan de carbone du site qui débordent de la simple extraction

des troncs. Le réchauffement du parterre forestier et la génération importante de débris ligneux facilement décomposables engendrent une augmentation des pertes en CO₂ par le biais de la respiration hétérotrophe. La conséquence est qu'un parterre de coupe est une source de CO₂ pendant plusieurs années après la coupe, même si la végétation s'y établit vigoureusement. Des mesures dans les forêts de Sibérie ont montré que les sites de coupe pouvaient demeurer des sources de carbone pendant 14 ans après la récolte (Schulze et al., 1999).

Taux versus stock

À l'échelle du peuplement, une fois l'effet de la perturbation passé, le carbone s'accumule avec le temps sous forme de biomasse et de débris, humus et composés organiques sur et dans le sol. Le taux de séquestration de ce carbone varie souvent à l'inverse de la quantité séquestrée. Une vieille forêt qui contient beaucoup de carbone a un taux de séquestration plus faible qu'une jeune forêt en pleine croissance qui possède moins de carbone séquestré (e.g. Schulze et al., 2000). Les coupes et les perturbations naturelles rajeunissent nos forêts et accroissent leur taux de séquestration, mais ce faisant, relâchent une partie importante du carbone qui y est déjà stocké.

Les crédits de carbone

Comme mentionné précédemment, les forêts ont été introduites dans les négociations internationales comme puits terrestre potentiel, mais pourraient aussi jouer un rôle par le biais de transactions de crédits de carbone. Contrairement au puits de carbone, le crédit n'est pas lié au territoire où il est généré, ce qui en fait un bien échangeable. Les crédits de carbone n'existent pas encore dans la mesure où leur existence, et donc leur valeur, n'a pas encore été ratifiée par aucun traité international. On peut cependant ébaucher certaines règles qui pourraient encadrer leur création et leur usage. La première est que le carbone utilisé comme crédit serait séquestré suite à une activité d'aménagement, au-delà de ce qui serait séquestré naturellement par l'écosystème, et ce depuis 1990. La seconde est que ce gain de carbone devrait être vérifiable. La troisième est que le crédit généré par une surface forestière ne serait applicable qu'une fois et nécessiterait le maintien du volume de carbone sur le site pour une période de temps spécifiée. Cette dernière règle n'empêcherait pas la réalisation de coupes, aussi longtemps que la quantité comprise dans le crédit serait maintenue en moyenne sur le site. Augmenter l'âge moyen des forêts sous aménagement, par exemple, devrait engendrer une séquestration accrue sans pour autant nécessiter l'élimination de la coupe. Le même raisonnement

s'applique à des plantations établies sur d'anciennes friches et exploitées sur une base soutenue.

Les incertitudes

Ces règles et exemples sont évidemment simplistes et l'application de crédits sera évidemment beaucoup plus complexe. Par exemple, il faut imaginer un mécanisme permettant la récupération rapide des coûts liés à un reboisement de friches ou à un changement de pratiques forestières, alors que la séquestration de carbone résultant de ces actions ne se réalisera que graduellement dans les années ou décennies à venir. Les conflits potentiels avec les différents cadres réglementaires ou les autres utilisations des terres ou des ressources forestières compliquent aussi l'équation. Finalement, les perturbations naturelles viennent périodiquement nous rappeler notre impuissance relative vis-à-vis les forces de la nature. En forêt boréale particulièrement, l'expérience à ce jour montre qu'il est difficile et même indésirable de garantir une immunité absolue de tout territoire contre le feu.

Pour se comprendre

On exprime les stocks de carbone et les taux d'émission ou de séquestration en grammes qui est l'unité SI de masse. Le sens de kilogramme et de mégagramme est clair, mais pour le carbone, on fait un saut quantique en parlant de téragrammes (1 Tg = 10^{12} g) et de pétagrammes (1 Pg = 10^{15} g) à l'échelle d'un pays ou de la planète. On peut cependant se simplifier la vie remplaçant téragramme par mégatonne (1 Tg = 1 Mt = 10^6 t), et pétagramme par gigatonne (1 Pg = 1 Gt = 10^9 t). Une source de confusion additionnelle est la distinction entre le C et le CO₂. La molécule de CO₂ est 3,67 plus pesante que l'atome de C seul, et une tonne de C correspond en fait à 3,67 tonnes de CO₂. Finalement, pour simplifier la vie des forestiers, 1 tonne sèche de bois contient à peu près 0.5 tonne de C.

Références

Black, T.A., den Hartog, G., Neumann, H.H.,
Blanken, P.D., Yang, P.C., Russell, C., Nestic, Z.,

- Lee, X., Chen, S.G., Staebler, R. et M.D. Novak, 1996. Annual cycles of water vapour and carbon dioxide fluxes in and above a boreal aspen forest. *Glob. Chang. Biol.* 2 : 219-229.
- Chen J-M, W.J. Chen, J. Liu, J. Cihlar et S. Gray. 2000. Annual carbon balance of Canada's forests during 1895-1996. *Glob. Biogeochem. Cycl.* 14: 839-849.
- Frolking, S., Goulden, M.L., Wofsy, S.C., Fan, S.M., Sutton, D.J., Munger, J.W., Bazzaz, A.M., Daube, B.C., Crill, P.M., Aber, J.D., Band, L.E., Wang, X., Savage, K., Moore, T. et R.C. Harriss, 1996. Modelling temporal variability in the carbon balance of a spruce/moss boreal forest. *Glob. Chang. Biol.* 2: 343-366.
- Kurz, W., M.J. Apps, T.M. Webb et P.J. McNamee, 1992. The carbon budget of the Canadian forest sector: Phase 1. *Can. For. Serv., Inf. Rep. Nor-X-326*, 55p.
- Kurz, W.A. et M.J. Apps, 1999. A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector. *Ecol. Appl.* 9 : 526-547.
- Liu, J., Chen J.M., Cihlar, J. et W. Chen, 1999. Net primary productivity distribution in the BOREAS region from a process model using satellite and surface data. *J. Geophys. Res.* 104: 27735-27754.
- Ressources naturelles Canada, 1999. Perspectives des émissions du Canada: une mise à jour. Secrétariat des Changements Climatiques, 63 pp.
- Schulze, E.D., Lloyd, J., Kelliher, F.M., Wirth, C., Rebmann, C., Luhker, B., Mund, M., Knohl, A., Milyukova, I.M., Schulze, W., Ziegler, W., Varlagin, A.B., Sogachev, A.F., Valentini, R., Dore, S., Grigoriev, S., Kolle, O., Panfyorov, M.I., Tchebakova, N., et N.N. Vygodskaya, 1999. Productivity of forests in the Euro Siberian boreal region and their potential to act as a carbon sink, a synthesis. *Glob., Chang., Biol.* 5: 703-722.
- Schulze, E.D., C. Wirth et M. Heimann, 2000. Managing forests after Kyoto. *Science*, 289 :2058-2059.

Partie 3 : Le Protocole de Kyoto et les forêts du Canada

L'Aubelle, 141 : 19-20, septembre 2002

Le Protocole de Kyoto est un exercice de négociation international complexe visant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre vers l'atmosphère. Le Canada s'y engagerait à réduire ses émissions de six gaz à effet de serre de 6 % par rapport au niveau de

1990, ce qui correspond à une réduction d'environ 18%, soit de 100 mégatonnes de CO₂ par année¹ (Mt/an CO₂), par rapport aux émissions de 2000.

¹ Les émissions des différents gaz sont calculées en équivalent de CO₂ en tenant compte des différences dans l'intensité de l'effet de serre généré par ces gaz. Aussi, 1 tonne de C correspond à 3,67 tonnes de CO₂.

Certaines clauses du Protocole touchent directement la contribution des forêts au bilan net des émissions de gaz à effet de serre. Lors de la sixième et de la septième rencontre entre les pays signataires du Protocole (Conférence of the Parties 6 et 7, ou COP6 et COP7) à Bonn, puis à Marrakech en 2001, plusieurs points de contention sur ces clauses ont été réglés. Malgré plusieurs imprécisions résiduelles, nous pouvons mieux comprendre les règles encadrant la comptabilisation du carbone des forêts dans les bilans nationaux.

Les forêts ont été incluses tôt dans les négociations du Protocole de Kyoto parce que, mondialement, la conversion des forêts en pâturages, routes et villes contribue à environ 5,9 des 29 gigatonnes (Gt ou 10^9 tonnes) de CO_2 que nous émettons annuellement dans l'atmosphère. La section 3 du Protocole sur l'affectation et le changement d'affectation des terres et la foresterie (Land Use, Land Use Change, and Forestry, ou LULUCF) comprend l'essentiel des articles touchant la forêt. L'article 3, paragraphe 3 (article 3.3), rend obligatoire la comptabilisation des émissions nettes de carbone à la suite de gains ou de pertes de terres forestières (un changement d'affectation). L'article 3.4 permet l'obtention optionnelle de crédits pour le carbone séquestré par les forêts sous aménagement. Certains principes de base régissent la comptabilisation des pertes ou gains en carbone séquestré selon les termes de ces clauses :

- Seules les surfaces ayant subi des changements d'affectation depuis 1990 peuvent être comptabilisées à l'article 3.3.
- Les gains ou pertes seront calculés comme étant la différence de stock de carbone entre le 1er janvier 2008 et le 31 décembre 2012. Cette première période d'engagement sera suivie immédiatement par les autres périodes d'engagement de cinq ans.
- Le carbone comptabilisé inclut le carbone total de l'arbre (aérien et racinaire, vivant ou mort) ainsi que celui de l'humus et du sol minéral.
- Les changements dans le réservoir des produits forestiers ne seront pas comptabilisés pendant la première période d'engagement. Les volumes de bois coupés entraîneront donc un débit équivalent immédiat.
- Le suivi doit être fait à l'échelle de l'hectare.
- Le processus de comptabilisation doit être transparent et vérifiable.

L'article 3.3

L'article 3.3 oblige les pays ayant ratifié le Protocole de Kyoto à inclure dans leur bilan national, dès la première période d'engagement, le bilan net de

carbone provenant d'activités de déforestation suite à un changement d'utilisation des terres. L'inclusion de gains suite à une activité de reforestation ou d'afforestation est optionnelle. Le déboisement pour l'agriculture ou l'urbanisation engendre un débit, alors que le reboisement de friches agricoles engendre un crédit. La coupe forestière dans le cadre d'activités d'aménagement forestier n'est pas régie par l'article 3.3 parce qu'elle n'entraîne pas de changement d'affectation des terres.

Comme mentionné ci-dessus, on considère par convention pour la première période d'engagement que tout bois coupé lors d'une activité de déforestation génère immédiatement un débit de carbone équivalent. Par contre, les règles de comptabilisation du gain en carbone des plantations sont encore en négociation et les options vont de la simple mesure du carbone gagné à des règles plus complexes incluant un certain effet de possibilité. Aucune limite n'est fixée quant à la taille des débits ou crédits qui peuvent être engendrés par les activités liées à l'article 3.3.

L'article 3.3 engendrera un débit net important pour le Canada. Selon une première estimation, de 546 à 805 km^2 de nos forêts sont converties chaque année à l'agriculture, à l'urbanisation, à la construction de routes ou au développement minier ou pétrolier (Robinson et al, 1999). Le débit engendré par ces activités pourrait atteindre plus de 14 Mt/an CO_2 , soit l'équivalent d'environ 3 % de nos émissions annuelles. Aucun chiffre n'a encore été avancé sur l'importance des puits de carbone générés par le reboisement de terres initialement non-forestières, mais on peut supposer que ce chiffre sera considérablement plus faible que le débit actuel.

L'article 3.4

L'article 3.4 permet aux pays signataires de se prévaloir de la séquestration de carbone sur les terres forestières sous aménagement. Ici, les règles sont encore en mouvance et les propositions sur la table reflètent les réalités forestières des différents pays impliqués dans la négociation. Le point central du débat est la définition même d'activité d'aménagement et donc de la forêt sous aménagement. Pour le Canada, cette définition pourrait inclure les terres forestières commerciales dans leur ensemble de par les activités de protection contre les insectes et incendies qui y sont pratiquées. Sous une telle définition, le changement de carbone dans nos forêts commerciales, toutes causes confondues, serait comptabilisé entre 2008 et 2012. La croissance des arbres et l'accumulation du carbone dans toutes les parties de l'écosystème forestier

engendreraient des crédits, alors que la coupe ainsi que les pertes dues aux incendies forestiers et aux insectes engendreraient des débits.

À partir de la seconde période d'engagement, en 2012, il se peut que seule l'amélioration de séquestration de carbone engendrée par nos actions d'aménagement soit comptabilisée comme crédit sous l'article 3.4. Il nous faudrait alors déduire de nos crédits les gains de carbone occasionnés par la croissance naturelle qui aurait eu lieu en l'absence d'activités d'aménagement. Les crédits liés à la protection contre les incendies forestiers ou les épidémies d'insectes dépendraient des pertes qui auraient été encourues sans protection. Cette obligation d'additivité, si elle est entérinée par les partis signataires, rendra les calculs plus difficiles et incertains.

Finalement, certains pays ont suggéré que les augmentations de croissance dues aux effets humains indirects soient déduites des gains comptabilisés. On parle ici spécifiquement des augmentations de croissance dues à l'effet fertilisant du CO₂ additionnel dans l'atmosphère et des dépôts azotés, ainsi que les gains dus à la structure d'âge des peuplements résultant d'activités antérieures à 1990. Un groupe international d'experts étudie présentement la faisabilité et la fiabilité de tels calculs et doit en faire rapport en 2004. La forte probabilité d'erreur associée à l'estimation de ces effets indirects pourrait mener à leur abandon.

Il n'existe pas de limite au débit comptabilisé selon l'article 3.4 suite, par exemple, à une période d'incendies forestiers particulièrement intense. Cependant, pour chaque pays, les négociateurs se sont entendus sur une limite des crédits liés aux activités d'aménagement forestier. Le Canada peut utiliser jusqu'à 9 Mt/an C de ces crédits pour réduire ou éliminer le débit net engendré par les activités couvertes par l'article 3.3 et jusqu'à 12 Mt/an C additionnels comme crédits liés aux activités d'aménagement telles qu'identifiées à l'article 3.4. Une tonne de carbone représente environ 5 m³ à 6 m³ de matière sèche.

Les autres gaz à effet de serre

Le Canada doit aussi comptabiliser l'émission de gaz à effet de serre autres que le CO₂ suite aux activités soumises aux règles des articles 3.3 et 3.4, principalement le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O). Molécule pour molécule, ces gaz ont un effet de serre (rétention de la chaleur) respectivement 21 et 310 fois plus puissant que le CO₂ et sont donc comptabilisés en équivalents de CO₂ en utilisant ces

facteurs de conversion. En général, on connaît mal la dynamique de ces gaz en milieu forestier ainsi que l'impact des activités forestières sur cette dynamique. Le méthane est consommé et émis naturellement par les forêts et sa dynamique est liée étroitement à la dynamique de la nappe phréatique près de la surface du sol. L'émission d'oxyde d'azote est liée aux activités de fertilisation. Une faible émission de N₂O suite à une fertilisation forestière pourrait mener à un bilan négatif d'équivalent en CO₂ malgré un gain de croissance des arbres.

Le marché des crédits de carbone

Afin de générer des actions sur le terrain, le Canada et les provinces doivent mettre au point un cadre réglementaire pour permettre une participation du secteur privé dans leurs efforts de réduction des gaz à effet de serre. Des analyses économiques sont présentement en cours pour voir les effets de réglementations spécifiques sur les forces du marché. Dans l'absence actuelle d'un cadre réglementaire au Canada et ailleurs dans le monde, le marché du carbone repose présentement sur une analyse subjective de mitigation du risque de réglementation future, ce qui génère une grande gamme de prix dans un marché encore réduit.

Même dans un cadre réglementaire bien établi, les crédits de carbone forestier devront remplir certaines conditions afin de générer un marché viable. Ces conditions sont : des règles claires de propriétés des crédits et d'imputabilité des débits, des méthodes de mesure ou de calcul transparentes et une notion de permanence. Certains pays ont déjà commencé à légiférer pour créer un tel environnement. En Australie, par exemple, l'état de New-South-Wales possède maintenant une loi séparant la propriété de la fibre de celle du crédit de carbone.

Finalement, des crédits viables ne pourront sans doute être générés que par des projets de grande envergure, et ce, pour deux raisons. La première est une simple gestion du risque. L'étalement géographique nécessaire à un grand projet le rend moins vulnérable à une perturbation naturelle. La seconde est une question économique associée aux coûts de transaction et de vérification. Récemment, un représentant d'une firme se positionnant comme courtier planétaire du carbone forestier a avancé le chiffre de 50 000 t/an CO₂ (13 000 t/an C) comme taille minimale d'un projet.

Les obligations du Canada d'ici 2008

Le Canada doit prendre certaines décisions importantes et réaliser certaines actions d'ici 2008. La première date-butoir est le 1er janvier 2006, d'ici

laquelle le Canada devra décider s'il utilisera l'article 3.4 pour tenter de générer des crédits de carbone. Cette décision doit être fondée sur une analyse des bilans actuels de carbone en forêt et sur la prévision de l'évolution de ces bilans pendant la première période d'engagement.

De plus, d'ici 2007, le Canada devra établir son bilan des gaz à effet de serre et démontrer qu'il est capable de faire un suivi transparent et vérifiable de ce bilan. Nous aurons aussi le choix de faire notre bilan sur une base annuelle ou pour l'ensemble de la période d'engagement. Finalement, le Canada devra prendre quelques décisions techniques relatives à la définition même de ce qui constitue une forêt.

Afin de répondre à ces obligations, le Service canadien des forêts (SCF) développe depuis plusieurs années des méthodologies de suivi du carbone en forêt et est à mettre sur pied un Bureau de

comptabilisation du carbone forestier à son centre de Victoria. Les activités de ce Bureau sont appuyées par une grande gamme d'activités de recherche réalisées par les chercheurs du SCF et des collaborateurs d'autres secteurs gouvernementaux et d'universités. Les efforts d'un nouveau réseau universitaire de recherches, FluxNet-Canada, contribueront aussi à améliorer notre compréhension du cycle du carbone en forêt. Le suivi des stocks de carbone sera éventuellement alimenté par un programme d'inventaire forestier impliquant l'ensemble des provinces du Canada.

Référence

Robinson, D.C.E., W.A. Kurz et C. Pinkham, 1999. Estimating the Carbon Losses from Deforestation in Canada. Rapport préparé pour le Secrétariat national du changement climatique. http://www.nccp.ca/NCCP/pdf/Deforest_Canada.pdf

Partie 4 : Utiliser la forêt pour réduire nos émissions nettes de CO₂ dans l'atmosphère

Soumis à l'Aubelle, mai 2004

La Figure 1 décrit le cycle planétaire du carbone anthropogénique, excluant le cyclage des émissions d'origine naturelle. Nous émettons annuellement environ 7,1 milliards de tonnes de carbone (GtC) dans l'atmosphère. Les puits naturels que sont la biosphère terrestre et les océans en réabsorbent environ 3,9 GtC. Le point d'interrogation sur les puits terrestres dénote que ce chiffre est obtenu par différence et qu'on ne sait pas trop où au juste va ce carbone. Le reste, soit environ 3,2 GtC, représente l'accumulation annuelle de CO₂ dans l'atmosphère qui contribue à l'augmentation de l'effet de serre atmosphérique. Le changement d'utilisation des terres, constitué principalement de déforestation, contribue pour environ le quart des émissions planétaires..

Dans ce grand tableau planétaire, le Canada s'est engagé à réduire de 6 % ses émissions de gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990. Toutefois, comme nos émissions n'ont cessé d'augmenter depuis ce temps, la cible actuelle est donc maintenant d'environ 20 à 25 %, ou de 240 millions de tonnes de CO₂ par année (Mt/a CO₂)², par rapport aux

projections des émissions liées au statu quo pour 2010. Les forêts, ou plutôt l'utilisation qu'on en fait, font partie de la problématique, mais elles peuvent aussi faire partie des solutions. J'ai donc regroupé dans le texte qui suit quelques pistes d'action possibles selon qu'elles contribuent à réduire les émissions ou à augmenter les puits.

Réduction des émissions

La première action et en même temps la plus évidente est la **réduction de la déforestation**. En effet, la déforestation contribue à l'échelle planétaire à environ 25 % de nos émissions de CO₂ (Figure 1). La conversion des forêts en champs et en pâturage est sans doute la forme de conversion la plus commune. La coupe forestière suivie de la régénération de la forêt n'est pas considérée comme étant de la déforestation, car le site déboisé garde le potentiel de reconstitution d'une forêt. La déforestation engendre une perte rapide et importante du carbone du site, à la fois dans la réalité et dans les règles de comptabilisation reliées au Protocole de Kyoto (PK). Inversement, donc, la réduction de la déforestation a comme effet de réduire immédiatement et de façon importante les émissions de CO₂. Cette réduction a le bénéfice additionnel de préserver les espaces naturels et la diversité de vie qu'ils supportent.

Les taux de déforestation les plus élevés se retrouvent dans les pays tropicaux non-signataires du PK. Le

² On note habituellement les émissions en terme d'équivalents CO₂ de manière à pouvoir inclure les autres gaz à effet de serre comme

le méthane et l'oxyde nitreux. Pour fins de conversion, 1 tonne de C = 3,67 tonnes de CO₂.

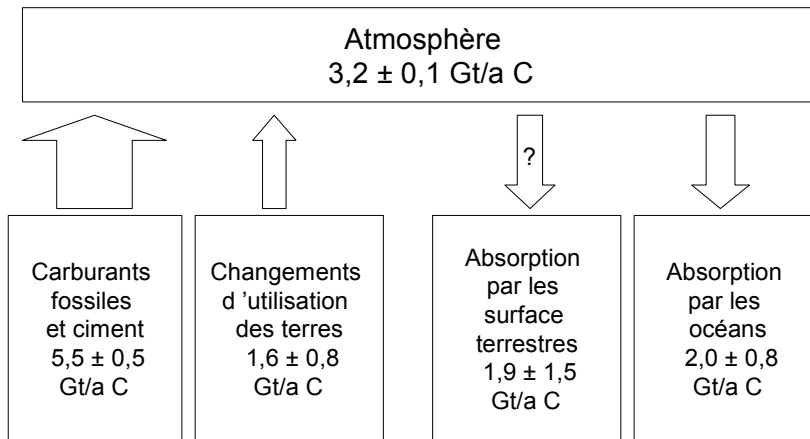


Figure 1. Bilan planétaire des émissions de carbone reliées aux activités humaines (Houghton et al, 2003).

PK prévoit des « mécanismes de développement propre » qui permettent à un pays signataire de bénéficier de crédits générés par des projets de séquestration de carbone tels que la réduction de la déforestation dans un pays non-signataire. Malheureusement, il semble que les négociations à ce sujet pointent vers une limite des crédits possibles liés à ces activités égale à 1% des émissions cible du pays signataire. Pour le Canada, le potentiel de crédit ne serait que de 5,64 Mt/a CO₂. C'est un choix philosophique qui force les pays émetteurs à réduire leurs propres émissions, mais qui élimine un mécanisme permettant de réduire les pertes des forêts tropicales tout en contribuant rapidement à une réduction des émissions de CO₂.

Au Canada, nous faisons toutefois encore de la déforestation. Les estimés actuels placent notre taux de déforestation entre 319 et 524 km² par an, pour un débit annuel se situant entre 9,5 et 14 Mt/a CO₂ que nous devons comptabiliser selon l'article 3.3 du PK. Ce débit correspond à environ 5 à 8 % de notre excédent annuel d'émissions prévu pour la première période d'engagement (excédent total d'environ 170 Mt/a CO₂). Les chiffres ne sont pas disponibles par province, mais un simple partage au *pro rata* des superficies forestières donne une déforestation se situant entre 6 000 et 10 000 ha a⁻¹ pour le Québec. Les sources pour l'ensemble du Canada sont principalement le déboisement pour fins agricoles (pensons à la gestion des lisiers au Québec!) et la construction de routes et autres infrastructures d'accès pour l'aménagement forestier et l'exploitation minière et pétrolière.

Chaque hectare de forêt converti en d'autres utilisations (champs ou routes) engendre en moyenne un débit général d'environ 270 tonnes de CO₂. Une voiture émet environ 4,4 tonnes de CO₂ par an (20 000 km/a, 10 L/100km, 0,6 kg C/L d'essence, 3,67 kg CO₂/kg C). Chaque hectare de forêt épargné équivaut donc en moyenne aux émissions annuelles produites par 60 voitures. Une réduction de 10 % de notre taux de déforestation annuelle au Canada équivaudrait à l'élimination d'environ 270 000 voitures.

La seconde action à considérer est **la bioénergie**. En brûlant du bois, on remet dans l'atmosphère le carbone capturé par la photosynthèse. Bilan neutre me direz-vous... mais pas tout à fait. Bien que peu efficaces (sous nos latitudes, les arbres n'emmagasinent malheureusement dans leur bois qu'environ 1 % de l'énergie solaire qu'ils reçoivent au cours d'une année), les arbres sont en fait des capteurs solaires. Leur utilisation pour la génération de bioénergie engendre une réduction de l'utilisation des combustibles fossiles et les quantités ne sont pas à négliger. En effet, une tonne de masse sèche de bois contient 13,6 gigaJoules (GJ) d'énergie, soit autant qu'environ 400 L d'essence. En supposant que l'on ait une récupération d'énergie de 50 %, la combustion de chaque tonne de bois permet d'éviter la production de 440 kg de CO₂.

Même ici au Québec où l'énergie est générée surtout par la force hydraulique, l'énergie économisée grâce à la bioénergie peut réduire les émissions de gaz à effet de serre. En effet, chaque kWh économisé peut être vendu sur le réseau nord-américain où la majorité de l'électricité est produite à partir de combustibles fossiles. Et l'économie est permanente, car le travail

fait avec la bioénergie, le chauffage un samedi de janvier ou le séchage de la pile de planche ne sera plus jamais à refaire. Cette utilisation du bois est donc automatiquement comptabilisée par le biais de la réduction de la consommation de carburants fossiles. De plus, comme les matières ligneuses récoltées sont automatiquement considérées comme étant émises sous forme de CO₂ à l'atmosphère selon les termes actuels des ententes liées au PK, la combustion de la biomasse ne génère donc aucun débit additionnel de CO₂. Dans l'éventualité d'une taxe sur le carbone, cette particularité du PK favoriserait singulièrement les producteurs de bioénergie.

La troisième action est **la substitution**. La transformation de la pierre calcaire en ciment, en plus d'être très énergivore, libère directement environ une tonne de CO₂ par tonne de ciment, alors que la génération du bois capture du CO₂ atmosphérique. Évidemment, il faut de l'énergie pour faire passer le bois d'un arbre sur pied en forêt à un 2 x 4 dans un mur de maison, mais l'énergie requise est quatre fois moins forte pour le bois que pour l'acier en ce qui concerne ce produit particulier (9 MJoules pour le 2 x 4 en bois versus 35 MJoules pour le 2 x 4 en acier³). Actuellement, les produits du bois ne sont pas inclus comme puits de carbone dans le PK. Cependant, leur utilisation, et donc la non-utilisation des produits de substitution, est comptabilisée par le biais de la réduction de consommation de carburants fossiles et de production de ciment. En plus, les structures en bois sont souvent plus sécuritaires que l'acier en cas d'incendie, et combien plus résistantes que l'acier ou le béton en cas de séisme.

La quatrième action est **l'amélioration énergétique des activités d'aménagement forestier et de transformation du bois**. L'industrie forestière a fait de grandes avancées en ce sens dans la dernière décennie avec entre autres l'utilisation des biorésidus comme source d'énergie. Les gains encore à réaliser sont doublement intéressants, car ils permettent de réduire les émissions de CO₂ en plus de contribuer possiblement à la réduction des coûts d'exploitation.

La dernière action est la **gestion de notre micro-climat urbain** par les arbres. La plantation judicieuse d'arbres autour des maisons les garde plus chaudes l'hiver en coupant les vents, et plus fraîches l'été en les ombrageant. Cette action en est

évidemment une à long terme, mais la gestion de notre environnement urbain entraîne une série de bénéfices marginaux non-négligeables.

Augmentation des puits

Comme la destruction des forêts engendre des émissions importantes de CO₂, la création de nouvelles forêts par la **forestation/reforestation** permet de renverser la vapeur en augmentant la quantité de carbone séquestrée dans la végétation et les sols. Dans la terminologie liée au Protocole de Kyoto, on appelle reforestation la plantation d'arbres sur des terres qui n'étaient pas à vocation forestière en 1990. Ne sont donc comptabilisables comme puits en vertu de l'article 3.3 que les terres ayant été ainsi reboisées depuis 1990.

Certains diront que les arbres finissent tous par mourir et se décomposer, donc somme nulle pour les émissions dans l'atmosphère. En fait, il faut regarder non pas l'arbre mais la forêt dans son ensemble. Une forêt issue d'un programme de boisement contient plus de carbone que le champ qu'elle a remplacé, et ce malgré la mortalité ou la récolte partielle d'arbres qui la compose. Le revers de la médaille concernant le boisement est que les pertes engendrées par le déboisement sont immédiates alors que les gains du boisement sont étalés sur une rotation. Dans le cas de la première période d'engagement (du 1^{er} janvier 2008 au 31 mars 2012), il faut donc reboiser des centaines d'hectares pour compenser la perte de carbone engendrée par le déboisement d'un seul hectare de forêts.

La séquestration dans les produits du bois offre aussi des possibilités intéressantes, surtout quand elle est couplée à des activités de substitution. Il y a cependant une ombre au tableau. Comme il est mentionné plus haut, cette séquestration n'est pas encore prise en compte dans la comptabilisation des bilans nationaux, tel que convenu pour la première période d'engagement, en grande partie à cause des conflits entre pays importateurs et exportateurs de bois solide. Il se peut bien toutefois que ce point soit réglé pour les périodes subséquentes et que la séquestration dans les produits du bois soit comptabilisable. La quantité de CO₂ séquestrée dans notre environnement urbain est non négligeable. On estime par exemple qu'une maison de 240 m² de surface habitable contient l'équivalent de 28,5 tonnes de CO₂, soit l'équivalent des émissions annuelles de sept voitures².

La troisième action d'augmentation des puits est **l'augmentation du carbone dans nos forêts**. Ce point a déjà été traité ci-dessus et est en fait déjà une

³ Des évaluations du coût énergétique des différents matériaux de construction et du contenu en carbone des constructions en ossature de bois peuvent être obtenus auprès de Forintek (<http://www.forintek.ca/>).

composante du Plan du Canada sur les changements climatiques (les détails du plan sont affichés sur le site suivant : <http://www.climatechange.gc.ca/francais/canada/>). L'utilisation des puits naturels comme les forêts et les sols agricoles est encadrée par l'article 3.4 du PK, et est optionnelle. Le Canada doit décider d'ici le 31 décembre 2006 s'il va se prévaloir de cette clause. Le choix du Canada de se prévaloir de cette clause permettrait aussi de réaliser des projets particuliers visant eux aussi à séquestrer du carbone. Les règles visant de tels projets seraient différentes de celles visant la comptabilisation du puits forestier à l'échelle nationale, particulièrement en ce qui a trait à la valeur de référence contre laquelle les augmentations de séquestration seraient comptabilisées.

Toute la question de l'utilisation des puits naturels de carbone soulève encore la controverse, car les pays européens ne veulent pas que des nations forestières comme le Canada en profitent pour ne pas réduire leur consommation de carburants fossiles. Les exigences de calcul des puits naturels sont par le fait même complexes et contraignantes pour la première période d'engagement (2008-2012), et devraient le devenir encore plus pour les périodes d'engagement suivantes.

L'avenir

Il y a deux points fondamentaux qu'il faut retenir des efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le premier est que, de la même manière que les émissions résultent d'une foule de gestes corporatifs ou individuels, les réductions découleront

aussi d'une multitude de gestes, grands ou petits. Et en fait, aucun gain n'est trop petit, compte tenu de l'enjeu de la course.

Le second point est que la réduction des émissions passe actuellement par les termes du Protocole de Kyoto, mais, dans les faits, elle doit déborder de ce cadre. Le PK dans sa forme actuelle n'est certainement que le premier d'une longue série d'ententes internationales qui tenteront de maîtriser notre impact sur l'environnement atmosphérique planétaire. Les réductions d'émissions engendrées par le PK ne feront que ralentir l'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre. Ce n'est donc qu'une question de temps avant que les éléments non couverts par le PK soient inclus dans une version plus englobante.

Finalement, pour les lecteurs intéressés par les échanges commerciaux des crédits de carbone, j'ai trouvé un livret (en anglais seulement, malheureusement) fort bien fait qui peut être soit commandé par la poste, soit téléchargé de la Toile. Le texte d'une centaine de pages est produit par l'ONG canadien « Pollution Probe » et s'intitule « Emissions Trading Primer ». On peut le télécharger en format PDF à partir du site Web suivant : <http://www.pollutionprobe.org/Publications/emissionstradingprimer.pdf>

Référence

Houghton, R.A., 2003. The contemporary carbon cycle. *In* Treatise on Geochemistry, Elsevier Ltd, pp. 473-513

Conclusion

Les changements climatiques sont donc là pour rester et la déviation des températures par rapport à la normale actuelle ne devrait qu'augmenter avec les années, quelle que soit l'ampleur de nos efforts de réduction de nos émissions de gaz à effet de serre. L'impact de ces changements sur notre utilisation des ressources naturelles devrait être important, mais il est difficile de prédire si d'autres éléments comme les forces économiques ou les pressions environnementales n'auront pas un impact plus marqué sur notre interaction sociale avec la forêt.

Une des conséquences du Protocole de Kyoto aura été de mettre en valeur le côté « carbone » des forêts. Dans un avenir rapproché, le Canada pourrait décider d'utiliser l'article 3.4 et les puits naturels de carbone dans son bilan national. Dans une telle éventualité, le marché du carbone forestier prendrait un essor certain

et il est possible d'envisager que, pour des régions particulières, les forêts nordiques par exemple, la valeur du carbone en forêt devienne plus élevée que celle de la fibre dans la cour de l'usine. Une telle éventualité pourrait offrir des perspectives supplémentaires d'aménagement forestier.

Le grand inconnu demeure cependant l'impact des changements climatiques sur les perturbations en général, et sur les maladies et insectes exotiques en particulier. Le cas du dendroctone de l'ouest est un bon exemple. Déjà à la limite ouest de l'Alberta, cet insecte pourrait ravager les pinèdes grises de la forêt boréale si les températures froides de ces régions ne l'en empêchaient. L'augmentation des températures hivernales pourrait lever ce bouclier et rendre nos forêts vulnérables à cet insecte. Ce type d'incertitude est très difficile à prendre en compte dans les scénarios d'utilisation de nos ressources forestières.