

## **Dommmages dus au verglas et entaillage : développement d'un indice de vigueur**

*Raulier Frédéric<sup>1</sup>, Marie-Josée Lavoie<sup>2</sup>, Stéphane Guay<sup>3</sup>, David Pothier<sup>4</sup>,  
Danny Rioux<sup>1</sup>, Yves Mauffette<sup>2</sup>, Bruno Boulet<sup>5</sup> et Marieclaire Dumont<sup>6</sup>*

<sup>1</sup> Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055, rue du P.E.P.S., Case postale 3800, Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

<sup>2</sup> Université du Québec à Montréal, Case postale 8888, succursale Centre-ville, Montréal (Québec) H3C 3P8

<sup>3</sup> Centre ACER, 3600, boul. Casavant Ouest, St-Hyacinthe (Québec) J2S 8E3

<sup>4</sup> Ministère des Ressources naturelles, Forêt Québec, Direction de la recherche forestière, 2700, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8

<sup>5, 6</sup> Ministère des Ressources naturelles, Direction de la conservation des forêts (<sup>5</sup>) et Direction de l'assistance technique (<sup>6</sup>), 880 chemin Sainte-Foy, Québec (Québec) G1S 4X4

### **Introduction**

Les événements de verglas sont récurrents dans le nord-est de l'Amérique mais c'est la première fois qu'une tempête de verglas a affecté au Québec 1.8 millions d'hectares de boisés dans la zone de l'érablière et dont 92% de la superficie est de tenure privée (Castonguay et al. 2001). Des programmes d'aide financière ont été mis rapidement en place pour venir en aide aux propriétaires de boisés touchés. Toutefois, l'établissement de ces programmes d'assistance requerrait une connaissance suffisante pour être à même d'évaluer les dégâts et répondre aux questions suivantes: comment intervenir dans ces peuplements forestiers endommagés pour leur éviter une dégradation plus importante ? Doit-on réduire l'entaillage en fonction de l'intensité d'un stress ? Comment évaluer les pertes à moyen terme ? Quelles sont les capacités de résilience de ces peuplements face à un tel stress majeur ? Aucune donnée scientifique n'était disponible sur le sujet en 1998 (Coons 1999). Plusieurs axes de recherche ont été rapidement mis en place: évaluation immédiate des dommages, surveillance des pestes et des ravageurs forestiers, évaluation de la capacité de régénération des peuplements les plus touchés, compréhension de l'effet du verglas sur la reprise de croissance des arbres et développement d'outils à même de spatialiser ces résultats sur l'ensemble du territoire affecté. Le présent travail s'est attaqué aux deux derniers points et plus spécifiquement à mettre en évidence à partir de quel niveau de dommage la vigueur de reprise est affectée, quel est le pourcentage de perte réel subi en fonction du volume de bris de branches et déterminer l'influence de l'entaillage sur la vigueur des érables affectés par le verglas. Pour ce faire, un dispositif de suivi a été mis en place en 1998 en Montérégie, une des régions sévèrement touchées par le verglas. Un plus grand recul est aussi nécessaire pour mieux comprendre l'effet à long terme du verglas, notamment au niveau de la mortalité des arbres. Un effort de modélisation a donc été réalisé dans le but de prédire à long terme (20 ans) la croissance d'érablières endommagées par le verglas.

### **Matériel et méthodes**

#### *Dispositif de suivi du verglas*

Un dispositif de suivi a été établi dans 7 érablières privées dans la municipalité régionale de comté du Haut-Saint-Laurent (Montérégie), à environ 150 km au sud-Ouest de Montréal, en Montérégie. Dans les 7 érablières, 24 blocs d'échantillonnages ont été mis en place. Un bloc consistait en une surface homogène de 50x25 mètres, divisée en deux, et où deux placettes circulaires de 400 m<sup>2</sup> ont été installées. Ces deux placettes ont permis de vérifier l'effet de l'entaillage sur la croissance des arbres affectés par le verglas puisque l'une des deux a subi l'entaillage contrairement à sa placette jumelle qui n'a subi aucun entaillage pendant les trois années suivant le verglas. À l'intérieur de chacune des placettes, tous les arbres ont été identifiés pour évaluer individuellement le pourcentage de perte de cime subit à la couronne (Boulet et al. 2000). Sur la moitié des érables dominants et codominants de chacune des placettes, des bandes verniers

ont été installées au diamètre à hauteur de poitrine (dhp) et l'élongation du dispositif a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse DIGIMATIC (Newman Tools inc., Montréal, Québec) ayant une précision de 0,01 mm et ce en octobre à la fin de chaque saison de croissance.

Une analyse statistique de la croissance radiale s'est faite à l'échelle de l'arbre en deux étapes. Un modèle de croissance simple en surface terrière individuelle des arbres dominants et codominants a été considéré en première approche (e.g. Teck et Hilt 1991):

$$(1) \quad i_g = \gamma_1 g^{(\gamma_2 + \gamma_3 s)}$$

où  $i_g$  est la croissance en surface terrière d'un arbre ( $\text{dm}^2/\text{an}$ ),  $g$  est sa surface terrière correspondante ( $\text{dm}^2$ ) et  $S$  est l'indice de qualité de station de la placette (Carmean et al. 1981) (m).  $\gamma_{1,2,3}$  sont trois paramètres à estimer à partir des observations. La période de croissance considérée se situe entre le début de la saison de croissance de 1998 et la fin de la saison de croissance 2000 (3 saisons de croissance). Une analyse de variance linéaire mixte (PROC MIXED, SAS Institute, Cary, N.C.) a été utilisée pour pouvoir tenir compte de la structure de l'erreur (arbres dans placettes entaillées ou non, blocs, forêts). Outre la surface terrière de l'arbre et l'indice de qualité de station qui sont déjà inclus dans l'équation 1, les facteurs fixes suivants ont été considérés dans l'analyse: le fait d'entailler l'arbre ou non, le dommage subi par l'arbre en termes de pourcentage de cime brisée, le dommage moyen subi par la placette, la proportion de cime (rapport entre la longueur du houppier et la hauteur totale), le diamètre moyen quadratique de la placette, le nombre de tiges à l'hectare, le nombre d'entailles à l'hectare et l'intensité d'entaillage. L'intensité d'entaillage correspond au rapport entre le nombre d'entailles à l'hectare effectivement observé et celui qui est recommandé par les normes d'entaillage en vigueur pour une distribution des diamètres équivalente (Allard 1983). Une régression non linéaire (PROC NLIN, SAS Institute, Cary, N.C.) a été utilisée pour modéliser plus explicitement les effets restés significatifs avec l'analyse de la variance. Le modèle élaboré repose sur l'hypothèse d'une croissance en surface terrière exprimant la taille de l'arbre et le potentiel du site (équation 1), réduite par une série de modificateurs multiplicatifs incluant les effets mis en évidence par l'analyse de la variance (Wykoff 1990).

#### *Prédiction des effets à long terme*

Un modèle de bilan de carbone des arbres a été utilisé à cet effet (TreeLEAP - Raulier et al. 2003). L'arbre est divisé en parties fonctionnelles: le feuillage qui assure la photosynthèse, la tige et les branches qui assurent la structure de l'arbre, le système racinaire structurant qui assure son ancrage et les racines fines qui assurent le prélèvement de l'eau et des éléments nutritifs du sol. La photosynthèse est estimée mensuellement à partir du rayonnement solaire absorbé par la surface foliaire de l'arbre et d'une efficacité d'utilisation de la radiation modulée par les conditions climatiques (déficit de pression de vapeur de l'air et température). La respiration est déduite pour estimer le bilan du carbone. Ce bilan est ensuite combiné à un patron d'allocation basé sur la conservation de relations structurelles.

Lorsque les dégâts causés à la cime sont mineurs, seule la densité foliaire dans le houppier est affectée par le bris de branches (e.g. Boulet et al. 2000). La réaction de l'arbre aux dommages causés par le verglas consistera donc à rétablir une densité foliaire normale dans le houppier. Lorsque les dégâts sont plus importants, outre la densité foliaire de la cime, la hauteur totale et conséquemment la longueur de la cime seront affectées, ce qui aura également comme conséquence de diminuer la biomasse des branches. Il s'agit de dommages structurels beaucoup plus permanents et l'arbre pourrait avoir tendance à changer son patron d'allocation. Une approche semblable à celle développée par Mäkelä (1999) a été utilisée et une fonction de contrôle vient affecter la valeur de la densité foliaire dans la cime, ce qui entraîne un changement du patron d'allocation en faveur de la biomasse foliaire.

TreeLEAP est un modèle composé d'un nombre élevé de relations empiriques dont la valeur des paramètres doit être estimée sur la base d'observations. Cette estimation correspond à la phase de calibration du modèle. Quatre sources de données ont été utilisées pour la calibration de TreeLEAP. Il s'agit de dix placettes temporaires situées à Saint-Gilles, Duchesnay (Bernier et al. 1999) et dans le Témiscouata (Raulier 1997) (allométrie), de deux placettes établies par le projet ECOLEAP à Saint-Gilles

et Duchesnay (photosynthèse, phénologie), de 269 placettes permanentes situées dans des érablières où l'érable à sucre ou l'érable rouge dominant (mortalité) et de 7 érablières du dispositif de suivi de la présente étude (effet du verglas sur la croissance). Une fois calibré, le modèle est supposé fournir des résultats dans une gamme prévisible de réponses correspondant aux intrants qui lui sont fournis. Les mesures faites entre 1988 et 1997 dans les placettes du projet canado-américain d'étude du dépérissement de l'érable (NAMP – Bowers et Hopkins 1995) situées au Québec (24 grappes de 5 placettes) ont été utilisées pour valider les prédictions du modèle. Plus de détails sont fournis dans Raulier et al. (2002).

Vue la dispersion géographique des placettes du dispositif de suivi NAMP sur la zone de l'érablière au Québec, ce dispositif a été utilisé pour prédire les effets à long terme du verglas de 1998. La croissance des placettes de dispositif de suivi NAMP a été simulée entre 1998 et 2018, avec et sans verglas (dommages observés). Les résultats des prédictions avec et sans verglas ont ensuite été groupés par classe de dommage des placettes et exprimés de façon relative pour juger de l'impact du verglas à court et long terme (1 et 20 ans) pour le peuplement sur pied.

## Résultats

### *Dispositif de suivi du verglas*

Dans les érablières du dispositif, les dhp moyens quadratiques varient entre 20 et 40 cm et le nombre de tiges à l'hectare oscille dans une fourchette relativement étroite (entre 320 et 680 tiges/ha). En moyenne, les érablières à l'étude sont légèrement surentaillés par rapport aux normes en vigueur (110 %) mais nous n'avons pas noté de corrélation entre l'intensité d'entaillage et le dhp moyen quadratique des érablières ( $p=0.93$ ). Le dégât subi par les érablières est plutôt variable (entre 30 et 85 % de bris de branche) et cette variabilité se retrouve à l'intérieur même des peuplements (dégâts variant dans une érablière de 16 à 82 %). Les dommages moyens observés au niveau des érablières ne sont corrélés ni avec le dhp moyen quadratique ( $p=0.24$ ) ni avec la surface terrière à l'hectare ( $p=0.56$ ).

Le modèle final obtenu par régression non linéaire est le suivant:

$$(2) \quad i_g = \gamma_1 f_G f_{d_a} g^{\gamma_3 s} \quad \text{où} \quad f_G = \exp\left(\gamma_G \frac{G - \bar{G}}{\bar{G}}\right),$$

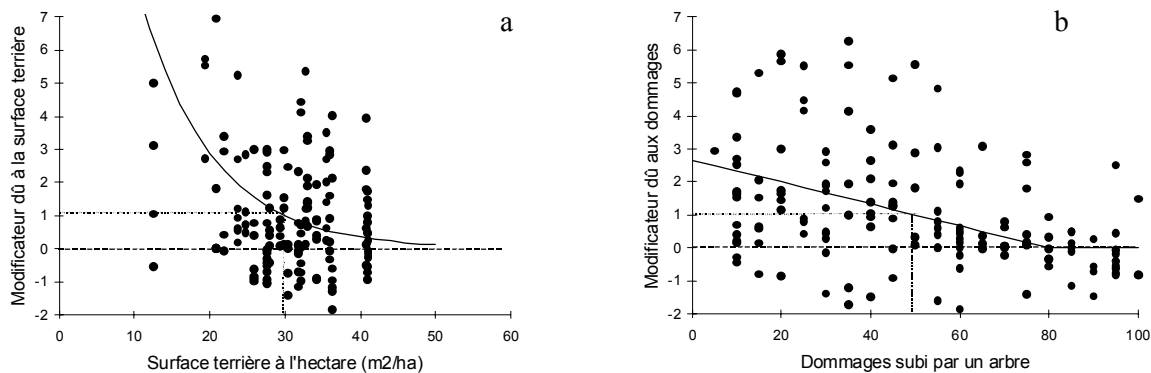
$$f_{d_a} = 1 + \gamma_{d_a} \frac{d_a - \bar{d}_a}{\bar{d}_a}$$

$\bar{G}$  est la surface terrière moyenne des placettes du dispositif (30 m<sup>2</sup>/ha),  $\bar{d}_a$  est le dommage moyen observé pour tous les arbres du dispositif (50%) et  $\square_1$ ,  $\square_3$ ,  $\square_G$  et  $\gamma_{d_a}$  sont les paramètres estimés par les moindres carrés (Tableau 1). Le modèle explique 47 % de la variabilité de la croissance en surface terrière. Dans l'équation 2, la surface terrière du peuplement et le pourcentage de dommages subis par un arbre sont exprimés par rapport à leur moyenne respective. D'une telle façon, les modificateurs correspondants sont égaux à l'unité pour un arbre ayant perdu 50 % de sa cime et croissant dans un peuplement dont la surface terrière est égale à 30 m<sup>2</sup>/ha. Le modèle sans les modificateurs décrit la croissance d'un arbre de taille quelconque dans ces conditions précises. Les modificateurs permettent donc d'exprimer la croissance des autres arbres relativement à cette situation (Fig. 1). Toutes les autres conditions restant constantes, un arbre ayant des dommages faibles (entre 0 et 25 %) aura une croissance équivalente approximativement au double de celle d'un arbre ayant perdu 50% de sa cime. De la même façon, un arbre endommagé à 50 % et croissant dans un peuplement dont la surface terrière vaut 20 m<sup>2</sup>/ha, aura une croissance valant à peu près le double de celle d'un arbre se trouvant dans un peuplement avec une surface terrière de 30 m<sup>2</sup>/ha. Il faut remarquer qu'au-delà de 80 % de dommages, le modificateur tenant compte les dommages de cime passe sous 0: le modèle prédit une croissance nulle pour les arbres de plus de 80% de dommages de cime (Fig. 1). L'ajout d'un modificateur incluant le fait d'entailler ou pas

depuis les dommages causés par le verglas de 1998 n'améliore pas l'équation 2, mais de façon juste non significative ( $F_{obs}=3.04$ ,  $F_{(0.05;1;155)}=3.90$ ). Il en est de même avec l'intensité d'entaillage ( $F_{obs}=0.03$ ,  $F_{(0.05;1;155)}=3.90$ ).

**Tableau 1:** Caractérisation de l'équation 2. ETA: écart-type asymptotique.

Paramètre	Valeur	ETA	Matrice de corrélation des paramètres		
$\gamma_1$	0.0168	0.0065	1		
$\gamma_3$	0.0342	0.0083	-0.94	1	
$\gamma_G$	-3.166	0.33	0.35	-0.22	1
$\gamma_{d_a}$	-1.665	0.29	0.47	-0.25	0.17



**Figure 1:** Relations entre les dommages observés au niveau de l'arbre (a) ou la surface terrière à l'hectare (b) avec le modificateur correspondant de l'éq. 2.

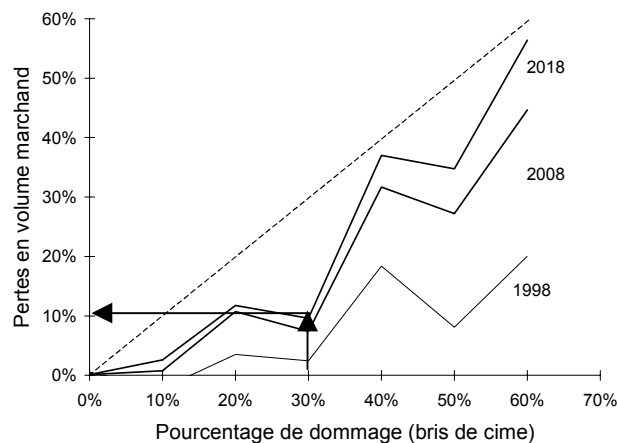
Si la surface terrière intervient comme indicateur de densité de peuplement, il faut s'attendre à ce que la longueur du houppier soit un aussi bon prédicteur de la croissance des arbres. Le remplacement du modificateur de la surface terrière par un modificateur incluant la proportion de cime fournit un modèle qui est beaucoup moins performant ( $R^2=16\%$ ). L'interprétation de l'importance de la surface terrière doit donc se faire de manière différente. Un modèle quasi-équivalent est en effet obtenu en remplaçant le modificateur en surface terrière avec deux modificateurs, l'un incluant le dhp moyen quadratique et l'autre, le nombre d'entailles à l'hectare ( $R^2=44\%$ ). Puisque la surface terrière du peuplement s'estime par le dhp moyen quadratique et le nombre de tiges à l'hectare, il faut noter que le nombre d'entailles à l'hectare n'est pas corrélé avec le nombre de tiges à l'hectare ( $p=0.07$ ). Les modificateurs incluant le dhp moyen quadratique et le nombre d'entailles ne viennent donc pas remplacer de façon mathématique celui incluant la surface terrière à l'hectare.

#### *Prédiction des effets à long terme*

Par rapport à une situation sans verglas, le verglas a causé des dommages qui s'accroissent dans le temps à cause du ralentissement de croissance du peuplement causé par les trouées dans le couvert. Si on considère que la perte en volume marchand représente la perte réelle subie par un propriétaire forestier, celle-ci est bien évidemment en relation avec la perte en volume des branches, mais de façon non linéaire et toujours moins que proportionnelle jusqu'à un seuil de 80%. La Figure 2 montre en effet qu'en dessous de 30% de perte de volume de branches, l'impact sur le volume marchand reste minime, à court et à long terme. Au-delà et sur un terme de 20 ans, les pertes réelles tendent rapidement à devenir pratiquement

proportionnelles aux pertes de volume des branches. Puisque le taux de mortalité tend vers l'unité (tous les arbres meurent) lorsque le pourcentage de dommage dépasse 80% (Allard et al. dans le présent document), les pertes réelles deviennent proportionnelles aux pertes de branche dès que ce seuil est atteint.

Il faut insister sur le fait que, dans le dispositif de suivi NAMP, seules les tiges marchandes ( $d_{hp} > 10$  cm) ont été inventoriées et l'impact prédit ne concerne que l'ensemble de ces tiges. Il faut donc s'attendre à la venue de recrues dans le couvert dominant qui viendront atténuer l'effet du verglas sur les caractéristiques dendrométriques du peuplement, d'autant plus que les dommages causés par le verglas ont été importants. On comprend donc qu'au-delà de 30% de pertes de branche, il devient important de favoriser la croissance des recrues présentes pour temporiser les pertes subies dans le peuplement principal. Il est heureux de voir que ces considérations s'ajustent très bien aux types de prescriptions qui sont conseillées dans les érablières par Boulet et al. (2000, p. 28 et 30).



**Figure 2:** Caractérisation des pertes prédites en volume marchand en fonction du pourcentage de dommage à la cime sur un terme de 20 ans. Par exemple, pour un dommage de 30% de bris de cime en 1998, les pertes en volume marchand prédite 20 ans après le verglas seront approximativement de 10%, relativement à une situation sans verglas.

## Discussion

Les résultats montrent que la croissance des arbres tend à ralentir, même lorsque les dégâts sont légers. Le seuil d'arrêt de croissance de 80 % correspond à celui fourni par les guides d'aménagement des érablières et qui prévoient, à partir de ce seuil, une forte probabilité de mortalité des érables (Boulet et al. 2000, Coons 1999). La ponction printanière en sève résultant de l'entaillage retire de l'arbre une certaine quantité de sucre qui autrement pourrait être allouée à une activité de réparation. Cette ponction ne semble pas intervenir dans l'explication de la croissance en surface terrière pendant les trois premières années après le verglas. Le même constat peut être tiré avec l'intensité actuelle de l'entaillage. Vézina et Moreau (1999) avaient aussi observé dans deux érablières du même dispositif que la coulée d'eau d'érable n'avait pas été significativement affectée en 1998 et 1999 par les dommages subis par les arbres. Ces constats sont toutefois des résultats à court terme (2-3 ans) et pourraient changer si un terme plus long était considéré. En effet, la croissance des arbres est négativement influencée par la surface terrière du peuplement ou par la combinaison du  $d_{hp}$  moyen quadratique et du nombre d'entailles à l'hectare. Il faut remarquer que dans les érablières du dispositif, plus le diamètre des arbres est élevé, plus la surface terrière et le nombre d'entailles à l'hectare le sont également et la sylviculture qui y est pratiquée semble donc d'autant plus conservatrice que les peuplements ont des grosses tiges. Il faut donc se demander si l'effet de l'entaillage ne puisse se faire sentir à long terme sur la croissance des arbres, sans même

considérer l'effet supplémentaire des bris de branches causés par le verglas. Ce risque est d'autant plus grand que la croissance est faible, que l'arbre a été entaillé depuis longtemps ou lorsque l'acériculteur a tendance à surexploiter certaines zones du tronc (Walters et Shigo 1978, Allard et al. 1998). Toutefois, Pothier (1996) a clairement montré que le fait d'entailler des arbres n'affectait nullement leur capacité à réagir face à l'éclaircie, et ce pendant une période de 20 ans.

## Conclusions

Le verglas de 1998 aura des répercussions à long terme importantes sur l'évolution des érablières qui en ont été victimes. La perte en volume des branches affecte la croissance en surface terrière des érables jusqu'à un seuil critique de 80 % de pertes, au-delà duquel il semble ne plus y avoir de croissance. L'intensité de l'entaillement ou même l'arrêt de l'entaillement après le verglas n'influence pas de façon significative la croissance à court terme des érables endommagés. Un seuil de dommage de 30% semble aussi critique pour indiquer des pertes de croissance importantes, que ce soit au niveau de l'arbre ou de la placette (Fig. 2). Il faut cependant moduler cette affirmation en précisant que la croissance observée pourrait être affectée par le cumul des blessures d'entaillement, d'autant plus important dans les érablières entaillées depuis longtemps. Un suivi à plus long terme serait toutefois nécessaire pour valider cette hypothèse.

Ce travail a également confirmé le fait que l'utilisation du pourcentage résiduel de cime ou son complément, le pourcentage de dommage, est en relation directe avec les chances de récupération des arbres endommagés. Cette relation n'est toutefois pas linéaire (Fig. 2).

## Remerciements

Ce projet de recherche a été financé conjointement par le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec dans le cadre de l'entente concernant le programme d'assistance financière aux propriétaires de boisés affectés par la tempête de verglas de janvier 1998 et dont l'activité forestière n'est pas le principal gagne-pain. Jean-Pierre Renaud, du centre Acer, est responsable de la mise en place du dispositif de suivi du verglas en Montérégie. Pierre DesRochers nous a gracieusement donné accès aux mesures du projet NAMP. Ce travail n'aurait pas été possible sans la participation de Catherine Gaucher qui a aidé à assurer le suivi de ce dispositif entre 1998 et 2000, ni sans l'aide technique de Guy Boudreault, Michel Cartier, René DesRuisseaux et Julien Lavoie du Centre Acer et de Sébastien Dagnault du Centre de foresterie des Laurentides.

## Références

- Allard 1983. Erablières. Entaillement des érables. Conseil des productions végétales du Québec, Québec, QC.
- Allard, G.B., Boudreault, G. et Renaud, J.-P. 1998. Modèle de simulation du rendement d'une entaille en fonction de différents paramètres physiques et physiologiques associés à l'entaillement. *In* Les stress et la productivité de l'érable à sucre: de l'arbre au peuplement. J.-P. Renaud, Y. Maufette et P. Dizengremel (Eds.). Centre Acer, Québec, QC. pp 111-130.
- Bernier P.Y., Fournier R.A., Ung C.H., Robitaille G., Larocque G.R., Lavigne M.B., Boutin R., Raulier F., Paré D., Beaubien J. and Delisle C. 1999. Linking ecophysiology and forest productivity: an overview of the ECOLEAP project. *For. Chron.*, 75: 417-421
- Boulet B., Trottier F. et Roy G. 2000. L'aménagement des peuplements forestiers touchés par le verglas. Ministère des Ressources Naturelles du Québec, Québec. 67 p.
- Bowers W.W. et Hopkin A. 1995. DNARPA et Projet canado-américain d'étude du dépérissement de l'érable (NAMP). Service canadien des forêts. Rapport d'information ST-X-14.
- Carmean, W.H., Hahn, J.T., et Jacobs, R.D. 1981. Site index curves for forest tree species in the Eastern United States. USDA For. Serv., North Central For. Exp. Stn., Gen. Tech. Rep. NC-128.
- Castonguay M., Lebeau A., Coupal M.-J., Pâquet J. et Bélanger G. 2001. La tempête de verglas de 1998: les programmes forestiers au Québec. *For. Chron.*, 77: 599-601.
- Coons, C.F. 1999. Effects of ice storm damage and other stressors on sugar bush health and sap productivity. Literature review and synthesis. Canada-Ontario agreement for the ice storm economic recovery assistance Program, Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Guelph, ON. 77 p.

- Mäkelä A.** 1999. Acclimation in dynamic models based on structural relationships. *Functional Ecology* 13: 145-156.
- Pothier D.** 1996. Accroissement d'une érablière à la suite de coupes d'éclaircie: résultats de 20 ans. *Can. J. For. Res.*, 26: 543-549.
- Raulier F.** 1997. Modélisation fonctionnelle de la dynamique des forêts feuillues à prédominance d'érable à sucre (comté de Témiscouata). Thèse de doctorat. Université Laval, Québec, QC.
- Raulier F., Guay S., Pothier D., Rioux D., Mauffette Y., Boulet B. et Dumont M.** 2002. Dommages dus au verglas et entaillage : développement d'un indice écophysio-logique de vitalité. Rapport déposé au Service de la mise en valeur des forêts privées, Direction des programmes forestiers, Ministère des Ressources naturelles du Québec, Ste-Foy, QC, 24 p.
- Raulier F., Pothier D. et Bernier P.Y.** 2003. Predicting the effect of thinning on growth of dense balsam fir (*Abies balsamea* [L.] Mill.) stands using a process-based tree growth model. *Can. J. For. Res.* 33: 509-520.
- Teck R.M., et Hilt D.E.** 1991. Individual-tree diameter growth model for the Northeastern United States. USDA For. Serv., Northeastern For. Exp. Stn., Radnor, PA., Res. Paper NE-649.
- Vézina A. et Moreau M.** 1999. Effets des dommages consécutifs au verglas de janvier 1998 sur la coulée de l'érable à sucre. Projet réalisé en Montérégie-ouest durant les printemps 1998 et 1999. *In* Le verglas et les érablières : l'importance du problème et ses répercussions en acériculture. Colloque acéricole du 18 et 19 octobre 1999, Centre ACER, Plessisville, QC.
- Walters, R.S., et Shigo, A.L.** 1978. Tapholes in sugar maple: what happens in the tree. U.S.D.A. For Serv., Northeast. For. Exp. Stn., Broomall, P.A. Gen. Techn. Rep. NE-47.
- Wykoff, W.R.** 1990. A basal area increment model for individual conifers in the northern Rocky Mountains. *For. Sci.* 36: 1077-1104.