

Dommages dus au verglas dans un jeune peuplement de bouleau jaune en Estrie.

Richard Zarnovican
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts - Centre de foresterie des Laurentides

Résumé

La forêt feuillue du sud du Québec a été endommagée à divers degrés par le verglas de janvier 1998. Dans le cas de jeunes peuplements feuillus, aménagés pour la production du bois d'œuvre, les données sur les dommages sont plutôt rares. Devant cette situation, une étude a été réalisée dans un jeune peuplement de bouleau jaune, afin d'évaluer l'importance des dommages et les relations avec l'essence, la position sociale de l'arbre, ainsi que le traitement sylvicole. Les résultats obtenus à l'aide des modèles log-linéaires indiquent que le bouleau jaune est une essence beaucoup plus sensible au verglas que l'érable à sucre et le frêne d'Amérique. En ce qui concerne l'éclaircie précommerciale, on note que le bouleau jaune présente des dommages plus importants à la suite d'une éclaircie forte par le bas (la norme provinciale en vigueur) que sans traitement sylvicole ou à la suite d'une éclaircie mixte modérée.

Abstract

The relationships between three hardwood species, social position of trees, precommercial thinning treatment and ice storm damage were studied in a young hardwood stand in southern Quebec. The association between these variables was determined using the log-linear modeling technique. The severity of the glaze damage was much higher for yellow birch than for sugar maple and white ash. As for the thinning treatment, yellow birch had the highest damage when heavy thinning from below was used.

Introduction

Entre le 5 et le 10 janvier 1998, une tempête de verglas frappait l'Estrie avec une accumulation de pluie verglacée atteignant par endroits jusqu'à 80 mm (Environnement Canada 1998). Bien que le verglas soit commun dans la région, cette précipitation a été beaucoup plus longue que la normale annuelle. Le poids de la glace combiné à des vents forts a provoqué des dommages importants aux peuplements forestiers. Un inventaire aérien (Boulet 1998) établissait que la forêt du sud du Québec était endommagée à divers degrés sur environ 17 700 km², dont 92% était de la forêt privée.

Parmi les dégâts, on pouvait noter les cassures des troncs et des cimes ainsi que la flexion d'arbres au-dessous des cimes. Ces dégâts représentent des dommages importants dans le contexte de l'aménagement forestier pour le bois d'œuvre, particulièrement dans de jeunes peuplements. Par ailleurs, les informations concernant ces dommages dans les érablières à bouleau jaune et tilleul sont rares (Boulet 1998). Dans cette perspective, un inventaire des dommages causés par le verglas de janvier 1998 était réalisé dans un jeune peuplement feuillu près de Saint-Zacharie, comté de Richmond.

L'objectif du présent travail est d'évaluer le type et la sévérité des dommages causés par le verglas selon l'essence, la position sociale de l'arbre et l'éclaircie précommerciale. Par ces résultats, le travail vise à fournir aux gestionnaires forestiers les informations sur l'aménagement de jeunes feuillus, particulièrement les informations sur le choix d'essence et la méthode de conduite dans le cadre d'une futaie régulière.

Description du site

Les dégâts dus au verglas ont été inventoriés en août 1998 dans un dispositif expérimental pour étudier l'effet de l'éclaircie précommerciale sur la croissance et le rendement des feuillus (Zarnovican 1998). Ce dispositif (lat. 45° 35' N, long. 71° 45' W, alt. 340 m) fait partie du domaine de l'érablière à bouleau jaune (Thibault 1986). Le peuplement est un haut perchis de 28 ans, issu d'une régénération naturelle après la

coupe à blanc (Ouellet et Zarnovican 1988). La peuplement est une bétulaie jaune typique, composée de trois principales essences, bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton) (55%), érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) (26%) et frêne d'Amérique (*Fraxinus americana* L.) (17%). L'indice de site du bouleau jaune (22 m à 50 années) est comparable à celui de l'érablière à bouleau jaune et tilleul (Zarnovican 1998). Le climat régional est modéré, subhumide et continental (Proulx et al. 1987), avec une saison de croissance de 130 jours. Les sols du dispositif sont des podzols bien drainés sur un matériel morainique hétérogène.

Prise des données

Le verglas et le vent ont provoqué trois types de dommages : 1 - une perte en volume due aux cassures des tiges et des cimes, 2 - une perte de croissance par le bris partiel des branches et par la flexion des cimes et 3 - une perte de volume due aux blessures. La sévérité des dommages causés par le verglas peut être exprimée par la perte en volume d'arbres brisés ou en volume de rebut des arbres blessés. La perte de croissance peut être associée au bris de cimes variant de légers (perte de petites branches) à sévères (perte de branches maîtresses) (Whitney et Johnson 1984). Pour connaître la perte de croissance, un suivi de plusieurs années est nécessaire.

Le volume total des arbres a été estimé par un tarif local à partir des dhp d'arbres, mesurés au millimètre près à l'aide d'un compas. Les dégâts dus au verglas ont été évalués sur 435 tiges du dispositif expérimental (tableau 1), dont 245 tiges du bouleau jaune, 116 tiges de l'érable à sucre et 74 tiges du frêne d'Amérique. L'importance des dommages a été évaluée en utilisant trois classes. La première classe comprenait les arbres sains ou avec les dommages légers (légère flexion de cime ou de tronc ou perte de petites branches). Cette sorte de blessure n'affecterait probablement pas la croissance ou la santé des arbres. La classe 2, ou dommages moyens, comprenait des arbres avec la perte des principales branches ou une flexion importante de la cime. Les dommages de cette magnitude auraient un impact direct sur le développement et la croissance des arbres. La classe 3, ou dommages sévères, incluait les arbres courbés au-dessous des cimes du peuplement ou les arbres avec des tiges cassées. La survie de ces arbres est improbable.

Analyse statistique

Les associations et les interactions entre les dommages dus au verglas et l'essence, le traitement sylvicole et la position sociale de l'arbre étaient étudiées par les modèles log-linéaires (Fienberg 1980, Wilkinson et al. 1996) en utilisant la procédure LOGLIN (PSSS Inc. 1998). La sélection du modèle a été réalisée par la méthode « stepwise » et sa signification a été évaluée par un test général de chi-carré. Le rejet d'un modèle ($p < 0,05$) implique qu'au moins un terme significatif d'interaction ou d'association manque pour estimer adéquatement toutes les cellules d'un tableau des fréquences. Pour le modèle sélectionné, la signification des interactions et des associations a été évaluée à l'aide des estimateurs de paramètres standardisés (paramètre divisé par son erreur type). Le paramètre standardisé plus grand que 2 indique une association positive et significative entre les modalités des variables correspondantes, tandis que le paramètre standardisé plus petit que -2 indique une association significative négative. Quatre variables qualitatives ont été utilisées, DOMMAGES (D) (variable dépendante) avec trois modalités (sévère, moyen, léger ou nul), ESSENCE (S) avec trois modalités (bouleau jaune - Boj, érable à sucre - Ers, et frêne d'Amérique - Fra), TRAITEMENT sylvicole (T) avec quatre modalités (témoin, éclaircie faible par le haut, éclaircie mixte modérée et éclaircie forte par le bas) et enfin, POSITION sociale (P) de l'arbre avec trois modalités (supérieure, moyenne et inférieure).

Résultats et discussion

Les tempêtes de verglas sont une perturbation fréquente dans la zone feuillue de l'Amérique du nord-est (Lemon 1961, Melancon et Lechowicz 1987) et certains (Lemon 1961, Lorimer 1977, Borman et Likens 1979) considèrent que le verglas y est plus fréquent que les chablis ou les feux. Dans la dynamique

forestière, le verglas peut accélérer la succession forestière (Lemon 1961, Carvell et al. 1957, Siccama et al. 1976, Whitney et Johnson 1984).

Les effets du verglas sur un peuplement représentent un problème complexe. La sensibilité des arbres au verglas dépend des caractéristiques mécaniques de l'arbre (hauteur, diamètre, dimensions et forme de cime), caractéristiques de bois (largeur des cernes) et caractéristiques de peuplement (densité ou l'effet du massif) (Rottmann 1985). Il y a des caractéristiques intrinsèques de l'essence qui la rendent plus sensible au verglas que d'autres. Par exemple, l'érable à sucre est considéré comme modérément sensible au verglas, tandis que le frêne d'Amérique et le bouleau jaune sont considérés comme résistants (Lemon 1961).

Tableau 1. Statistiques sur le dommage, le traitement et l'essence.

Dommage	Traitement	Essence			Total
		Boj	Ers	Fra	
Sévère	Témoin	9	1	2	12
	Faible	20	2	0	22
	Modérée	24	6	5	35
	Forte	17	3	3	23
	Total	70	12	10	92
Moyen	Témoin	41	11	3	55
	Faible	42	2	4	48
	Modérée	6	3	2	11
	Forte	6	4	1	11
	Total	95	20	10	125
Léger ou nul	Témoin	29	25	22	76
	Faible	25	26	18	69
	Modérée	22	22	10	54
	Forte	4	11	4	19
	Total	80	84	54	218

Dommages dus au verglas vs traitement sylvicole et essence

Les résultats sur les interactions entre Dommage, Essence et Traitement, établies par la procédure LOGLIN (tableau 1), indiquent que l'interaction entre les trois variables n'est pas significative. L'acceptation de modèle S T D ST SD TD (tableau 2) implique que le terme STD n'est pas requis pour estimer adéquatement les fréquences du premier tableau. L'absence d'une interaction significative suggère que les associations entre Essence et Dommage sont les mêmes pour tous Traitements. Les résultats (tableau 2) indiquent également que l'association entre Essence et Traitement n'est pas significative (l'acceptation du modèle S T D SD TD) et indique que la distribution des essences est la même selon les traitements sylvicoles.

Table 2. Sélection du modèle pour le tableau 1 et les variables Dommage (D), Essence (E) et traitement (T).

Variable	Chi-carré	d.l.	Valeur de p
S T D ST SD TD	15.45	12	0.22
S T D SD TD	23.97	18	0.16
S T D ST TD	84.55	16	<0.0001
S T D ST SD	73.71	18	<0.0001

L'association significative (tableau 2) entre Traitement et Dommage (le rejet du modèle S T D ST SD) suggère que les dommages causés par le verglas diffèrent entre les traitements sylvicoles. Enfin, l'association entre Essence et Dommage (tableau 2) est aussi significative (le rejet du modèle S T D ST TD) et elle suggère que les dommages causés par le verglas diffèrent entre les essences. Devant ces résultats, le modèle S T D SD TD est sélectionné pour estimer les fréquences dans toutes les cellules du premier tableau. Ce modèle est employé pour estimer les paramètres standardisés (PS) des associations significatives (SD et TD).

Dommages et traitement sylvicole

Selon les paramètres standardisés, les dommages moyens sont positivement associés avec le témoin (PS=4,25) et avec l'éclaircie faible par le haut (PS=2,20). En revanche, les dommages sévères sont positivement associés à l'éclaircie modérée (PS=3,73) et à l'éclaircie forte par le bas (PS=4,10).

Dommages et essence

La relation entre Essence et Dommage est significative (tableau 2). Selon les paramètres standardisés, les dommages moyens et sévères sont positivement associés au bouleau jaune (PS=3,20 et 2,94), alors que les dommages légers ou nuls sont positivement associés à l'érable à sucre (PS=3,61) et au frêne d'Amérique (PS=2,68). Enfin, le terme non significatif d'interaction triple (tableau 2) suggère que l'association entre Essence et Dommage est similaire pour tous les traitements sylvicoles.

On note (tableau 3) que la majorité des érables et des frênes n'étaient pas endommagées par le verglas, alors que le bouleau jaune a subi des dommages importants, par la flexion des cimes et des troncs et par le bris des cimes. Ces résultats suggèrent que l'érable à sucre et le frêne d'Amérique sont plus résistants au verglas que le bouleau jaune, ce qui contraste avec les classes de sensibilité attribuées à ces essences par Lemon (Lemon 1961) et par Boulet (1998).

Tableau 3. Distribution relative des arbres (n) par essence et dommage.

Dommage	Dégât	n	Boj (%)	Ers (%)	Fra (%)
Nul ou Léger	Sans	168	19.2	59.5	62.2
	Légère flexion de la cime	19	4.1	6.9	1.4
	Légère flexion du tronc	4	1.2	0	1.4
	Bris de petites branches	32	7.8	6.0	8.1
Moyen	Flexion importante de la cime	111	34.3	14.7	6.8
	Bris de branches principales	21	4.5	4.3	6.8
Sévère	Flexion importante du tronc	38	10.6	6.0	6.8
	Bris du tronc	8	2.4	1.7	0
	Bris de la cime	47	15.9	0.9	6.8

Verglas et dommages du bouleau jaune

Devant l'ampleur des dégâts du bouleau jaune, une étude spécifique a été réalisée pour cette essence en considérant les variables suivantes : dommage (D), position sociale de l'arbre dans le peuplement (P) et traitement sylvicole (T). À l'aide de la procédure LOGLIN et des données du tableau 4, le modèle P T D PT TD a été sélectionné comme le meilleur modèle pour estimer les paramètres standardisés des associations significatives (PT et TD). Les résultats de l'analyse (tableau 5) indiquent que le terme d'interaction triple n'est pas significatif (l'acceptation du modèle P T D PT PD TD), suggérant que les relations entre le traitement sylvicole et la position sociale de l'arbre sont les mêmes pour tous les niveaux de dommages.

Les relations entre les variables Essence et Dommage ne sont pas significatives (l'acceptation du modèle P T D PT TD), indiquant que la distribution des dommages entre les strates sociales est semblable, bien que la classe dominante montre une tendance à la proportion plus faible de dommages sévères. Enfin, les relations significatives entre Traitement et Dommage (le rejet du modèle PTD PT PD) indiquent que les dommages diffèrent entre les traitements sylvicoles.

Tableau 4. Distribution des bouleaux jaunes selon dommage, éclaircie et position sociale.

Dommage	Traitement	Position sociale			Total
		Inférieure	Moyenne	Supérieure	
Sévère	Témoin	3	3	3	9
	Faible	5	6	9	20
	Modérée	8	6	10	24
	Forte	1	4	12	17
	Total	17	19	34	70
Moyen	Témoin	13	12	16	41
	Faible	19	18	5	42
	Modérée	2	3	1	6
	Forte	1	0	5	6
	Total	35	33	27	95
Léger ou nul	Témoin	11	11	7	29
	Faible	8	7	10	25
	Modérée	4	2	16	22
	Forte	0	2	2	4
	Total	23	22	35	80

Tableau 5. Sélection du modèle pour le tableau 4 et les variables Dommage (D), Essence (E) et traitement (T).

Variable	Chi-carré	d.l.	Valeur - p
P T D PT PD TD	20.62	12	0.06
P T D PT TD	23.56	16	0.10
P T D PD TD	35.83	18	0.0074
P T D PT PD	62.69	18	<0.0001

Selon les paramètres standardisés significatifs pour l'association entre Traitement et Dommage, les dommages moyens sont positivement associés avec le témoin (PS=3,68) et avec l'éclaircie faible par le haut (PS=2,70). En revanche, les dommages sévères sont positivement associés avec l'éclaircie modérée (PS=2,52) et l'éclaircie forte par le bas (PS=3,50). Il faut également noter que les dommages légers sont positivement et significativement associés avec l'éclaircie modérée (PS=2,01).

Production en volume et dommages causés par le verglas

Si l'érable à sucre et le frêne d'Amérique ont été relativement épargnés par le verglas, en revanche le bouleau jaune a subi des dégâts majeurs. Le volume total sans écorce du peuplement en 1998 était de 116 m³.ha⁻¹, soit 53 m³.ha⁻¹ pour le bouleau jaune, 17 m³.ha⁻¹ pour l'érable à sucre et 43 m³.ha⁻¹ pour le frêne d'Amérique. Selon la distribution du volume total par la classe de dommages, seulement 8% du volume de frêne d'Amérique et 10% d'érable était perdu et plus que 75% de leur volume peut assurer la production future. Pour le bouleau jaune, 33% du volume a été sauvegardé, 31% du volume présente des dommages moyens et 36% du volume était perdu à la suite du verglas. Parmi les tiges de bouleau sans dommages, seulement 20% d'arbres dominants pourraient assurer la production future.

Une partie importante de la résistance d'un peuplement au verglas est l'effet du massif (Schütz 1990). La densité optimale du peuplement et l'imbrication des cimes établies par une conduite appropriée empêche un balancement excessif des arbres, assurant ainsi une plus grande stabilité au peuplement. Les traitements appliqués (témoin, faible par le haut, modérée mixte et forte par le bas) ont modifié la densité du peuplement et l'espacement entre les arbres.

Tableau 6. Distribution relative du bouleau jaune selon traitement et dommage.

Dommage	Dégât	n 245	Traitement			
			Témoin (%)	Faible (%)	Modérée (%)	Forte (%)
Nul ou Léger	Sans	47	27.8	10.3	23.1	14.8
	Légère flexion de la cime	10	3.8	6.9	1.9	0
	Légère flexion du tronc	3	0	0	5.8	0
	Bris de petites branches	19	5.1	10.3	11.5	0
Moyen	Flexion importante de la cime	84	45.6	42.5	11.5	18.5
	Bris des branches majeures	11	6.3	5.7	0	3.7
Sévère	Flexion importante du tronc	26	3.8	3.4	28.8	18.5
	Bris du tronc	6	3.8	1.1	1.9	3.7
	Bris de la cime	39	3.8	19.5	15.4	40.7

La comparaison des dégâts selon le traitement appliqué permet d'évaluer leurs avantages et leurs déficiences à l'égard du verglas pour la production du bois d'œuvre. Si le témoin présente le taux le plus élevé de cimes courbées (tableau 6), en revanche, il a le plus grand nombre des tiges saines. Sa structure naturelle semble être assez résistante pour empêcher les bris majeurs.

L'éclaircie faible par le haut avec la libération d'arbres d'avenir présente 20% d'arbres avec des cimes brisés, un taux élevé de cimes courbées et un faible taux d'arbres saines. L'éclaircie mixte modérée, qui visait les arbres d'avenir et les arbres utiles, présente un nombre important d'arbres sains ou avec des dommages légers. Par contre, cette intervention présente le taux le plus élevé d'arbres courbés au-dessus des cimes. Enfin, l'éclaircie forte par le bas (la norme provinciale en vigueur) présente le taux le plus haut de bris des cimes et une proportion importante d'arbres courbés au-dessus des cimes.

Ces résultats indiquent que l'éclaircie précommerciale de par son intensité peut affecter la stabilité d'un peuplement feuillu d'une manière significative et par conséquent affecter les dégâts dus au verglas. Considérant l'amplitude des dommages et le traitement sylvicole, le meilleur compromis apparaît être l'éclaircie mixte modérée et le pire traitement, la norme provinciale avec 2.500 tiges résiduelles à l'hectare. Il est à noter que 13 années après l'éclaircie forte par le bas, l'effet de massif est encore absent. L'expansion de la cime et la création d'une zone de faiblesse à la base de la cime où les cernes annuels sont larges prédispose le bouleau jaune aux dégâts par le verglas.

Conclusions

Dans la zone des verglas fréquents, le bouleau jaune représente un risque important pour l'aménagement forestier, notamment lorsque la conduite de jeunes peuplements se fait par des éclaircies précommerciales intenses et uniques.

Les effets du verglas devraient être considérés avec plus d'attention dans l'aménagement forestier des feuillus nobles du sud du Québec.

Une plus grande attention devrait être portée à la formation des mélanges au stade des fourrés et au choix de la méthode de conduite.

Bibliographie

- Borman, F. H., and G.E. Likens. 1979. Catastrophic disturbance and the steady state in northern hardwood forests. *Am. Sci.* 67:660-669.
- Boulet, B. 1998. Le verglas de 1998, les conséquences probables dans les peuplements forestiers touchés. *L'Aubelle* 124:10-14.
- Carvell, K.L., E.H. Tryon, and R.P. True. 1957. Effects of glaze on the development of Appalachian hardwoods. *J. For.* 55:130-132.
- Environment Canada, 1998. Map of freezing rain accumulation in mm between January 4th and 10th, 1998. Green Lane™, Environment Canada's World Wide Web site.
- Fienberg, S.E. 1980. The analysis of cross-classified categorical data. Second Edition. MIT Press.
- Lemon, P.C. 1961. Forest ecology of ice storms. *Bull. Torrey Bot. Club* 88:21-29.
- Lorimer, C.G. 1977. The presettlement vegetation and natural disturbance cycle of northeastern Maine. *Ecology* 58:139-148.
- Melancon, S., and M.J. Lechowicz, 1987. Differences in the damage caused by glaze ice on codominant *Acer saccharum* and *Fagus grandifolia*. *Can. J. Bot.* 65:1157-1159.
- Ouellet, D., and R. Zarnovican. 1988. Cultural treatment of young yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) stands: tree classification and stand structure. *Can. J. For. Res.* 18:1581-1586.
- Proulx, H., G. Jacques, A.M. Lamothe and J. Litynski, 1987. Climatologie du Québec méridional. *Minist. Environ. Québec, Dir. Météorol., Québec, M.P.* 65, 198 p.
- Rottmann, M. 1985. Schneebruchschäden in Nadelholzbeständen. *Sauerländer's, Frankfurt.* 159 p.
- Schütz, J.Ph. 1990. Sylviculture 1. Principes d'éducation des forêts. Presses polytechniques et universitaires romande, Lausanne. 243 p.
- Siccama, T.G., G. Weir, and K. Wallace. 1976. Ice damage to a mixed forest in Connecticut in relation to *Vitis* infestation. *Bull. Torrey Bot. Club* 103:180-183.
- SPSS Inc. 1998. SYSTAT® 8.0 : Statistics. Chicago, IL. 1086 p.
- Thibault, M. 1986. Les régions écologiques du Québec méridional (deuxième approximation). Carte synthèse. *Minist. Énerg. Ressour. Québec, Serv. rech. et Serv. cartographie, Québec.*
- Whitney, H.E. and W.C. Johnson. 1984. Ice storms and forest succession in southwestern Virginia. *Bull. Torrey Bot. Club* 111:429-437.
- Wilkinson, L., B. Grant and C. Gruber. 1996. Desktop data analysis with SYSTAT. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ. 798 p.
- Zarnovican, R. 1998. Precommercial thinning in a young sugar maple – yellow birch stand: results after 10 years. *Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Laurentian For. Cent., Inf. Rep. LAU-X-123E.*