

Études des causes de mortalité après coupe de jardinage en forêt feuillue

Christian Messier (UQAM), Marilou Beudet (UQAM), Frédérik Doyon (IQAFF),
Daniel Kneeshaw (UQAM), Philippe Nolet (IQAFF), Henrik Hartmann (UQAM)

Objectifs

La coupe de jardinage constitue le traitement le plus employé dans la forêt feuillue publique au Québec (BSMAF 2002). Ainsi, dans la période de 1995 à 2001, plus de 300 000 ha ont été traités, soit par des coupes de jardinage ou de préjardinage (MRN 2002). Les calculs de la possibilité forestière des peuplements sous jardinage sont basés sur les résultats d'études expérimentales (ex. Majcen et al. 2000). Afin de vérifier la validité des résultats de ces études dans un contexte d'aménagement industriel, le MRN a initié, en 1995, l'installation d'un dispositif de suivi sous des conditions réelles ('effets réels'), c'est-à-dire en forêt aménagée par l'industrie forestière (Bédard et Brassard 2002). Les premiers résultats de cette étude indiquaient que cinq ans après le traitement, l'accroissement annuel net était significativement inférieur à celui des études expérimentales, dû à un taux élevé de mortalité ayant pour conséquence de ralentir la reconstitution volumique des peuplements (Bédard et Brassard 2002). Ce ralentissement se traduira en interventions moins fréquentes ou moins intensives, ce qui en retour pourrait affecter l'approvisionnement des usines de transformation.

L'objectif de ce projet consiste à identifier les facteurs responsables de la mortalité des tiges résiduelles d'érable à sucre et de bouleau jaune au cours des dix années suivant des coupes de jardinage (peuplements jardinés en 1993) dans la région du Témiscamingue. Ainsi, l'horizon d'évaluation est rallongé par rapport aux études des effets réels.

Suivant le modèle conceptuel de Manion (1991), notre hypothèse de travail est que les perturbations associées à la coupe (ouverture soudaine de la canopée, compaction des sols, dommages aux racines par la machinerie) agissent comme facteurs incitants qui causeraient la mort de certains individus ayant des vigueurs plus faibles que les arbres survivants. Le principal vecteur de stress prédisposant la mort serait un déficit hydrique. À l'échelle de l'arbre, seuls les individus de faible vigueur initiale et fortement affectés par les perturbations de la coupe seraient entraînés dans le déclin et la mort. À l'échelle du peuplement, les parcelles démontrant des caractéristiques favorisant un déficit hydrique (ex. sol mince, pente forte, peuplement dense) devraient afficher des taux de mortalité plus élevés que sur des sites moins susceptibles à un tel déficit.

Méthodologie

Notre étude est divisée en deux volets, soit une étude à l'échelle du peuplement et une autre à l'échelle de l'arbre. Le premier volet vise à identifier les caractéristiques des peuplements et des sites qui favorisent des taux élevés de mortalité. Le deuxième volet a pour objectif de cerner les causes de la mortalité des arbres résiduels.

Volet à l'échelle du peuplement

Pour cette étude, nous avons échantillonné plus de 650 parcelles dans les peuplements jardinés en 1993 dans la région de Témiscamingue. Les peuplements ont été échantillonnés à une densité de 1 parcelle/4 ha correspondant ainsi à la densité habituelle des inventaires d'intervention dans le processus de planification de la coupe.

Un deuxième jeu de données (149 parcelles), provenant de la région de Mont Laurier a été ajouté pour combler certaines incertitudes concernant la période depuis la mort. En effet, comme nous n'avions pas les coordonnées exactes des parcelles inventoriées en 1993 au Témiscamingue, il n'a pas été possible de retourner exactement dans les mêmes parcelles et de déterminer avec certitude si une tige morte en 2003 était encore vivante ou déjà morte en 1993. Pour estimer l'année de la mort, nous avons donc eu recours à une clé d'identification basée sur l'observation des caractéristiques externes des chicots (ex. rétention de rameaux fins, état et rétention de l'écorce) (Sénécal et al. 2003). Toutefois, des travaux effectués par l'IQAFF (comparaison de la date de mortalité estimée à partir de caractéristiques extérieures des chicots à celle évaluée par datation de séries dendrochronologiques) et publiés au cours de la dernière année ont démontré qu'il existe une large marge d'erreur autour de telles évaluations (Nolet et Forget 2004). Ce premier jeu de données a donc été complété par un jeu de données récoltées par l'IQAFF en 2004 et pour lequel les taux réels de mortalité ont pu être établis avec certitude (puisque dans ce cas, les mêmes placettes d'inventaire ont pu être revisitées).

Dans ces parcelles (à rayon variable), l'essence, le diamètre, l'état, la présence de blessures et la vigueur ont été notés pour les tiges vivantes, ainsi que la cause de mortalité pour les tiges mortes. Pour les analyses des taux de mortalité par espèce (érable à sucre, bouleau jaune et toutes essences), les taux de mortalité sur dix ans (variable dépendante) ont été regroupés en deux types : mortalité due au chablis et autres causes de mortalité.

Le type forestier, les classes de hauteur, de densité, d'âge, de pente et de drainage et le type de dépôt (établis à partir de la carte écoforestière du MRN) ont été utilisés comme variables indépendantes lors des analyses. Dans un premier temps, une analyse de fréquence (présence ou absence de mortalité) a été effectuée (test de khi-carré). Par la suite, pour les placettes où il y avait présence de mortalité, une analyse de variance a été employée pour tester l'effet des différentes composantes de la strate cartographique (6 variables décrites ci-haut) sur le taux de mortalité transformé en rang avec un seuil alpha de 0,10.

Volet à l'échelle de l'arbre

Nous avons établi à l'été 2004 et 2005, 19 parcelles d'échantillonnage dans des coupes de jardinage de 1993 dans l'Unité de gestion 81-22 (Témiscamingue). Dans ces parcelles (50 m x 80 m), nous avons mesuré le diamètre des souches (dhs) de la dernière coupe, ainsi que le dhp de tous les arbres >10 cm au dhp, et avons cartographié leur position. Pour ces tiges, nous avons déterminé l'espèce, la vigueur (selon l'ancienne et la nouvelle clé), la hauteur, la position sociale, l'état de la cime (présence de dépérissement et niveau de transparence selon Millers et al. 1991), ainsi que noté toute observation pertinente (ex. blessure, courbure importante). Pour toutes les tiges situées à l'intérieur de la zone tampon (12 m de large au pourtour de chaque placette), nous avons pris trois carottes par arbre (au dhp) et trois carottes dans les racines (à une distance horizontale d'environ 30 cm du tronc). Nous avons également cartographié les sentiers de débardage. De plus, nous avons mesuré la résistance à la pénétration du sol dans les sentiers et sur le parterre de coupe afin d'évaluer la persistance de la compaction 11 ans après le passage de la machinerie, le tout à l'aide d'un pénétromètre pem-1 (Roctest Inc., Montréal).

À l'été 2004, 2192 tiges et souches ont été mesurées et cartographiées. Parmi les 1801 tiges vivantes, 260 tiges (190 érables, 70 bouleaux) ont été carottées. À date, les carottes de 136 tiges ont été mesurées (84 érables, 52 bouleaux). En 2005, 1244 arbres supplémentaires ont été mesurés et cartographiés. Nous avons pris des carottes sur 177 érables et 20 bouleaux.

Pour chaque arbre-cible dans ces parcelles, nous avons aussi établi un 'rayon d'influence' selon le dhp de l'arbre, et avons ainsi pu calculer une zone d'influence correspondant à la projection au sol de la cime des arbres (approximant la zone racinaire) autour des tiges ainsi que la proportion de cette zone affectée par les sentiers de débardage. Ces données serviront pour déterminer l'impact de la machinerie et de l'ouverture du peuplement sur la croissance radiale et la probabilité de mortalité des arbres résiduels. Dans l'ensemble des peuplements coupés en 1993 dans le secteur à l'étude, nous avons récolté 146 échantillons d'arbres morts (disques au dhp de 71 érables et 75 bouleaux) qui serviront comme source de données pour établir la relation entre la probabilité de mortalité des arbres et leur croissance radiale avant la mort.

Résultats obtenus

Volet à l'échelle du peuplement

Parmi les principaux résultats obtenus, notons le fait que l'occurrence (i.e. présence / absence) de la mortalité due au chablis (toutes essences) différait significativement selon la classe de densité et la classe de hauteur des peuplements avant coupe, bien que lorsqu'il y a mortalité, le taux de mortalité (%) ne différait pas selon ces facteurs. La classe de pente quant à elle n'affecte pas la fréquence d'occurrence de mortalité. Toutefois, parmi les parcelles avec mortalité, les sites sur des pentes plus abruptes avaient des taux de mortalité plus forts que ceux sur pentes douces. La fréquence d'occurrence de la mortalité due à d'autres causes que le chablis n'était influencée par aucun des 6 facteurs étudiés.

À noter qu'un élargissement du jeu de données (avec l'ajout d'un suivi 1995-2005) avait été prévu pour augmenter l'effectif de cette étude et le pouvoir de nos analyses. Ceci aurait permis d'effectuer des tests d'une puissance suffisante pour pouvoir analyser de façon plus détaillée la fréquence et les taux de mortalité spécifiques par essence (ex. : pour l'érable à sucre et le bouleau jaune). Toutefois, une mauvaise identification des parcelles par les intervenants en 1995 a causé un ralentissement important des travaux de terrain et ainsi réduit le nombre de parcelles échantillonnées à un niveau encore inférieur à celui du suivi 1994-2004.

Tout de même, ces résultats nous permettent d'identifier certains facteurs de risque de la mortalité après jardinage. Ainsi, les aménagistes devraient porter attention aux peuplements plus denses et plus hauts. Vraisemblablement, les arbres plus hauts sont plus exposés au vent et donc plus susceptibles au renversement. La densité avant coupe intervient de manière indirecte : c'est l'augmentation relative de la pénétration du vent qui est plus grande pour les peuplements plus fermés avant coupe. La proportion plus grande de perte de contact entre cimes, protégeant contre le renversement (Gardiner et al. 1997), et l'exposition d'un plus grand nombre d'arbres (Huggard et al. 1999) pourraient expliquer la fréquence plus élevée de mortalité dans ces peuplements. Les taux de mortalité plus élevés sur pentes raides sont probablement dus aux vents plus forts et turbulents (Stathers et al. 1994) et aux sols plus minces à ces endroits. Ainsi, les arbres y possèdent un système racinaire moins profond qui favorise le renversement par le vent (Holmes 1985).

Volet à l'échelle de l'arbre

Dans un premier temps, nous avons pu démontrer que la résistance à la pénétration du sol, 11 ans après la coupe, était significativement plus élevée dans les ornières qu'à l'extérieur des sentiers. Ceci démontre ainsi la persistance de la compaction dans les sols forestiers et souligne l'importance de cette perturbation, souvent considérée comme n'ayant qu'un impact temporaire. Le pourcentage de superficie des placettes affecté par les sentiers de débardage variait de 9 à 21 %.

Les analyses pour l'année d'échantillonnage 2004 sont en cours. Nous avons constaté que la croissance de l'ensemble des érables de la région a été fortement perturbée par une épidémie de la livrée des forêts en 1988. Ceci a des implications pour les analyses et leur interprétation sur l'impact de la coupe sur la croissance car l'épidémie y joue un rôle d'un stress incitant avant le traitement.

Toutefois, pour l'érable, les croissances varient significativement entre les classes de diamètre pour la période avant et après la coupe. Pour la période immédiatement après la coupe (+2 ans), les croissances varient entre les positions sociales. La croissance des bouleaux varie significativement, comme pour les érables, entre les classes de dhp avant et immédiatement après la coupe. Elle varie également entre les classes de vigueur et les positions sociales lors de la période de coupe et après la coupe.

En général, la croissance augmente après la coupe. Les tiges de plus petits (ERS) et moyens diamètres (BOJ) profitent le plus de la coupe. Cela est particulièrement vrai pour les arbres opprimés (ERS) et intermédiaires (ERS et BOJ). La croissance augmente pour les arbres de toutes les vigueurs sauf pour les bouleaux classés 'M' et 'S'. Quant à la perturbation par la machinerie, seuls les bouleaux les plus fortement perturbés (30% et plus de la zone d'influence) montrent une diminution de leur croissance suite à la coupe.

Toutefois, ces analyses factorielles (préliminaires) considèrent un facteur à la fois et il est difficile, voire impossible, d'estimer la contribution simultanée des autres facteurs dans ces résultats. De ce fait, seules les analyses multivariées (à venir) pourront nous éclairer sur l'importance de chaque facteur sur la croissance radiale dans l'ensemble des variables. Pour l'instant, les effectifs ne sont pas suffisants pour effectuer de telles analyses, mais elles seront entreprises au cours des prochains mois, dans le cadre des travaux de doctorat de M. Henrik Hartmann. Néanmoins, l'ensemble des réponses de croissance en fonction des divers facteurs (dhp, position sociale, vigueur, perturbation) nous indique que la coupe ne semble généralement pas avoir des impacts négatifs sur la croissance et que la circulation de la machinerie ne cause une diminution de la croissance que pour les individus les plus perturbés (selon nos regroupements). De plus, les différents indices de vigueur déterminés par la nouvelle clé ne sont pas reliés à la croissance radiale des arbres, particulièrement en ce qui concerne les érables. Plusieurs études ont démontré qu'un arbre en déclin (non vigoureux) devrait avoir une croissance plus faible qu'un arbre vigoureux (ex. Pedersen 1992, 1999; Duchesne et al. 2003) et en diminution (ex. Bigler et Bugmann 2003). Les tendances positives des érables de toutes vigueurs suite à la coupe semblent contredire cette logique.

Nos résultats indiquent que la probabilité de mortalité des arbres peut être prédite par la médiane de croissance récente sur 3 ans et la tendance de croissance sur 3 ans. Ceci est remarquable car dans d'autres études du même type, des tendances à plus long terme (ex. 35 ans, Bigler et Bugmann 2003) sont retenues comme variables prédictives. L'explication pour de tels résultats semble venir de la séquence de perturbations ayant affecté les arbres dans ces peuplements: les arbres ont été prédisposés à des changements plus ponctuels de la croissance par l'épidémie de la livrée. Ainsi, certains arbres sont devenus plus vulnérables à des fluctuations à court terme de croissance et, vraisemblablement, à des perturbations de la coupe. Ceci est en concordance avec le modèle conceptuel de Manion (1991).

Retombées escomptées

Ce projet contribuera à une meilleure identification des causes de la mortalité après jardinage et à une meilleure compréhension des mécanismes de la mortalité des arbres en général. Pour l'instant, seuls les facteurs de risque associés à la mortalité par renversement ('chablis') ont pu être identifiés. Toutefois, avec l'avancement du projet de doctorat de M. Henrik Hartmann, d'autres facteurs seront identifiés.

La compaction des sols par la machinerie constitue une perturbation persistante. Ainsi, la planification du réseau des sentiers de débardage pour minimiser la superficie affectée est conseillée. De plus, des endroits plus susceptibles à la compaction devraient être évités le plus possible. Étant donné l'état préliminaire des résultats, une certaine prudence à l'égard de ces interprétations est préconisée. Toutefois, il semble que la coupe ne cause pas d'impacts négatifs sur l'ensemble des arbres. De plus, la classification de la vigueur des arbres, un outil clef de la coupe de jardinage, ne semble pas être reliée à la croissance des arbres, et donc à leur probabilité de mourir. Aussi, les perturbations naturelles, comme le chablis, devraient être considérés lors de la planification de la coupe de jardinage.

À plus long terme, le projet procurera une compréhension approfondie de l'interaction perturbation – croissance – mortalité à l'échelle de l'arbre et contribuera donc à éclairer également les mécanismes précurseurs de la mortalité. Ainsi, le projet pourrait s'avérer utile pour identifier les arbres à risque, améliorer nos prédictions de la mortalité des arbres et contrôler la mortalité après coupe de jardinage à des niveaux considérés naturels et acceptables.

- Bédard, S. et Brassard, F. 2002. Les effets réels des coupes de jardinage dans les forêts publiques du Québec en 1995 et 1996. Ministère des ressources naturelles du Québec. 15 pages.
- Bigler, C., and Bugmann, H. 2003. Growth-dependent tree mortality model based on tree rings. *Can. J. For. Res.* 33: 210-221.
- BSMAF (Bureau des sous-ministres associés aux forêts). 2002. Plan d'action pour l'amélioration de l'aménagement des forêts feuillues du domaine de l'État. Online: <http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/publications/presse/Plan-action-Jardinage.pdf>. Page consultée le 12 décembre 2003.
- Duchesne, L., Ouimet, R. and Morneau, C. 2003. Assessment of sugar maple health based on basal area growth pattern. *Can. J. For. Res.* 33: 2074-2080.
- Gardiner, B. A., Stacey, G. R., Belcher, R. E. and Wood, C. J. 1997. Field and wind-tunnel assessments of the implications of respacing on tree stability. *Forestry* 70(3): 233-252.
- Huggard, D. J., Klenner, W. and Vyse, A. 1999. Windthrow following four harvest treatments in an Engelmann spruce – subalpine fir forest in southern interior British Columbia, Canada. *Can. J. For. Res.* 29: 1547-1556.

- Majcen, Z., Bédard, S., Groleau, L., Boulay P. et Hamel J. 2000. Accroissement et régénération à la suite de coupes de jardinage dans huit secteurs forestiers, Rapport interne no 464, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Forêt Québec, Direction de la recherche forestière, 47 p.
- Manion, P.D. 1991. Tree disease concepts. 2nd edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 402Pages.
- MRN (Ministère des Ressources naturelles du Québec) 2002. Portrait statistique. Chapitre 5 : Aménagement forestier. Direction du développement de l'industrie des produits forestiers. Ressources et industries forestières. Online : <http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-statistiques-complete.jsp>. Page consultée le 12 septembre 2003.
- Pedersen, B. S. 1999. The mortality of midwestern overstory oaks as a bioindicator of environmental stress. *Ecol. Appl.* 9: 1017-1027
- Pedersen, B.S. 1992. Tree mortality in Midwestern oak-hickory forests: rates and processes. Dissertation. Oregon State University, Corvallis, USA.
- Sénécal, D., Messier, C. et Poulin, J. 2003. Revue de littérature : principales causes de mortalité chez les arbres adultes et clé d'identification des arbres morts ligneux. Rapport présenté à Tembec, inc. Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire. Avril 2003.
- Stathers, R., Rollerson, T and Mitchell, S. 1994. Windthrow Handbook for BC Forests. BC Min. For., Resear. Br., Victoria, BC. Working Pap. 9401. 31 pages. Online: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Wp/Wp01.htm>.