Identifier les arbres les plus susceptibles de mourir après une coupe partielle dans l'érablière ou la bétulaie jaune

par François Guillemette^{1*}

RÉSUMÉ

De nombreux résultats de recherche ont été publiés depuis 2005 et permettent maintenant d'évaluer le risque de mortalité des arbres après coupe de jardinage dans une érablière ou une bétulaie jaune à résineux. Cet article propose des critères simples et pratiques pour identifier les arbres les plus susceptibles de mourir, aux fins de l'inventaire et du martelage en préparation d'une coupe partielle. Le dépérissement du houppier et la faible qualité de la bille de pied sont les deux principales indications qu'un érable à sucre (*Acer saccharum* Marshall) présente un risque élevé de mortalité. Quant au bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton), la présence d'un défaut majeur au tronc ou d'un dépérissement du houppier sont les deux principales indications d'un risque élevé de mortalité. Le risque de mortalité des autres essences compagnes de ces peuplements augmente généralement avec leur diamètre.

Mots Cles : Mortalité, coupe partielle, défaut, classification, érable à sucre

ABSTRACT

Many research findings related to tree mortality have been published since 2005, and it is now possible to assess post-selection cut tree mortality risks in maple or softwood/yellow birch forest stands. This paper sets out some simple, practical criteria that can be used to identify the trees most likely to die, for inventory and tree marking purposes prior to partial cutting. Crown dieback and low quality of the butt log are the two main indications that a sugar maple (*Acer saccharum* Marshall) is at high risk of mortality. As for yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton), the presence of a major defect in the trunk or crown dieback are the two main indications of a high risk of mortality. The mortality risk of the other companion species of these stands generally increases with their diameter.

Key Words: Mortality, partial cut, tree defect, classification, sugar maple

François Guillemette

Introduction

L'approche sylvicole généralement préconisée pour les peuplements de structure inéquienne à dominance de feuillus durs comme l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) et le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.) mise principalement sur des coupes partielles, comme la coupe de jardinage et les coupes progressives régulières ou irrégulières (p. ex., OMNR 1998;

MRN 2013). Un enjeu important est alors de minimiser la mortalité des arbres résiduels au cours des décennies suivant l'intervention. En effet, le suivi des coupes de jardinage réalisées de manière opérationnelle dans les forêts publiques au Québec a démontré que l'accroissement net des peuplements pouvait être assez faible au cours des premières années si la mortalité des arbres est trop forte (Bédard et Brassard 2002).

Pour mieux évaluer le risque de mortalité, des dizaines de milliers d'arbres sont mesurés périodiquement dans des dispositifs expérimentaux et dans le réseau de suivi des effets réels de la coupe de jardinage au Québec. Depuis 2005, des résultats concernant le risque de mortalité des arbres sur des périodes allant de 5 à 15 ans après la coupe de jardinage ont été publiés (Majcen *et al.* 2005; Fortin *et al.* 2008; Guillemette *et al.* 2008, 2015, 2017). Ils fournissent des informations servant à identifier les arbres les plus susceptibles de mourir après une coupe de jardinage. L'objectif du présent article est de présenter une synthèse cohérente et pratique de ces informations, afin de les utiliser pour sélectionner les arbres lors des coupes partielles dans l'érablière ou la bétulaie jaune. Alors que ces résultats publiés présentent différentes probabilités de mortalité selon les caractéristiques des arbres et des stations, ce travail est l'occasion de proposer un seuil pour le taux de mortalité à partir duquel il vaut mieux récolter une catégorie d'arbres ayant des caractéristiques semblables (essence, diamètre, défauts) que de les laisser croître lors de la préparation d'une coupe partielle.

¹Chercheur en sylviculture des peuplements feuillus, Direction de la recherche forestière, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2700 Einstein, Québec, (Qc), G1P 3W8 * e-mail : francois.guillemette@mffp.gouv.qc.ca

Taux de mortalité critique

Je n'ai pas trouvé de référence dans la littérature scientifique pour identifier de taux de mortalité critique en préparation d'une coupe partielle. J'ai d'abord envisagé de comparer le taux de mortalité de chaque catégorie d'arbre au taux annuel d'accroissement en surface terrière. Il apparaît évident que si le taux de mortalité d'une catégorie d'arbres est égal ou supérieur à son taux d'accroissement en surface terrière, alors laisser croître ces arbres n'engendrera aucun gain. Toutefois, la mise en pratique de cette idée engendrait une difficulté majeure, puisque pour l'érable à sucre, la situation se limitait aux arbres affligés de bris racinaire ou à ceux dont une forte proportion du houppier avait dépéri. J'ai consulté nos données tirées de 34 placettes de 0,25 ha à la forêt de Sainte-Véronique (46,60° N, 74,95° O) et constaté que la proportion de la surface terrière répondant à ce critère était de 2,6 % pour l'érable à sucre (2075 arbres) et de 14,7 % pour le bouleau jaune (466 arbres). Cette proportion de 2,6 % pour l'érable m'a semblé trop faible afin d'être utile en sylviculture, étant donnée que le taux de prélèvement des coupes partielles y est généralement de 25 à 40 % et que nous savons que les pertes par mortalité peuvent atteindre 8 % de la surface terrière résiduelle des peuplements au cours des 5 premières années suivant une coupe de jardinage (Bédard et Brassard 2002).

À la place, je propose de considérer que le risque de mortalité d'un arbre feuillu est trop élevé lorsque sa probabilité de mortalité est égale ou supérieure au double du taux de mortalité de base, soit celui des arbres sains, de belle qualité et d'un DHP de 40 cm (DHP : diamètre à hauteur de poitrine, mesuré à 1,3 m du sol). Ce taux de base par période de 25 ans est de 5,4 % pour l'érable à sucre et de 10,3 % pour le bouleau jaune (ou 0,2 et 0,4 % par année; Guillemette *et al.* 2008). Le choix de présenter des taux de mortalité calculés sur une base de 25 ans plutôt que sur une base annuelle reflète mieux la durée d'une rotation de coupe partielle. De plus, le choix de 40 cm comme DHP de référence pour calculer les taux de mortalité est basé sur le fait que cette valeur est près de la médiane des DHP pour lesquels une bonne sélection des arbres à récolter est souhaitable lors d'une coupe partielle. En effet, il est recommandé d'envisager la récolte des arbres lorsque leur DHP devient plus grand que 45 cm, ce qui correspond à l'atteinte de la maturité financière (Guillemette 2016). Dans les stations situées dans la région la plus chaude et sèche de la province de Québec (près de la frontière avec l'Ontario), ce seuil de DHP de 45 cm est aussi associé à un risque élevé de déracinement difficile à détecter au préalable (Guillemette *et al.* 2017), ce qui rend moins critique l'identification des arbres les plus susceptibles de mourir selon leurs défauts. De plus, les arbres feuillus d'un DHP plus petit que 34 cm ne contiennent généralement pas de billes de bois d'œuvre de grande valeur (Havreljuk *et al.* 2015) ni de planches de grade supérieur (Bédard *et al.* 2018), ce qui en fait souvent des candidats moins intéressants pour la récolte. Par conséquent, les arbres d'un DHP avoisinant les 40 cm requièrent le plus d'attention si l'on veut minimiser les pertes de bois d'œuvre à la suite d'une coupe partielle. Finalement, l'application de ce critère du double du taux de mortalité de base au jeu de données précédent résulte en une proportion de la surface terrière de 24,9 et 16,2 % pour l'érable à sucre et le bouleau jaune, respectivement. Ainsi, ce critère permettrait

de couvrir une bonne proportion de la récolte prévue, laquelle est généralement de 25 à 40 % de la surface terrière, tout en laissant une marge de manœuvre pour d'autres considérations.

Les érables et les bouleaux jaunes les plus susceptibles de mourir

Cette section vise à décrire les arbres les plus susceptibles de mourir, sur la base des taux de mortalité publiés dans Guillemette *et al.* (2008, 2015) et des seuils minimaux correspondant au double du taux de mortalité de base de chaque essence, soit environ 11 % par 25 ans pour l'érable à sucre et 21 % par 25 ans pour le bouleau jaune. Je propose d'appliquer à l'érable rouge (*Acer rubrum* L.) les recommandations développées pour l'érable à sucre, faute d'avoir de meilleures connaissances spécifiques à cette essence. Fortin *et al.* (2008) se sont attardés au risque de mortalité de l'érable rouge dans l'érablière et ils ont démontré que ce risque était semblable à celui de l'érable à sucre.

À la lumière de ce qui précède, les érables et les bouleaux jaunes les plus susceptibles de mourir seraient les suivants :

- 1) Les érables et les bouleaux jaunes partiellement déracinés ou dont les racines ont été coupées par le passage de la machinerie (taux de mortalité de 79 à 100 % par 25 ans, Guillemette *et al.* 2008).
- 2) Les érables dont le tronc n'a pas de potentiel de bois d'œuvre. Leur taux de mortalité sur 25 ans est d'au moins 16,1 % (Guillemette *et al.* 2008) et augmente rapidement si l'arbre montre un des défauts décrits au tableau 1 (par exemple : 25,3 % en présence d'un champignon).
- 3) Les érables ayant un potentiel de bois d'œuvre, mais présentant à la fois un défaut majeur au tronc et du dépérissement ou un bris affectant plus de 10 % du houppier (tableau 1).
- 4) Les érables et bouleaux jaunes ayant un tronc de belle qualité et sans défaut majeur, mais présentant du dépérissement ou un bris sur plus de 25 % du houppier (taux de mortalité sur 25 ans d'au moins 12,6 % pour les érables et 25,5 % pour le bouleau jaune).
- 5) Les bouleaux jaunes présentant un défaut majeur au tronc (tableau 1).

Le risque de mortalité est inférieur au seuil proposé pour les érables ayant un potentiel de bois d'œuvre et dont le houppier montre peu ou aucun de signe de dépérissement, même s'ils sont atteints d'un défaut majeur au tronc (tableau 1).

Il est important de préciser que le seuil minimal de qualité recommandé pour évaluer le potentiel de bois d'œuvre des arbres feuillus sur pied est la classe C (selon MRN 1995). Le système de classement utilisé au Québec est une adaptation du système américain (Hanks 1976), lequel est aussi à la base de celui proposé en Nouvelle-Écosse (Calvert et Petro 1993). En bref, la classe C exige que, sur la face d'avant-dernière qualité (parmi les 4 faces du tronc) de la meilleure section de 3,7 m de la bille de pied (premier 5,0 m), on retrouve un total d'au moins 1,8 m de débits clairs (exempts de défauts) sur le tronc, lequel peut être subdivisé en sections longues d'au moins 60 cm chacune. De plus, la réduction volumétrique pour la carie, les courbes et les courbures doit se limiter à 60 % du volume de la bille évaluée. Les arbres ne répondant pas aux critères minimums de la classe C appartiennent à la classe D, donc plutôt destinés à la pâte.

Tableau 1. Défauts majeurs au tronc et exemples de taux de mortalité sur 25 ans pour un arbre de 40 cm de diamètre à hauteur de poitrine croissant dans des conditions moyennes selon Guillemette *et al.* (2008). Les définitions utilisées dans les études du risque de mortalité ont été ajustées à celles de la classification MSCR de Boulet (2005). N. d., non disponible. Les valeurs en gras sont environ au double du taux de mortalité de base, sinon plus.

Défaut majeur	Description sommaire	Risque de mortalité (%) sur 25 ans			
		Érable à sucre ayant un potentiel de bois d'œuvre			Bouleau jaune
		Proportion de dépérissement du houppier			
		0 %	11 %	26 %	
Carie	Symptômes de pourriture profonde visibles dans une blessure (toutes origines), une fente ou un nœud dont le trou a au moins 10 cm de diamètre.	7,0	10,1	16,1	N. d. [†]
Champignon	Présence d'un sporophore, d'un stroma ou d'un faux basidiome (code SP).	8,6	12,5	19,8	46,5
Chancre	Présence d'une nécrose du cambium (code NC).	8,6	12,5	19,8	46,5
Blessure > 1 face	Exposition de l'aubier d'origine mécanique ou par l'action d'un mammifère, sur une largeur de plus de 25 % de la circonférence du tronc.	8,4	12,4	19,2	19,5
Blessure d'un oiseau ou d'un insecte	Exposition de l'aubier par l'action d'un perceur de l'érable ou d'un pic (trou).	7,6	11,0	17,4	N. d.
Aucun		5,4	7,9	12,6	10,3

[†]Même si la carie n'était pas une variable du modèle d'analyse pour le bouleau jaune, je soupçonne qu'elle a quand même un impact qui peut être évalué de manière indirecte puisqu'elle est souvent associée à l'absence de potentiel de bois d'œuvre ou à la présence d'une blessure. Ces deux variables augmentent significativement le risque de mortalité.

Les autres essences en forêt de feuillus

D'autres essences présentent de forts taux de mortalité sur 25 ans après une coupe partielle dans l'érablière ou la bétulaie jaune. C'est le cas des feuillus intolérants à l'ombre (mortalité $\geq 62,4$ %, Guillemette *et al.* 2017), comme le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.) et les peupliers (*Populus* spp.) et ce, peu importe leur DHP et même pour des arbres de belle qualité. Prévost et Dumais (2013) ont aussi rapporté des taux très élevés de mortalité du bouleau à papier dans deux bétulaies jaunes résineuses. Le taux de mortalité du hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.) sur 25 ans est susceptible d'être très élevé lorsque le peuplement est dans l'une des deux premières phases de la maladie corticale du hêtre (phase d'invasion ou phase de destruction, Houston 1994). Par la suite, lors de la phase de dévastation par cette maladie, certains hêtres demeurent affaiblis, tandis que des arbres résistants commencent à se démarquer. Le taux de mortalité de ces derniers est susceptible d'être comparable à celui qui prévalait chez les hêtres avant l'arrivée de cette maladie exotique. Dans ce cas, le taux de mortalité augmente rapidement en fonction du DHP, pour atteindre le double du taux de base vers un DHP de 35 cm (mortalité $\geq 19,5$ % à un DHP > 35 cm; Guillemette *et al.* 2008, 2017).

L'étude du risque de mortalité des résineux après une coupe partielle dans un peuplement dominé par les feuillus n'a pas été très approfondie. Les résultats de Fortin *et al.* (2008) indiquent toutefois que le taux de mortalité du sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) dans les érablières atteint 66,3 % sur 25 ans à un DHP de 15 cm, pour ensuite augmen-

ter rapidement avec le DHP. Des taux très élevés de mortalité du sapin après coupe partielle ont aussi été rapportés dans des bétulaies jaunes résineuses (Prévost et Dumais 2013; Raymond *et al.* 2016). Il est important de noter que ces taux élevés de mortalité ont été observés entre deux épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clemens). Ainsi, je recommande de déterminer quels sapins sont les plus susceptibles de mourir uniquement sur la base de leur DHP. Dans le réseau de suivi des effets réels de la coupe de jardinage (voir Guillemette *et al.* 2017), le taux de mortalité des épinettes (*Picea* spp.) observé sur 10 ans, mais converti sur une base de 25 ans, atteignait 65,6 % à partir d'un DHP de 24 cm (données non publiées, 338 arbres non blessés dont 85 d'un DHP de 24 cm et plus). Toutefois, cette mortalité a été observée surtout dans la portion ouest de la province de Québec, soit l'Outaouais et le Témiscamingue. Dans deux autres secteurs situés dans les environs de la ville de Québec, Prévost et Dumais (2013) ont observé des taux moyens de mortalité de 8,1 et 13,5 % sur 10 ans (22 et 37 % sur 25 ans) pour des épinettes rouges (*Picea rubens* Sarg.) après des coupes partielles et ce, pour tous les DHP. Dans un autre secteur de ces environs, Raymond *et al.* (2016) ont observé chez l'épinette rouge un taux de mortalité d'environ 1 % par période quinquennale (5,1 % sur 25 ans) suivant des coupes partielles. Toutefois, les épinettes affligées de défauts, comme une fente, une blessure au tronc, une rupture partielle ou une inclinaison (> 30°), ont atteint plus du triple de la mortalité des épinettes sans défaut. Après une coupe partielle suivie d'une intense préparation de terrain dans un quatrième sec-

teur de ces environs, Pré-vost et Charrette (2018) ont rapporté un taux de mortalité de 67 % sur 10 ans (soit 100 % sur 25 ans) pour des épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss) ayant un DHP moyen de 38 cm. Bref, les taux de mortalité des épinettes peuvent présenter une large variabilité régionale.

Ainsi, pour la plupart des essences compagnes de l'érable à sucre et du bouleau jaune dont les taux de mortalité atteignent rapidement des valeurs élevées, je recommande de déterminer quels arbres sont les plus susceptibles de mourir uniquement sur la base de la combinaison de l'essence et du DHP (Tableau 2). Cette façon de faire a l'avantage de ne pas nécessiter le classement des essences lors de l'inventaire avant intervention en vue de la prescription sylvicole, ce qui représente une économie. Dans certaines situations, le choix du DHP minimal de récolte peut aussi être influencé par la facilité de mise en marché d'une essence donnée. Toutefois, ma recommandation pour les épinettes est d'appliquer un seuil de DHP de 24 cm seulement dans l'une ou l'autre de ces trois situations : dans l'ouest de la province de Québec, sur un site très exposé aux vents (voir Waldron *et al.* 2013) ou dans un peuplement dont une perturbation intense du terrain est prévue. Autrement, l'évaluation du risque de mortalité pourrait se faire avec la présence des défauts au tronc.

Implications pour l'aménagement forestier au Québec

Ces résultats et recommandations ont des implications variables selon les traitements sylvicoles et selon les méthodes locales en vigueur pour sélectionner les arbres à conserver ou à récolter lors d'une coupe partielle. Au Québec, le système de classement de la priorité de récolte MSCR (Boulet 2005) a été introduit en 2005 pour améliorer la récolte des arbres de faible vigueur à la suite du martelage qui précède les coupes de jardinage. Bien que la classe prioritaire des arbres à récolter soit nommée « M » en référence à leur risque de mourir avant la prochaine récolte, ce système semble accorder plus de poids au risque de dégradation du tronc d'un arbre qu'à l'évaluation de sa vigueur (Moreau *et al.* 2018). D'ailleurs, les sources d'information ayant servi à mettre ce système au point étaient davantage axées sur ce risque de dégradation du tronc que sur des données empiriques de taux de mortalité selon les défauts. Cela explique pourquoi l'accent est mis sur la présence d'indices de la carie des arbres. À l'opposé, les recommandations que je présente ici sont basées uniquement sur des taux de mortalité observés; elles m'amènent à mettre davantage l'accent sur la présence de dépérissement du houppier

Tableau 2. Liste des critères associés à un risque élevé de mortalité en cours de rotation à la suite d'une coupe partielle dans une érablière ou une bétulaie jaune, selon l'essence.

Essence	Critères : l'un ou l'autre des points suivants
Toutes	<ul style="list-style-type: none"> Déracinement partiel ou bris des racines
Érable à sucre et érable rouge	<ul style="list-style-type: none"> Bille de pied de qualité pâte (D) Dépérissement du houppier > 25 % Dépérissement du houppier > 10 % et présence d'un défaut majeur au tronc (tableau 1)
Bouleau jaune	<ul style="list-style-type: none"> Dépérissement du houppier > 25 % Présence d'un défaut majeur au tronc (tableau 1)
Bouleau à papier et peupliers	<ul style="list-style-type: none"> Tous les arbres
Hêtre à grande feuilles	<ul style="list-style-type: none"> Peuplement dans les deux premières phases de la maladie corticale du hêtre Arbre infecté par la maladie corticale du hêtre DHP > 35 cm
Sapin baumier	<ul style="list-style-type: none"> DHP > 15 cm
Épinettes	<ul style="list-style-type: none"> DHP > 23 cm aux endroits où le risque de mortalité est très élevé Présence de l'un de ces défauts : fente, blessure, bris de houppier, inclinaison > 30 °.

pier et la qualité de la bille de pied que sur la seule présence d'indices de carie, particulièrement pour l'érable à sucre. Une étude parue en 2015 aux États-Unis montrait aussi la grande importance des signes de dépérissement du houppier dans l'évaluation du risque de mortalité des érables à sucre (Morin *et al.* 2015). Toutefois, elle n'a pas évalué conjointement la contribution des défauts majeurs au tronc. Avec des données plus détaillées, l'accent est mis sur les effets cumulatifs de plusieurs défauts majeurs, y compris le dépérissement du houppier. Ceci ne veut pas dire que les arbres classés M dans le système MSCR n'ont pas un taux élevé de mortalité; celui-ci est estimé à 85,3 % sur 25 ans (Guillemette *et al.* 2015). Toutefois, à l'exception de situations évidentes d'arbres déracinés ou cassés sous le houppier, l'utilisation d'un seul défaut du classement MSCR permet difficilement d'identifier les arbres à grand risque de mourir. Par ailleurs, certains arbres classés R (arbre d'avenir en réserve) ont affiché un taux élevé de mortalité (31,7 % sur 25 ans), même si le dépérissement n'est présent que sur une faible proportion du houppier (11 à 25 %; Guillemette *et al.* 2015).

Pour mieux gérer les arbres en fonction de leur risque de mortalité, il faut accorder une plus haute priorité aux signes de dépérissement du houppier et à la qualité de la bille de pied. De plus, pour simplifier le travail d'évaluation et réduire les coûts de préparation des coupes partielles, on peut restreindre ces classements aux essences de grande valeur, soit généralement l'érable à sucre et le bouleau jaune, parfois aussi les épinettes (tableau 2). La gestion du risque pour la plupart des autres essences pourrait très bien se faire en établissant seulement un seuil de DHP selon l'essence. Néanmoins, d'autres éléments doivent être pris en compte au moment de préparer le diagnostic et la prescription sylvicoles, comme la structure du peuplement, la qualité actuelle et future des arbres (leur valeur), ainsi que les effets de la coupe partielle sur la croissance des arbres résiduels et sur la régénération (Guillemette *et al.* 2013).

Finalement, une mise en garde doit être faite : ces recommandations ne s'appliquent pas à une situation résultant d'une perturbation naturelle affectant les houppiers de l'ensemble du peuplement, comme un verglas ou une épidémie d'insectes. En effet, les balises présentées ici pourraient être trop sévères dans de telles situations (voir Shortle *et al.* 2014).

Conclusion

Ce résumé des connaissances présente une façon simple et efficace d'évaluer le risque de mortalité au moment de préparer le diagnostic et la prescription dans des peuplements à dominance de feuillus durs. Il faudrait maintenant évaluer les économies qui pourraient être réalisées en utilisant cette méthode, de même que les bénéfices au niveau de la performance des prescriptions sylvicoles.

Remerciements

Je désire remercier MM. Steve Bédard et David Pothier pour leurs judicieux commentaires sur une version préliminaire de ce texte, de même que Mme Denise Tousignant pour la révision linguistique de la première version française et Mme Christine Gardner pour la traduction anglaise. Je désire aussi remercier l'éditeur associé, un réviseur anonyme et M. Philippe Nolet pour leurs très bons commentaires qui ont permis de bonifier la version finale de ce texte. Mes remerciements s'adressent aussi à Mme Patricia Raymond et M. Hugues Power pour l'évaluation du risque de mortalité des épinettes. Finalement, je souhaite aussi remercier M. Simon Bilodeau-Gauthier pour la révision des versions finales en français et en anglais.

Références

Bédard, S. et F. Brassard. 2002. Les effets réels des coupes de jardinage dans les forêts publiques du Québec en 1995 et en 1996. Ministère des Ressources naturelles, Charlesbourg (Qc). 15 p. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs44736>.

Bédard, S., I. Duchesne, F. Guillemette et J. DeBlois. 2018. Predicting volume distributions of hardwood sawn products by tree grade in eastern Canada. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 91(3): 341–353. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx043>.

Boulet, B. 2005. Défauts externes et indices de la carie des arbres : guide d'interprétation. Les Publications du Québec, Québec (Qc). 291 p.

Calvert, W.W. et F.J. Petro. 1993. Grading standing hardwood trees in Nova Scotia. W.W. Calvert & Associates, Margaree (N.-É). 71 p.

Fortin, M., S. Bédard, J. DeBlois et S. Meunier. 2008. Predicting individual tree mortality in northern hardwood stands under uneven-aged management in southern Québec, Canada. *Ann. For. Sci.* 65: 205. <https://doi.org/10.1051/forest:2007088>.

Guillemette, F. 2016. Diamètres à maturité pour l'érable à sucre et le bouleau jaune au Québec. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 145. 14 p. <http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Note145.pdf>

Guillemette, F., S. Bédard et M. Fortin. 2008. Evaluation of a tree classification system in relation to mortality risk in Québec northern hardwoods. *For. Chron.* 84(6): 886–899. <https://doi.org/10.5558/tfc84886-6>

Guillemette, F., S. Bédard, D. Pin et D. Dumais. 2013. Chapitre 23 – Les coupes de jardinage avec gestion par arbres, dans Ministère des Ressources naturelles (édit.), Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Les Publications du Québec, Québec (Qc). p. 566–603.

Guillemette, F., S. Bédard et F. Havreljuk. 2015. Probabilités de mortalité des feuillus selon le classement de la priorité de récolte. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Avis technique n° SSRF-5. 11 p. <http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Avis-technique-SSRF-5.pdf>.

Guillemette, F. M.-M. Gauthier et R. Ouimet. 2017. Partitioning risks of tree mortality by modes of death in managed and unmanaged northern hardwoods and mixedwoods. *For. Chron.* 93(3): 246–258. <https://doi.org/10.5558/tfc2017-033>.

Hanks, L.F. 1976. Hardwood tree grades for factory lumber. USDA Forest Service, Research Paper NE-333. 81 p. <https://www.fs.usda.gov/treeearch/pubs/3946>.

Havreljuk, F., S. Bédard, F. Guillemette et J. DeBlois. 2015. Predicting log grade volumes in northern hardwood stands in southern Quebec. *Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Hardwood Processing (ISCHP2015)*, Sept. 15–17, Québec (Qc). 107–114.

Houston, D.R. 1994. Major new tree disease epidemics: beech bark disease. *Ann. Rev. Phytopathol.* 32: 75–87. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.32.090194.000451>.

Majcen, Z., S. Bédard et S. Meunier. 2005. Accroissement et mortalité quinze ans après la coupe de jardinage dans quatorze érablières du Québec méridional. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 148. 39 p. <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Bedard-Steve/Memoire148.pdf>

Moreau, E., S. Bédard, G. Moreau et D. Pothier. 2018. Relationships between tree vigor indices and a tree classification system based upon apparent stem defects in northern hardwood stands. *Forests* 9: 588. <https://doi.org/10.3390/f9100588>.

Morin, R.S., K.C. Randolph et J. Steinman. 2015. Mortality rates associated with crown health for eastern forest tree species. *Environ. Monit. Assess.* 187(3): 87. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4332-x>.

MRN (Ministère des Ressources naturelles). 1995. Classification des tiges d'essences feuillues. Normes techniques. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Service des inventaires forestiers. 73 p.

MRN (Ministère des Ressources naturelles). 2013. Le guide sylvicole du Québec, Tome 2. Les concepts et l'application de la sylviculture, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Les Publications du Québec, Québec (Qc). 744 p.

OMNR (Ontario Ministry of Natural Resources). 1998. A silvicultural guide for the tolerant hardwood forest in Ontario. Ontario Ministry of Natural Resources. Queen's Printer for Ontario. Toronto, ON. 500 p. <http://www.ontla.on.ca/library/repository/mon/8000/223116.pdf>.

Prévost, M. et D. Dumais. 2013. Decennial growth and mortality following uniform partial cutting in yellow birch – conifer stands. *Can. J. For. Res.* 43: 224–233. <https://dx.doi.org/10.1139/cjfr-2012-0440>

Prévost, M. et L. Charrette. 2018. Rehabilitation silviculture in a high-graded temperate mixedwood stand in Quebec, Canada. *New Forests*. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9690-0>.

Raymond, P., M. Prévost et H. Power. 2016. Patch Cutting in Temperate Mixedwood Stands: What Happens in the Between-Patch Matrix? *For. Sci.* 62(2): 227–236. <http://dx.doi.org/10.5849/forsci.15-023>

Shortle, W.C., K.T. Smith et K.R. Dudzik. 2014. Tree survival 15 years after the ice storm of January 1998. USDA. Forest Service, Northern Research Station, Research Paper NRS-25. Newtown Square (PA). 4 p. <https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/45483>.

Waldron, K., J.-C. Ruel et S. Gauthier. 2013. The effects of site characteristics on the landscape-level windthrow regime in the North Shore region of Quebec, Canada. *Forestry* 86: 159–171.