

Document complémentaire à la
« Revue de littérature portant sur la problématique des
peuplements composés de feuillus intolérants du
territoire de la sapinière à bouleau jaune
de Charlevoix et du Bas-Saguenay »

**Document complémentaire à la
« Revue de littérature portant sur la
problématique des peuplements
composés de feuillus intolérants du
territoire de la sapinière à bouleau
jaune de Charlevoix et du Bas-
Saguenay »**

2009

**Réalisé grâce au soutien financier du Ministère des
ressources naturelles et de la faune**

Citation :

Tremblay, M. 2009. Document complémentaire à la Revue de littérature portant sur la problématique des peuplements composés de feuillus intolérants du territoire de la sapinière à bouleau jaune de Charlevoix et du Bas-Saguenay. 16 pages.

Avant-propos

Ce document est une revue de littérature complémentaire à la revue de littérature s'intitulant « Revue de littérature portant sur la problématique des peuplements composés de feuillus intolérants du territoire de la sapinière à bouleau jaune de Charlevoix et du Bas-Saguenay » rédigée lors du mandat précédant de la ressource dédiée. Ce document assure la mise à jour de cette revue de littérature en incluant les nouveaux résultats de recherche publiés dernièrement. Certains articles retrouvés dans le document sont plus anciens, mais ils permettent d'approfondir et d'appuyer certains aspects de la revue du mandat précédant.

Table des matières

Avant-propos	ii
Table des matières	iv
1. L'enfeuillage de la sapinière suite aux perturbations.....	1
1.1 L'enfeuillage des forêts de seconde venue	1
1.2 Suivi de 50 ans après coupe dans la sapinière à bouleau jaune (Archambault <i>et al.</i> 2006) ...	2
2. Les peuplements de fin de succession de la sapinière à bouleau jaune.....	3
2.1 La dynamique de la forêt climacique de la sapinière à bouleau jaune (Kneeshaw et Prévost 2007).....	3
2.1.1 <i>La dynamique des trouées</i>	3
2.1.2 <i>L'aménagement des peuplements mixtes de sapin et de bouleau jaune</i>	4
2.2 Les effets de la coupe partielle dans la sapinière à bouleau jaune (Prévost 2008)	4
3. La coupe partielle dans les peuplements mixtes à feuillus intolérants (Man <i>et al.</i> 2008).....	5
4. Un danger de la coupe partielle	5
Bibliographie	6
Annexe	7

1. L'enfeuillage de la sapinière suite aux perturbations

La revue de littérature préalablement rédigée évoquait la problématique de l'envahissement des feuillus de lumière et de l'érable à épis suite aux perturbations naturelles et anthropiques dans la sapinière à bouleau jaune de Charlevoix-Bas-Saguenay (Laberge 2007). Plusieurs travaux de recherche confirment cette problématique.

1.1 L'enfeuillage des forêts de seconde venue

Les sous-domaines de la sapinière à bouleau jaune de l'est et de la sapinière à bouleau blanc de l'est se retrouvent dans des régions à la base du développement de l'industrie forestière au Québec pendant la première moitié du siècle. Or, dans ces sapinières de seconde venue, la régénération résineuse est moins abondante que dans les sapinières vierges, voir même beaucoup moins abondante dans le cas des sapinières riches (Déry *et al.* 2000).

Les observations réalisées dans des peuplements de seconde venue du sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est suite à la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)) montrent que la diminution de la densité du couvert a favorisé le développement d'un sous-étage qui présente une structure bi-étagée dans lequel la régénération résineuse se retrouve sous l'érable à épis (*Acer spicatum* Lamb.) ou sous des feuillus intolérant à l'ombre. D'autres études énoncent l'ouverture du couvert suite à l'épidémie de TBE permettant l'introduction des espèces feuillues. Par exemple, l'étude d'Osawa 1994, réalisée suite à une épidémie de TBE dans le Maine évoque que le framboisier (*Rubus idaeus* L.) et le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L.) sont plus abondants à des niveaux de mortalité de sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) de l'ordre de 100% (Osawa 1994).

Il semble que la banque de semis résineuse n'était pas suffisante lors de l'épidémie, ce qui a permis à l'érable à épis et aux feuillus intolérants de s'installer dans les microsites laissés vacants par les résineux suite à la perturbation. Ces observations montrent que la croissance des semis résineux sera fortement hypothéquée par cette compétition (Pominville *et al.* 1999). Par exemple, pour les sites envahis par l'érable à épis, la reprise de dominance des résineux peut prendre une rotation dans le cycle de vie de l'arbuste, soit jusqu'à 50 ans (Kneeshaw et Prévost 2007).

L'immaturation de la banque de semis résineuse est probablement causée par l'âge des sapins lors de l'attaque de la TBE. En effet, dans les sapinières âgées de 45 à 55 ans, on constate que la banque de semis de sapin est encore en formation, laissant place à l'envahissement par les espèces feuillues dans le cas des sapinières tuées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette puisque beaucoup de microsites favorables à la germination des semis n'ont pas encore été colonisés par le sapin. Cette hypothèse explique la raison pour laquelle ces sapinières de seconde venue n'ont plus la même résilience que les sapinières vierges caractérisées par des révolutions écologiques de plus de 90 ans. Ces observations laissent entrevoir un enfeuillage possible de ces sapinières (Déry *et al.* 2000). Ces résultats permettent de dire qu'une dynamique similaire est probable suite à des coupes forestières dans les mêmes types de peuplements. D'ailleurs une étude plus récente met en évidence le phénomène d'augmentation des feuillus intolérants à l'ombre et les problèmes de productivité résineuse sur stations riches après coupe totale dans la sapinière à bouleau jaune (Dubois *et al.* 2006).

1.2 Suivi de 50 ans après coupe dans la sapinière à bouleau jaune (Archambault *et al.* 2006)

Une étude témoigne de l'effet de l'homme sur la sapinière à bouleau jaune. Cette étude montre l'augmentation des bouleaux (*Betula* sp.) dans un peuplement initialement dominé par le résineux suite à une coupe à diamètre limite de forte intensité à la fin des années 50. Cette coupe a été réalisée pendant l'été à la scie mécanique et les chevaux ont servis au transport des billots. Ce changement dans la composition de la forêt est le résultat des interactions entre la densité et la composition de la régénération préétablie, les caractéristiques des microsites après coupe et la longueur et l'intensité des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

2. Les peuplements de fin de succession de la sapinière à bouleau jaune

Dans la revue de littérature précédente, la dynamique de la sapinière à bouleau jaune est sommairement expliquée. Cependant la revue de littérature traite principalement de la problématique des feuillus intolérants et des moyens pour aménager ces peuplements (Laberge 2007). Des articles récents traitent de la dynamique naturelle de la sapinière à bouleau jaune et des traitements sylvicoles pour aménager cette forêt. Ces articles pourront servir de base pour l'aménagement de nos peuplements présentant encore des attributs de fin de succession dans notre territoire.

2.1 La dynamique de la forêt climacique de la sapinière à bouleau jaune (Kneeshaw et Prévost 2007)

2.1.1 La dynamique des trouées

Les principales perturbations naturelles qui affectent la forêt mixte de sapin et de bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.) sont les trouées de la canopée. Dans la forêt mixte de trembles (*Populus tremuloides* Michx.) et résineux, les grandes ouvertures permettent le maintien du tremble alors que les plus petites ouvertures permettent le maintien des espèces tolérantes à l'ombre comme le sapin et le thuya (*Thuja occidentalis* L.) ou permet l'invasion de l'érable à épis préétablis.

Selon la littérature, les caractéristiques permettant aux arbres une coexistence suivant une perturbation sont la longévité, la tolérance à l'ombre, la taille et les moyens de reproduction.

Le but de l'étude de Kneeshaw et Prévost était d'observer la dynamique des trouées dans le couvert des peuplements mixtes composés de sapin baumier et de bouleau jaune pour améliorer la compréhension de coexistence entre les espèces.

La grandeur des trouées varie de 18 m² à 2120 m² pour une moyenne de 270 m². La majorité des trouées sont de petites dimensions. La taille de la trouée permet le recrutement des espèces selon leur tolérance à l'ombre. Les petites trouées de moins de 200 m² favorisent des espèces tolérantes comme le sapin baumier alors que les plus grandes (800 m² et plus) favorisent le bouleau jaune. La longévité du bouleau jaune lui permet de dominer les peuplements sur une longue période de temps, alors que le sapin qui vit moins longtemps, fera plusieurs rotations sur la même période de temps. La taille est aussi un facteur du recrutement dans les trouées. Le bouleau jaune à une taille supérieure que le sapin pour le même DHP ce qui lui permet de dominer le peuplement avec moins de tiges.

L'érable à épis est un compétiteur majeur des espèces commerciales. Ce qui veut dire que la reprise de dominance des espèces commerciales peut prendre au moins une rotation des espèces arbustives non-commerciales, ce qui peut prendre jusqu'à 50 ans.

2.1.2 L'aménagement des peuplements mixtes de sapin et de bouleau jaune

Les besoins différents des espèces nécessitent une variété de méthodes sylvicole pour maintenir la mixité des espèces. L'aménagement forestier de ces peuplements devrait maintenir la variabilité de l'âge et de la taille de la récolte, parce que l'utilisation d'une seule taille de trouée ou d'un seul âge de récolte mènera à un déséquilibre dans la proportion des espèces par rapport à ce qui est observé dans les peuplements naturels. Des coupes progressives respectant le cycle et la maturité des différentes espèces devront être réalisées.

2.2 Les effets de la coupe partielle dans la sapinière à bouleau jaune (Prévost 2008)

L'ouverture partielle de la canopée devrait permettre l'établissement du bouleau jaune et des conifères en augmentant la lumière sous couvert et les microsites, favoriser le développement de la régénération préétablis et limiter le développement des espèces compétitrices.

Le facteur clé permettant l'implantation du bouleau jaune est le lit de germination plus que la lumière disponible. Il ne faut donc pas pratiquer les coupes partielles l'hiver si aucun programme de scarification n'est prévu. Il sera difficile de concilier la coupe visant à favoriser le bouleau jaune avec celle visant à protéger les résineux sous couvert. En effet, les activités de coupe permettant au sol minéral d'être exposé sont bonnes pour l'établissement du bouleau jaune, cependant ils brisent la régénération préétablie de conifères.

Pour le bouleau jaune, la coupe partielle uniforme qui enlève 40-60% de la surface terrière semble être bonne si une perturbation suffisante du sol est réalisée. La coupe totale sur une superficie de 0,04 à 0,3 ha semble également être adéquate pour le bouleau jaune mais pas pour les conifères. Pour eux, il est suggéré de procéder à une coupe partielle qui enlève 60% de la surface terrière et favorise une certaine perturbation du sol permettant la germination des semis. La perturbation du sol (Raymond *et al.* 2000) et l'ouverture du couvert de 60% (Pothier et Prévost 2008) ont aussi été suggérées pour des coupes partielles dans d'autres types de peuplements. Donc, le traitement de coupe récoltant 60% du couvert semble être un bon compromis pour les espèces désirées. La coupe partielle doit donc avoir pour objectif de favoriser la mixité des espèces lorsqu'il n'y a pas de régénération résineuse préétablie.

Encore une fois, les espèces arbustives comme l'érable à épis, le cerisier de Pennsylvanie et l'érable de Pennsylvanie (*Acer pensylvanicum* L.) forment un couvert dense où seulement l'érable rouge (*Acer rubrum* L.) et le bouleau jaune peuvent occuper une position dominante ou co-dominante. Les espèces de conifères se retrouvent sous cette couverture de feuillus en raison de la destruction d'une importante quantité de semis pendant les opérations de coupes. Cette situation ne changera pas dans un futur proche. Il faudra donc éclaircir ces sites si l'aménagiste désire diminuer la période de rotation (Kneeshaw et Prévost 2007).

De plus, la composition des conifères dans la forêt mixte sera surtout composée de sapin et il y aura toujours la présence de l'érable rouge dans les peuplements.

3. La coupe partielle dans les peuplements mixtes à feuillus intolérants (Man et al. 2008)

Un seul article récent traite de la coupe partielle dans les peuplements mixtes à feuillus intolérants et permet de mettre à jour la revue de littérature sur ce sujet. Il s'agit d'un suivi 11 ans après le traitement. Le peuplement était initialement dominé par le peuplier faux-tremble. La coupe partielle a retiré 40% de la surface terrière des tiges marchandes et la régénération au sol a été protégée.

Cette étude montre que le recrutement du sapin est meilleur dans la coupe partielle et qu'il y a moins de régénération feuillue dans la coupe partielle comparée à la coupe totale. Le futur peuplement sera un peuplement dominé par les feuillus de lumière dans les peuplements provenant des coupes totales et un peuplement mixte dans la coupe partielle.

Les données supportent la coupe partielle comme moyen pour promouvoir la régénération de conifères et diminuer le développement des feuillus de lumières et des arbustes.

4. Un danger de la coupe partielle

Il sera important d'assurer le suivi des coupe partielle afin d'observer les pertes par chablis possible. Certaines coupes partielles réalisées dans la forêt boréale présentent une forte mortalité suite au traitement (Thorpe et Thomas 2007).

Bibliographie

- Archambault, L., Delisle, C., Larocque, G.R., Sirois, L., Belleau, P., 2006. Fifty years of forest dynamics following diameter-limit cutting in balsam fir- yellow birch stands of the Lower St. Lawrence region, Quebec. *Can. J. For. Res.* 36: 2745-2755
- Déry, S., Bélanger, L., Marchand, S. et Côté, S., 2000. Succession après épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans des sapinières boréales pluviales de seconde venue. *Can. J. For. Res.* 30 : 801-816
- Dubois, J., Ruel, J.C., Elie, J.G., Archambault L., 2006. Dynamique et estimation du rendement des strates de retour après coupe totale dans la sapinière à bouleau jaune. *For. Chron.* 82(5): 675-689
- Kneeshaw, D.D., Prévost, M., 2007. Natural canopy gap disturbances and their role in maintaining mixed-species forests of central Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* 37 : 1534-1544
- Laberge, V., 2007. Revue de littérature portant sur la problématique des peuplements composés de feuillus intolérants du territoire de la sapinière à bouleau jaune de Charlevoix et du Bas-Saguenay. CLD de la MRC de Charlevoix-Est, Groupe des PDFD de Charlevoix-Bas-Saguenay. 41 p.
- Man, R., Kayahara, G.J., Rice, J.A., Macdonald, G.B., 2008. Eleven-year responses of a boreal mixedwood stand to partial harvesting: Light, vegetation, and regeneration dynamics. *For. Ecol. Manage.* 255: 697-706
- Osawa, A., 1994. Seedling responses to forest canopy disturbance following a spruce budworm outbreak in Maine. *Can. J. For. Res.* 24 : 850-859
- Pominville, P., Déry, S. et Bélanger, L., 1999. Dynamique de la sapinière à bouleau jaune de l'est après une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette. *For. Chron.* 75 (3) : 515-534
- Pothier, D., Prévost, M., 2008. Regeneration development under shelterwoods in a lowland red spruce – balsam fir stand. *Can. J. For. Res.* 38: 31-39
- Prévost, M., 2008. Effect of cutting intensity on microenvironmental conditions and regeneration dynamics in yellow birch-conifer stands. *Can. J. For. Res.* 38: 317-330
- Raymond, P., Ruel, J.C. et Pineau, M., 2000. Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec. *For. Chron.* 76(4) : 643-652
- Thorpe, H.C., Thomas, S.C., 2007. Partial harvesting in the Canadian boreal : Success will depend on stand dynamic responses. *For. Chron.* 83(3) : 319-325

Annexe

D'autres articles ont été trouvés pour ce travail, mais ils n'ont pas été inclus dans la revue de littérature. Ils traitent de sujets pertinents sur d'autres aspects de la problématique de la sapinière à bouleau jaune. Ces articles font maintenant partie de la bibliographie des PDFD et pourront être consultés au besoin. Des résumés des articles lus par le chargé de projet ont également été rédigés, ils pourront être consultés également. Voici la liste complète des articles trouvés pour ce deuxième mandat.

Archambault, L., Delisle, C., Larocque, G.R., Sirois, L., Belleau, P., 2006. Fifty years of forest dynamics following diameter-limit cutting in balsam fir- yellow birch stands of the Lower St. Lawrence region, Quebec. *Can. J. For. Res.* 36: 2745-2755

Barette, M., Bélanger, L., 2007. Reconstitution historique du paysage préindustriel de la région écologique des hautes collines du Bas-Saint-Maurice. *Can. J. For. Res.* 37 : 1147-1160

Belle-Isle, J., Kneeshaw, D., 2007. A stand and landscape comparison of the effects of a spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) outbreak to the combined effects of harvesting and thinning on the forest structure. *For. Ecol. Manage.* 246: 163-174

Berger, A.L., Puettmann, K.J., Host, G.E., 2004. Harvesting impacts on soil and understory vegetation: the influence of season of harvest and within-site disturbance patterns on clear-cut aspen stands in Minnesota. *Can. J. For. Res.* 34: 2159-2168

Bergeron, Y., 2000. Species and stand dynamics in the mixed woods of Quebec's southern boreal forest. *Ecology* 81(6) : 1500-1516

Bergeron, Y., Harvey, B., 1997. Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec. *For. Ecol. Manage.* 92: 235-242

Bokalo, M., Comeau, P.G., Titus, S.J., 2007. Early development of tended mixtures of aspen and spruce in western Canadian boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 242: 175-184

Bouchard, M., Kneeshaw, D., Bergeron, Y., 2005. Mortality and stand renewal patterns following the last spruce budworm outbreak in mixed forests of western Quebec. *For. Ecol. Manage.* 204: 297-313

Bouchard, M., Kneeshaw, D., Messier, C., 2007. Forest dynamics following spruce budworm outbreaks in the northern and southern mixedwoods of central Quebec. *Can. J. For. Res.* 37: 763-772

Boucher, J.F., Bernier, P.Y., Margolis, H.A., Munson, A.D., 2007. Growth and physiological response of eastern white pine seedlings to partial cutting and site preparation. *For. Ecol. Manage.* 240: 151-164

Calogeropoulos, C., Greene, D.F., Messier, C., Brais, S., 2004. The effects of harvest intensity and seedbed type on germination and cumulative survivorship of white spruce and balsam fir in northwestern Quebec. *Can. J. For. Res.* 34: 1467-1476

- Claveau, Y., Comeau, P.G., Messier, C., Kelly, C.P., 2006. Early above- and below-ground responses of subboreal conifer seedlings to various levels of deciduous canopy removal. *Can. J. For. Res.* 36: 1891-1899
- Claveau, Y., Messier, C., Comeau, P.G., Coates, K.D., 2002. Growth and crown morphological response of boreal conifer seedlings and saplings with contrasting shade tolerance to a gradient of light and height. *Can. J. For. Res.* 32: 458-468
- Côté, M., Hébert, B., Théau, J. et Fortin, S., 2007. Stratégie de transfert de connaissance du Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles. 1^{ère} mise à jour. Consortium en Foresterie Gaspésie-Les-Îles, Gaspé, Canada. 38 p.
- Darveau, M., Girard, C., Huot, J., Savard, J.P., 2001. Développement durable de la sapinière à bouleau jaune : Effets des pratiques sylvicoles sur la biodiversité. Rapport annuel 2000. Centre de recherche en biologie forestière et Département de biologie, Université Laval, Québec. 30 P.
- Déry, S., Bélanger, L., Marchand, S. et Côté, S., 2000. Succession après épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans des sapinières boréales pluviales de seconde venue. *Can. J. For. Res.* 30 : 801-816
- Duchesneau, R., Lesage, I., Messier, C., Morin, H., 2001. Effects of light intraspecific competition on growth and crown morphology of two size classes of understory balsam fir saplings. *For. Ecol. Manage.* 140: 215-225
- Filipescu, C.N., Comeau, P.G., 2007. Aspen competition affects light and white spruce growth across several boreal sites in western Canada. *Can. J. For. Res.* 37: 1701-1713
- Filipescu, C.N., Comeau, P.G., 2007. Competitive interaction between aspen and white spruce vary with stand age in boreal mixedwoods. *For. Ecol. Manage.* 247: 175-184
- Frey, B.R., Lieffers, V.J., Munson, A.D., Blenis, P.V., 2003. The influence of partial harvesting and forest floor disturbance on nutrient availability and understory vegetation in boreal mixedwoods. *Can. J. For. Res.* 33: 1180-1188
- Gastaldello, P., 2005. Remise en production des bétulaies jaunes résineuses dégradées. Études du succès d'installation de la régénération et des variations abiotiques et physiologiques à l'intérieur du lit de germination. Mémoire de maîtrise, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec. 81p.
- Gastaldello, P., Ruel, J.C., Paré, D., 2007. Micro-variations in yellow birch (*Betula alleghaniensis*) growth conditions after patch scarification. *For. Ecol. Manage.* 238: 244-248
- Hannam, K.D., Quideau, S.A., Kishchuk, B.E., Oh, S.-W., Wasylishen, R.E., 2005. Forest-floor chemical properties are altered by clear-cutting in boreal mixedwood forest stands dominated by trembling aspen and white spruce. *Can. J. For. Res.* 35: 2457-2468

- Harvey, B.D., Brais, S., 2007. Partial cutting as an analogue to stem exclusion and dieback in trembling aspen (*Populus tremuloides*) dominated boreal mixedwoods: implications for deadwood dynamics. 37: 1525-1533
- Humbert, L., Gagnon, D., Kneeshaw, D., Messier, C., 2007. A shade tolerance index for common understory species of northeastern North America. Ecological Indicators 7: 195-207
- Kneeshaw, D.D., Bergeron, Y., 1996. Ecological factors affecting the abundance of advance regeneration in Quebec's southwestern boreal forest. Can. J. For. Res. 26: 888-898
- Kneeshaw, D.D., Prévost, M., 2007. Natural canopy gap disturbances and their role in maintaining mixed-species forests of central Quebec, Canada. Can. J. For. Res. 37 : 1534-1544
- Kurulok, S.E., Macdonald, S.E., 2007. Impacts of postfire salvage logging on understory plant communities of the boreal mixewood forest 2 and 34 years after disturbance. Can J. For. Res. 37: 2637-2651
- Lorenzetti, F., Delagrangé, S., Bouffard, D., Nolet, P., 2008. Establishment, survivorship, and growth of yellow birch seedlings after site preparation treatments in large gaps. For. Ecol. Manage. 254: 350-361
- Macdonald, S.E., 2007. Effects of partial post-fire salvage harvesting on vegetation communities in the boreal mixedwood forest region of northeastern Alberta, Canada. For. Ecol. Manage. 239: 21-31
- Macdonald, S.E., Fenniak, T.E., 2007. Understory plant communities of boreal mixedwood forests in western Canada: Natural patterns and response to variable-retention harvesting. For. Ecol. Manage. 242: 34-48
- Man, R., Kayahara, G.J., Rice, J.A., Macdonald, G.B., 2008. Eleven-year responses of a boreal mixedwood stand to partial harvesting: Light, vegetation, and regeneration dynamics. For. Ecol. Manage. 255: 697-706
- Moores, A.R., Seymour, R.S., Kenefic, L.S., 2007. Height development of shade-tolerant conifer saplings in multiaged Acadian forest stands. Can. J. For. Res. 37: 2715-2723
- Miller, Bruce. 1996. Aspen management: a literature review. OMNR, Northeast Science & Technology. TR-028. 92p.
- Osawa, A., 1994. Seedling responses to forest canopy disturbance following a spruce budworm outbreak in Maine. Can. J. For. Res. 24 : 850-859
- Paquette, A., Bouchard, A., Cogliastro, A., 2007. A less restrictive technique for the estimation of understory light under variable weather conditions. For. Ecol. Manage. 242 : 800-804

- Pominville, P., Déry, S. et Bélanger, L., 1999. Dynamique de la sapinière à bouleau jaune de l'est après une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette. *For. Chron.* 75 (3) : 515-534
- Pothier, D., Prévost, M., 2008. Regeneration development under shelterwoods in a lowland red spruce – balsam fir stand. *Can. J. For. Res.* 38: 31-39
- Pothier, D., Raulier, F., Riopel, M., 2004. Ageing and decline of trembling aspen stands in Quebec. *Can. J. For. Res.* 34: 1251-1258
- Prévost, M., 2008. Effect of cutting intensity on microenvironmental conditions and regeneration dynamics in yellow birch-conifer stands. *Can. J. For. Res.* 38: 317-330
- Pritchard, J.M., Comeau, P.G., 2004. Effect of opening size and stand characteristics on light transmittance and temperature under young trembling aspen stands. *For. Ecol. Manage.* 200: 119-128
- Qi, M., Scarrat, J.B., 1998. Effect of harvesting method on seed bank dynamics in a boreal mixedwood forest in northwestern Ontario. *Can. J. Bot.* 76: 872-883
- Raymond, P., Ruel, J.C. et Pineau, M., 2000. Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec. *For. Chron.* 76(4) : 643-652
- Saunders, M., Wagner, R.G., 2008. Long-term spatial and structural dynamics in Acadian mixedwood stands managed under various silvicultural systems. *Can. J. For. Res.* 38: 498-517
- Taylor, S.L., Maclean, D.A., 2007. Dead wood dynamics in declining balsam fir and spruce stands in New Brunswick, Canada. *Can. J. For. Res.* 37: 750-762
- Tremblay, J.A., Bélanger, L., Despons, M., Brunet, G., 2007. La restauration passive des sapinières mixtes de seconde venue : une alternative pour la conservation des sapinières mixtes anciennes. *Can. J. For. Res.* 37 : 825-839
- Webster, C.R., Jensen, N., 2007. A shift in the gap dynamics of *Betula alleghaniensis* in response to single-tree selection. *Can. J. For. Res.* 37: 682-689
- Yang, R.C., 1989. Growth response of white spruce to release from trembling aspen. *For. Can., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-302.*