

# Pour un jardinage s'inspirant davantage des perturbations naturelles

## Introduction

Depuis le début des années 1990, la coupe de jardinage constitue le principal mode d'aménagement des érablières au Québec. L'instauration de ce système sylvicole fait suite au constat dressé par le ministère de l'Énergie et des Ressources dans les années 1980 démontrant que des décennies de coupes à diamètre limite ont grandement contribué à la dégradation de la qualité commerciale des peuplements (Majcen 1994). Bien que la coupe de jardinage présente plusieurs avantages (maintien d'un couvert forestier, meilleure qualité visuelle, acceptabilité du public, objectif d'amélioration de la qualité des tiges, etc.), elle ne semble toutefois pas être une panacée et a récemment fait l'objet d'une vive remise en question. Ainsi, un rapport rendu public en 2002 par le MRN (Bédard et Brassard 2002) dévoilait la forte mortalité des arbres résiduels et la faible productivité des forêts jardinées industriellement dans les années suivant la coupe par rapport aux dispositifs expérimentaux du MRN. Ces observations ont amené les autorités à reconsidérer la façon dont la coupe de jardinage est pratiquée. Cependant, certains industriels argumentent que les normes régissant le jardinage sont trop sévères, notamment quant à la proportion de tiges de faible qualité à prélever. Selon ceux-ci, le jardinage ne serait pas rentable et aurait contribué à entraîner la fermeture de plusieurs usines de transformation depuis l'automne 2003 (Beaulieu 2003ab). Ces industriels préconisent donc l'abandon du jardinage et le recours à de nouvelles méthodes de récolte, telles les coupes par bandes, par mini-bandes ou les coupes progressives (Beaulieu 2003b).

Alors que le jardinage a, jusqu'à présent, généralement été examiné sous l'angle de la productivité et de la rentabilité opérationnelle, nous nous sommes penchés sur l'impact écologique de ce traitement en nous basant, pour tenter de l'évaluer, sur la notion d'aménagement écosystémique. Ce concept, mis de l'avant dans les années 1990 afin de répondre aux objectifs d'aménagement durable, de conservation de la diversité biologique et de l'intégrité écologique, propose qu'un aménagement qui s'inspire des perturbations naturelles constituerait la meilleure garantie de conservation de l'ensemble des processus et des attributs associés aux écosystèmes forestiers (Attiwill 1994, Bergeron et al. 1999). Même si les définitions et les modes d'implantation sont très variables, la notion d'aménagement écosystémique est maintenant largement véhiculée dans la documentation gouvernementale et industrielle, ainsi que dans celle relative au processus de certification. Dans cet article, nous nous proposons d'évaluer dans quelle mesure la coupe de jardinage imite les effets des perturbations naturelles caractéristiques de la forêt feuillue en nous basant sur les résultats d'une étude effectuée sur le terrain dans la région de l'Outaouais combinés à une revue de littérature sur le sujet.

Pour arriver à s'inspirer des perturbations naturelles, il faut d'abord avoir une bonne connaissance de la dynamique naturelle des écosystèmes ainsi que de l'impact de l'aménagement sur ces derniers. Plutôt que de comparer les régimes de perturbations comme tels (fréquence, étendue, intensité), nous avons basé notre évaluation des effets du jardinage sur une comparaison des caractéristiques d'écosystèmes forestiers modélés par le régime naturel des micro-trouées versus la coupe de jardinage. Nous nous sommes plus spécifiquement penchés sur la composition en espèces des arbres et des gaules et sur certaines caractéristiques structurales des peuplements (densité et distribution diamétrale des arbres, des gaules, des chicots et des débris ligneux, proportion de la superficie sous trouées et distribution verticale du feuillage). Toutes ces caractéristiques sont susceptibles d'être modifiées par l'aménagement et ces modifications pourraient en retour avoir un impact sur les processus et les organismes qui leur sont associés. Les résultats de l'étude qui seront présentés ici ont été obtenus à la suite d'un échantillonnage réalisé à l'été 2002 dans le sud de l'Outaouais, dans six érablières à feuillus tolérants désignées anciennes par le groupe de travail sur les écosystèmes forestiers exceptionnels (Villeneuve 2000) et dans sept coupes de jardinage effectuées en 1990.

## Comparaison à l'échelle du peuplement

Dans les forêts feuillues du nord-est de l'Amérique du Nord, le régime des micro-trouées constitue le principal type de perturbation naturelle. D'autres types de perturbations plus intenses ont aussi cours (ex. : chablis partiel ou total, feux). Cependant, comme leur fréquence et la fraction du territoire qu'elles affectent sont de loin inférieures à celles du régime des micro-trouées, nous nous sommes concentrés sur les effets de ce dernier, à l'échelle du peuplement. Sous le régime des micro-trouées, la mort d'un arbre ou d'un petit groupe d'arbres crée des trouées affectant environ 1% de la superficie par année (Runkle 1982). De son côté, le jardinage implique une récolte d'environ 30% de la surface terrière où l'on privilégie en principe l'abattage des arbres de mauvaise qualité ou peu vigoureux, et ce, avec des rotations d'environ 25 ans. Comme le ratio superficie prélevée/rotation est similaire à la référence du 1%/an du régime des micro-trouées, on argumente parfois que la coupe de jardinage imite, à cet égard, ce type de perturbation naturelle. Cette argumentation est plausible dans les endroits où plusieurs rotations de jardinage ont été réalisées et où les arbres laissés sur pieds sont effectivement vigoureux. Dans de telles conditions, le taux de mortalité des arbres résiduels serait inférieur à celui observé en conditions naturelles, ce qui pourrait dans une certaine mesure compenser le taux de récolte. Toutefois, au Québec, la dégradation de nos



Virginie-Arielle Angers,  
ing.f.,  
UQAM, GREFI



Christian Messier,  
ing.f., Ph.D.,  
professeur au  
Département de  
sciences biologiques  
de l'UQAM et  
directeur du GREFI



Marilou Beaudet, Ph.D.,  
chercheuse post-  
doctorale au GREFI



Alain Leduc, Ph.D.,  
chercheur sous-actif  
au GREFI

forêts feuillues par des décennies de coupe à diamètre limite fait en sorte que la proportion de tiges peu vigoureuses est habituellement élevée. En pratique, une partie de ces tiges est souvent laissée après intervention, et la mortalité dans les cinq premières années suivant la coupe est de l'ordre de 0,8 à 1,6% (Bédard et Brassard 2002), soit un taux comparable ou supérieur à ce qu'on observe en forêt naturelle, et cette mortalité vient s'ajouter à l'impact de la récolte.

Nous nous sommes penchés sur deux différences importantes entre ces deux régimes de perturbation (micro-trouées vs jardinage). D'une part, l'exploitation forestière entraîne un prélèvement de matière ligneuse de l'écosystème, alors qu'à la suite de la formation naturelle de micro-trouées la matière ligneuse associée aux arbres morts reste en forêt sous forme de chicots et éventuellement de débris ligneux. D'autre part, par rapport au régime des micro-trouées où la formation des trouées est continue dans le temps, le jardinage entraîne une ouverture forte et synchronisée du couvert lors de la coupe, à laquelle s'ajoutent dans le contexte québécois les ouvertures résultant de trouées se formant à la suite de la mortalité naturelle des arbres résiduels après la coupe.

Nos résultats confirment que ces différences ont effectivement un impact sur la structure et la composition des peuplements aménagés par coupes de jardinage par rapport aux forêts anciennes. Une synthèse de ces différences est présentée à la figure 1.

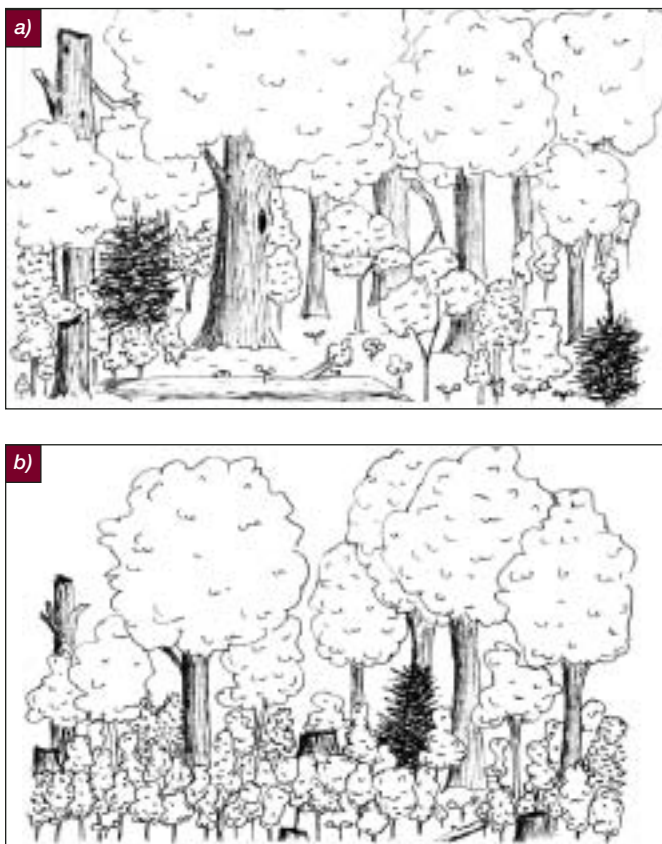


Figure 1. Synthèse des différences observées et attendues entre les peuplements a) anciens et b) jardinés. Par rapport aux peuplements jardinés, les forêts anciennes présentent 1) des gros arbres et des arbres présentant des défauts majeurs; 2) de gros chicots et débris ligneux; 3) peu d'ouvertures du couvert. Par rapport aux peuplements anciens, les peuplements jardinés présentent 4) une distribution stratifiée en sous-étage due à une dense couche de feuillage probablement formée par la cohorte de régénération libérée par l'ouverture lors de la coupe; 5) une plus forte homogénéité de la strate sous-jacente à la cohorte de régénération libérée lors de la coupe.

### Prélèvement de la matière ligneuse

Dans les coupes de jardinage, nous avons observé une raréfaction des arbres de fort diamètre (>50 cm) et de ceux qui présentent des défauts majeurs (cavités, pourriture). On assiste en fait à une variante du phénomène de normalisation ayant cours en forêt boréale: si 30% de la surface terrière est récoltée à chaque entrée sous un régime de coupe de jardinage, tous les arbres auront en théorie été récoltés après quatre traitements, ce qui ne laisse aucune possibilité aux arbres de croître au-delà de leur maturité commerciale.

Pour ce qui est du bois mort (chicots, débris ligneux au sol), nous n'avons pas observé de différence significative en ce qui concerne leur taille, leur volume et leur abondance, bien qu'une tendance ait été notée concernant la raréfaction des gros chicots. Cette absence de différence est vraisemblablement en partie due à la mortalité naturelle après coupe qui serait relativement élevée à la suite du jardinage (Bédard et Brassard 2002). On anticipe cependant que la combinaison de la raréfaction des arbres de gros diamètre et la réduction de la mortalité à la suite de plusieurs rotations successives de jardinage auront des conséquences directes sur le recrutement de chicots puis sur la création de débris ligneux à forte valeur écologique (i.e. de gros diamètres et avec une représentation dans toutes les classes de décomposition). Aux États-Unis, de nombreuses études ont fait état de la raréfaction des gros arbres et du bois mort de haute valeur écologique à la suite de quelques rotations de jardinage (Goodburn et Lorimer 1998, Hagan et Grove 1999, Hale *et al.* 1999, McGee *et al.* 1999). La présence de chicots et de débris ligneux est pourtant essentielle à la survie d'une foule d'espèces animales et végétales qui les utilisent entre autres comme sites d'alimentation, de reproduction ou comme substrat d'établissement, sans parler des processus dans lesquels le bois mort est impliqué, comme le cycle des éléments ou le stockage du carbone (Harmon *et al.* 1986).

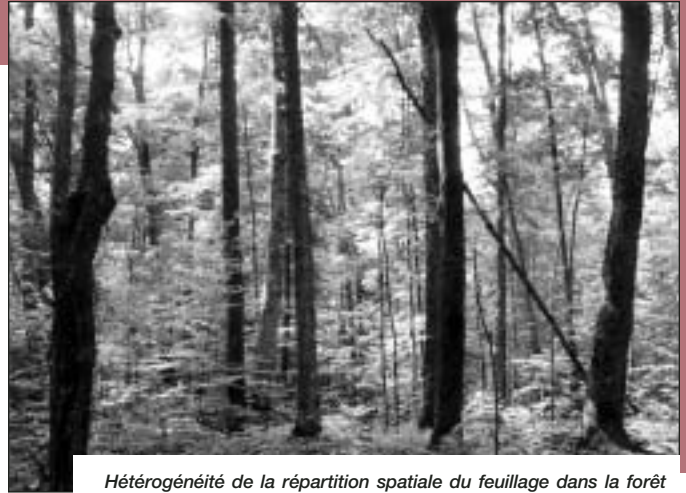
### Synchronisation des ouvertures

Douze ans après la coupe de jardinage, nos résultats indiquent la présence d'une très dense strate de feuillage entre 2 et 5 mètres que l'on n'observe pas dans les forêts anciennes. Cette strate de feuillage s'est probablement développée à la suite de l'ouverture forte et synchronisée du couvert causée par la coupe de jardinage qui a vraisemblablement entraîné une augmentation marquée de la lumière en sous-couvert et a pu provoquer un recrutement massif de la régénération (Beaudet *et al.* 2004). La continuité des processus de régénération sous cette strate formée par la cohorte de régénération post-coupe semble être entravée, probablement à cause d'une faible disponibilité de lumière qui entraînerait une forte mortalité (Hane 2003), puisqu'on y observe très peu de feuillage. De plus, le pourcentage de recouvrement du feuillage entre 0.1 et 2 mètres est beaucoup plus homogène dans les peuplements jardinés par rapport aux forêts anciennes. Ces résultats contredisent ceux de Doyon (2000) qui n'observait aucune différence dans l'hétérogénéité horizontale du feuillage entre des coupes de jardinage et des peuplements non aménagés. Cette divergence de résultats peut probablement être expliquée par une intensité de récolte plus faible des sites étudiés par Doyon, qui aurait affecté une fraction moins importante des peuplements et donc davantage maintenu l'hétérogénéité naturelle.

Le développement d'une telle strate de végétation en sous-étage et cette homogénéisation de la couverture de feuillage dans un étage spécifique pourraient affecter les populations d'espèces animales qui sont associées à des densités de feuillage particulières dans certaines strates, comme démontré chez certaines espèces d'oiseaux telles que la paruline bleue et la paruline couronnée (Bourque et Villard 2001).



Débris ligneux au sol dans la forêt ancienne du lac O'Hara



Hétérogénéité de la répartition spatiale du feuillage dans la forêt ancienne du lac Tucker



Chablis partiel à proximité du lac La Blanche

En forêt naturelle, si l'on considère le régime des micro-trouées, l'intervalle séparant l'occurrence de deux perturbations au même endroit est relativement long par rapport au temps de récupération (refermeture du couvert) et la superficie affectée est généralement très limitée. Même si les sites jardinés qui ont été étudiés ici n'ont pas encore complété un cycle entier de jardinage, la proportion d'ouverture (moyenne de 32% d'ouverture après 12 ans) suggère que la canopée ne sera probablement pas refermée à un degré similaire à celui des forêts anciennes (9%) avant la prochaine intervention, ou si c'est le cas, pour une très courte période seulement. En d'autres termes, le temps de récupération après coupe est plus long que l'intervalle entre les coupes.

## Impacts anticipés à l'échelle du paysage

L'application à grande échelle de la coupe de jardinage, associée à ce déséquilibre entre l'intervalle entre les perturbations et le temps de récupération, pourrait entraîner, à l'échelle du paysage, une augmentation de la proportion de peuplements relativement ouverts et un déficit en forêts matures et anciennes (Turner *et al.* 1993, Haeussler et Kneeshaw 2003). Les espèces associées à ces types de forêts et dépendant de leurs caractéristiques structurales (couvert relativement fermé, abondance de bois mort, structure verticale diversifiée) pourraient donc être défavorisées.

Bien que moins fréquentes et affectant de moins grandes étendues que le régime des micro-trouées, d'autres types de perturbations naturelles ont aussi cours en forêt feuillue et jouent un rôle essentiel dans la dynamique de ces forêts (ex. : chablis, verglas, feu, épidémies). Le

recours presque exclusif à la coupe de jardinage comme mode d'aménagement en forêt feuillue ne permet pas de reproduire toute la variabilité des perturbations observées en forêt naturelle en termes de fréquence, de grandeur et de sévérité et pourrait entraîner une homogénéisation de la structure et de la composition des peuplements, à l'échelle du peuplement et du paysage, et une raréfaction des peuplements de début de succession (Haeussler et Kneeshaw 2003).

## Un envahissement par le hêtre?

En ce qui a trait à la composition en espèces, peu de différences ont été observées dans cette étude entre les peuplements jardinés et les forêts anciennes. Notons toutefois qu'une augmentation faible mais significative de la surface terrière relative des gaules d'espèces intolérantes et semi-tolérantes à l'ombre a été observée dans les peuplements jardinés. Par contre, si l'on compare la composition des gaules à celle des arbres, on observe un phénomène singulier. Alors que plusieurs forestiers ont l'impression que le jardinage est responsable d'un envahissement par le hêtre, nos résultats indiquent que cette augmentation de la proportion de hêtre semble être commune à presque tous les sites que nous avons étudiés, incluant les forêts anciennes. En effet, la surface terrière relative du hêtre chez les gaules était plus élevée que chez les arbres, et ce, autant dans les forêts anciennes que dans les coupes de jardinage. En supposant que la composition des gaules est représentative de la composition future du peuplement, ces résultats pourraient indiquer que l'abondance relative du hêtre tendrait à augmenter dans le temps, au détriment de l'érable à sucre. Un phénomène similaire a été observé par Duchesne *et al.* (2003) dans des érablières non aménagées dispersées à travers le Québec.

## Pour un jardinage s'inspirant davantage des perturbations naturelles

Par rapport au régime naturel des micro-trouées, la coupe de jardinage présente des différences marquées mais moindres que celles découlant du recours passé aux coupes à diamètre limite. En effet, dans le cadre de cette étude, la même démarche de comparaison avec des vieilles forêts a été appliquée à des coupes à diamètre limite datant de la période 1968-1974, et même si la période écoulée depuis le traitement était plus longue qu'à la suite des coupes de jardinage étudiées, nous avons observé des différences encore plus marquées entre les coupes à diamètre limite et les forêts anciennes. En d'autres termes, on peut dire que nous avons hérité d'une forêt qui a probablement passablement dévié de sa dynamique naturelle à la suite de l'utilisation à grande échelle de la coupe à diamètre limite et que l'aménagement par coupe de

jardinage a permis d'amoinrir les différences entre coupes et perturbations naturelles en termes d'effets sur la structure et la composition. Le recours au jardinage constitue donc un pas dans la bonne direction, mais on ne peut pas dire que la coupe de jardinage actuelle imite autant qu'elle le pourrait le régime naturel des micro-trouées. Pour une proportion du territoire où l'on voudrait réaliser un aménagement se rapprochant le plus possible de la dynamique naturelle des micro-trouées, le jardinage n'est toutefois pas nécessairement à abandonner au profit de l'adoption massive des systèmes sylvicoles alternatifs, comme cela a été suggéré (Beaulieu 2003b), mais est plutôt à adapter afin de limiter les différences observées avec les forêts naturelles.

Même si toutes les contraintes économiques étaient levées, nous sommes conscients que de viser une reproduction exacte de la dynamique des micro-trouées serait utopique opérationnellement. Dans le contexte économique et opérationnel actuel et à venir, nous croyons toutefois que quelques mesures d'atténuation des différences entre coupes et perturbations naturelles sont cependant envisageables.

Afin d'amoinrir le déséquilibre entre l'intervalle de coupe et le temps de récupération, des portions de forêt pourraient être aménagées en ayant recours à des périodes de rotation allongées, ce qui permettrait de favoriser le développement et la disponibilité continue d'attributs de forêts anciennes à l'échelle du paysage. Cette mesure a déjà été envisagée avec la proposition par le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP) d'avoir recours à des îlots de vieillissement (document de consultation sur l'OPMV 4, MRNFP 2003). Il faudrait cependant que les rotations soient allongées de façon significative afin d'atteindre l'objectif visé et que les proportions de territoire touchées soient suffisamment importantes. À l'échelle du peuplement, afin d'atténuer la raréfaction anticipée des gros arbres et des débris ligneux, une variante de l'approche de rétention variable proposée pour les systèmes de coupe totales pourrait être mise en œuvre. Elle consisterait à laisser des chicots et des arbres de fort diamètre sur pied en permanence qui seraient regroupés en îlots résiduels ou encore dispersés à même les aires de coupes.

Dans le cadre d'un aménagement écosystémique, l'échelle du paysage doit aussi être considérée. En ce sens, les versions 1998 et 2003 du *Manuel d'aménagement forestier* proposent des systèmes sylvicoles diversifiés (ex. : jardinage par pied d'arbre, par groupes d'arbres, avec trouées, par parquet) qui pourraient contribuer à conserver l'hétérogénéité de la mosaïque forestière à l'échelle du paysage. Reste à développer une stratégie de planification des coupes à l'échelle du territoire qui permettrait de contrôler les proportions de territoire soumises aux différents systèmes sylvicoles de façon à ce que ces proportions soient, dans la mesure du possible, représentatives du régime de perturbation naturelle de ce type d'écosystème.

Évidemment, la mise en pratique de plusieurs de ces recommandations entraînerait vraisemblablement des coûts de planification et d'exploitation supplémentaires et une diminution du volume exploitable. Afin que l'implantation de telles recommandations puisse être envisageable opérationnellement et économiquement, on pourrait considérer le recours à un modèle d'allocation du territoire. Les pertes économiques associées à un aménagement plus extensif et à la mise de côté de portions du territoire sous forme d'aires protégées seraient alors comblées par un aménagement intensif visant une production accrue de matière ligneuse sur des portions restreintes de territoire (Hunter 1990, Messier et Kneeshaw 1999).

## Remerciements

Cet article constitue une synthèse des travaux de maîtrise en biologie de l'auteure principale, réalisés au sein du Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire (GREFI), à l'Université du Québec à Montréal. Nous tenons à remercier Stéphanie Côté et Pascal Côté pour leur assistance à la récolte des données, Normand Villeneuve du MRNFP pour les informations et l'accès aux forêts anciennes, ainsi que Pierrette Cyr et Gaétan Forest de l'Unité de gestion de la Basse-Lièvre (072) pour l'accès aux rapports d'intervention et aux cartes historiques. Ce projet a été financé par le Conseil de recherche en sciences naturelles et génie (CRSNG) à travers des fonds accordés au Dr. Messier et une bourse de deuxième cycle octroyée à l'auteure principale. ☺

## Références

- ATTIWILL, P. M., 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *For. Ecol. Manage.* 63 : 247-300.
- BEAULIEU, C., 2003a. Tembec et Commonwealth Plywood en ont marre du jardinage forestier. *La Terre de chez nous*, 13 novembre, p. 19.
- BEAULIEU, C., 2003b. La fin du jardinage forestier? *La Terre de chez nous*, 27 novembre, p. 33.
- BERGERON, Y., B. HARVEY, A. LEDUC, et S. GAUTHIER, 1999. Stratégies d'aménagement forestier qui s'inspirent de la dynamique des perturbations naturelles : considérations à l'échelle du peuplement et de la forêt. *For. Chron.* 75 : 55-61.
- BOURQUE, J. et M.-A. VILLARD, 2001. Effects of selection cutting and landscape-scale harvesting on the reproductive success of two neotropical migrant bird species. *Cons. Biol.* 15 : 184-195.
- BÉDARD, S. et F. BRASSARD, 2002. Les effets réels des coupes de jardinage dans les forêts publiques du Québec en 1995 et 1996. Ministère des Ressources naturelles, Québec, 15 p.
- DUCHESNE, L., R. OUMET, J.-D. MOORE et R. PAQUIN, 2003. Diminution de l'abondance de l'ébèle à sucre au profit du hêtre à grandes feuilles. Pp. 191-200 dans Grondin, P. et Cimon, A. (éds). *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier.
- GOODBURN, J.M. et C.G. LORIMER, 1998. Cavity trees and coarse woody debris in old-growth and managed northern hardwood forests in Wisconsin and Michigan. *Can. J. For. Res.* 28 : 427-438.
- HAEUSSLER, S. et D. KNEESHAW, 2003. Comparing forest management to natural processes. *In* Towards sustainable management of the boreal forest. Burton, P.J., Messier, C., Smith, C. and Adamowicz, W.L. (eds). NRC Research Press, Ottawa, Ontario, 1039 p.
- HAGAN, J.M. et S. L. GROVE, 1999. Bird abundance and distribution in managed and old-growth forest in Maine. Report MM-9901, Manomet Center for Conservation Sciences, Maine, 20 p.
- HALE, C.M., J. PASTOR et K.A. RUSTERHOLZ, 1999. Comparison of structural and compositional characteristics in old-growth and mature, managed hardwood forests of Minnesota, U.S.A. *Can. J. For. Res.* 29 : 1479-1489.
- HANE, E. N., 2003. Indirect effects of beech bark disease on sugar maple seedling survival. *Can. J. For. Res.* 33 : 807-813.
- HARMON, M. E., J. F. FRANKLIN, F. J. SWANSON, P. SOLLINS, S. V. GREGORY, J. D. LATTIN, N. H. ANDERSON, S. P. CLINE, N. G. AUMEN, J. R. SEDELL, G. W. LIENKAEMPER, K. JR CROMACK et K. W. CUMMINS, 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research* 15 : 133-302.
- HUNTER, M. L. JR, 1990. *Wildlife, forests, and forestry*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 370 p.
- MAJCEN, Z., 1994. Historique des coupes de jardinage dans les forêts inéquiennes au Québec. *Rev. For. Fr.* 4 : 375-384.
- MCGEE, G. R., D. J. LEOPOLD et R. D. NYLAND, 1999. Structural characteristics of old-growth, maturing, and partially cut northern hardwood forests. *Ecol. Appl.* 9 : 1316-1329.
- MESSIER, C. M. et D. D. KNEESHAW, 1999. Thinking and acting differently for sustainable management of the boreal forest. *For. Chron.* 75 : 929-938.
- MRNFP (Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs), 2003. Objectifs de protection et de mise en valeur des ressources du milieu forestier proposés pour les plans généraux d'aménagement forestier de 2005-2010 - Document de consultation. Gouvernement du Québec, Québec, 46 p.
- RUNKLE, J. R., 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology* 63 : 1533-1546.
- TURNER, M. G., W. H. ROMME, R. H. GARDNER, R. V. O'NEILL et T. K. KRATZ, 1993. A revised concept of landscape equilibrium: Disturbance and stability scales landscapes. *Landscape Ecol.* 8 : 213-227.
- VILLENEUVE, N., 2000. Critères et indicateurs permettant la reconnaissance, la localisation et l'évaluation des forêts anciennes à des fins de conservation: Partie 1 : Forêt tempérée, sous-zone de forêt feuillue. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'environnement forestier, Québec, 214 p.