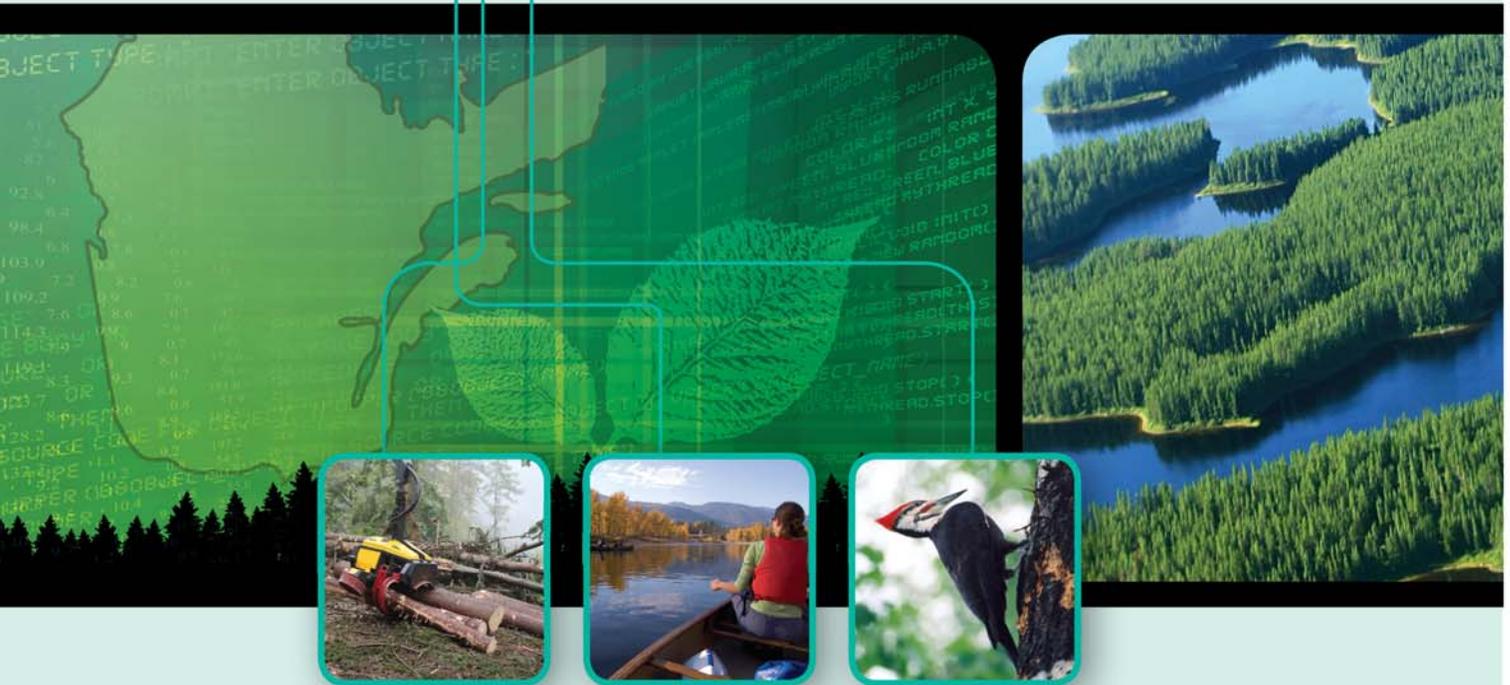


Le portrait de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs au Québec

Les perturbations et leur effet sur la dynamique forestière

Janvier 2015

Bureau du forestier en chef



Direction

Gérard Szaraz, ing.f., M.Sc., M.A.P., Forestier en chef

Rédaction

Bruno Boulet, ing.f., M.Sc., consultant

Daniel Pin, ing.f., M.Sc., Bureau du forestier en chef

Collaborateurs

Direction de la protection des forêts : Mil ne Beaudoin, M.Sc., Diane Côté, Jean-Philippe Lefebvre, tech.for.

Direction de la recherche forestière : Steve Bédard, ing.f., M.Sc.

Direction des inventaires forestiers : Carl Bergeron, ing.f., M.Sc., Yves Philibert, ing.f., Jean-Gabriel Élie, ing.f., Ian Paiement, ing.f., M.Sc., Guillaume Cyr, ing.f., M.Sc., Jocelyn Gosselin, ing.f..

Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers : Lucie Tessier, ing.f.,  tienne Boileau, ing.f., Pierre Fontaine, ing.f., Charles Vigeant-Langlois, ing.f., Michel Huot, ing.f., M.Sc..

Révision

Lucie Bertrand, ing.f., Ph.D., Bureau du forestier en chef

Claire Fecteau, révision linguistique

Photographies

Donald Blouin (DB), Bruno Boulet (BB), Gérald Landry (GL), Pierre Petitclerc (PP) et Archives du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

La présente publication est accessible dans Internet à l'adresse suivante : www.forestierenchef.gouv.qc.ca

Référence à citer

Boulet, B. et D. Pin. 2015. Le portrait de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs au Québec – Les perturbations et leur effet sur la dynamique forestière. Document d'information. Bureau du forestier en chef. Québec, Qc, 31 p.

Pour plus d'information :**Bureau du forestier en chef**

845, boulevard Saint-Joseph

Roberval (Québec) G8H 2L6

Téléphone : (418) 275-7770

Télécopieur : (418) 275-8884

Courriel : bureau@fec.gouv.qc.ca

www.forestierenchef.gouv.qc.ca

Parmi les fonctions dévolues au Forestier en chef, il y a celle de produire un bilan quinquennal sur l'état des forêts du domaine de l'État et les résultats obtenus en matière d'aménagement durable des forêts. C'est dans ce cadre que le présent document est diffusé. Une documentation complémentaire est également publiée, rassemblant les événements de l'histoire forestière québécoise concernant les modes de gestion, les méthodes d'intervention et les faits marquants qui ont façonné les forêts du Québec méridional, depuis le début du 19^e siècle. Également, une caractérisation, en volume et en essences, de l'état actuel de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs sera produite prochainement.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du Chantier sur la forêt feuillue dont les objectifs visent à améliorer la contribution de la forêt feuillue à la richesse collective et définir l'intervention de l'État, à identifier des solutions structurantes aux problèmes récurrents rencontrés en forêt feuillue et définir des stratégies régionales de revitalisation. Le secteur de l'industrie des feuillus durs est centré sur la forêt publique des domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau jaune, de l'érablière à bouleau jaune et de l'érablière à tilleul.

Ce document fait suite et met à jour la fiche thématique *Portrait des forêts feuillues et mixtes à feuillus durs du Québec* produite par le Bureau du forestier en chef (BFEC 2007).

Résumé

Au cours des soixante dernières années, la forêt feuillue et mixte à feuillus durs du domaine de l'État a connu une intensification de son exploitation pour combler la demande de bois, mais aussi pour tirer bénéfice des multiples usages de la forêt et ainsi accroître les retombées socio-économiques dans les diverses régions. Les perturbations naturelles et l'exploitation forestière se sont succédées pour façonner le couvert forestier tel qu'on le voit de nos jours et dont l'évolution dans notre passé récent est révélé grâce aux données des inventaires forestiers. Ce document d'information aborde les effets des grandes perturbations naturelles et de l'intensité des coupes sur la dynamique forestière à l'échelle du paysage.

Avant d'aborder l'analyse cartographique montrant l'évolution du couvert forestier depuis les années 1970, une rétrospective des principales perturbations qui ont façonné le paysage forestier au 20^e siècle est présentée. Pour les perturbations naturelles, il est convenu de s'attarder aux feux de 1870 et de 1921 à 1923 ainsi qu'à l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) de 1967 à 1992. Quand aux perturbations anthropiques, la coupe à diamètre limite, la coupe par bandes et la coupe de jardinage sont présentées.

La forêt feuillue et mixte à feuillus durs couvre la majeure partie des domaines bioclimatiques de l'érablière à tilleul, de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau jaune. La forêt feuillue et mixte à feuillus durs occupe les stations forestières ayant un bon potentiel de produire du bouleau jaune et de l'érable à sucre, soit une superficie de 6,54 Mha du domaine public. Les stations forestières à bouleau jaune dominent nettement le paysage avec une couverture correspondant à 5,20 Mha soit plus de 79 % de la forêt feuillue.

Les stations à érable à sucre occupent 1,34 Mha (21 %) et sont surtout représentées dans les domaines de l'érablière.

Pour la période 2000-2013, les forêts constituées de feuillus tolérants apparemment intactes représentaient 22 % (565 200 ha) de ce type de forêt soit, 256 800 ha (19 %) dans les stations forestières à bouleau jaune et 308 500 ha (26 %) dans les stations à érable à sucre.

Les superficies exploitées en forêt feuillue et mixte à feuillus durs étaient de l'ordre de 2,04 Mha dès la période de 1970-1984. Elles ont progressé rapidement à 3,19 Mha au cours de la seconde période pour atteindre 3,74 Mha à la période de 2000-2013. Les superficies exploitées sur les stations à bouleau jaune sont caractérisées par un envahissement des feuillus intolérants alors que les feuillus tolérants dominant sur les stations à érable à sucre.

Les impacts des perturbations naturelles, surtout attribuables à l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, furent plus marquants sur les stations à bouleau jaune du domaine de la sapinière à bouleau jaune où l'envahissement par les feuillus intolérants est important.

Le portrait de l'évolution des superficies par grand type de forêt sur stations à bouleau jaune met en évidence l'envahissement des feuillus intolérants dès 1970 et qui s'est accentué depuis. Les superficies constituées de feuillus tolérants se sont maintenues dans le paysage forestier depuis la période 1970-1984 alors que la proportion occupée par les résineux n'a cessé de décroître. Les stations à érable à sucre sont dominées par les feuillus tolérants et les effets des coupes partielles ont favorisé leur expansion.

Chiffres-clés

La forêt feuillue et mixte à feuillus durs occupe une superficie de 6,54 Mha des forêts du domaine public.

Les stations forestières à bouleau jaune dominant nettement le paysage avec 5,20 Mha soit plus de 79 % de la forêt feuillue.

Les stations à érable à sucre occupent 1,34 Mha (21 %) et sont surtout représentées dans les domaines bioclimatiques de l'érablière.

Les peuplements de feuillus intolérants sur les stations à bouleau jaune représentent 62 % des superficies à la période 2000-2013, soit une progression de 26 % depuis quarante ans.

Les superficies couvertes par les peuplements de feuillus tolérants se sont maintenues dans les stations à bouleau jaune avec 25 % de représentativité alors qu'elles ont progressé de 14% dans les stations à érable à sucre.

Les peuplements de résineux n'ont cessé de décroître depuis 1970 pour ne représenter que 6% des superficies.

En 2013, les superficies en peuplements de feuillus tolérants:

- apparemment intactes, ou sans perturbation, représentent 22 % de ce type de forêt;
- issues de coupe à diamètre limite et de jardinage couvrent 35 % et 23 % respectivement.



Table des matières

Résumé	1
Liste des figures.....	4
Introduction	5
Rétrospective des principales perturbations et de leur effet	6
Les perturbations naturelles	7
Les perturbations anthropiques.....	12
Évolution des perturbations et du couvert forestier de 1970 à nos jours	15
Territoire cible.....	15
Stations à bouleau jaune.....	17
Stations à érable à sucre.....	24
Synthèse du portrait des peuplements de feuillus tolérants en 2013	27
Conclusion	28
Bibliographie	29



Liste des figures

Figure 1.	Répartition des stations forestières par domaine bioclimatique	16
Figure 2.	Évolution des superficies par grand type de forêt sur les stations à bouleau jaune	17
Figure 3a.	Évolution de la superficie « Sans perturbation » par type de forêt sur les stations forestières à bouleau jaune	18
Figure 3b.	Évolution de la superficie « Exploitée » par type de forêt sur les stations forestières à bouleau jaune	19
Figure 3c.	Évolution de la superficie « Perturbation naturelle » par type de forêt sur les stations forestières à bouleau jaune	20
Figure 4a.	Évolution des superficies selon l'origine des perturbations sur les stations forestières à bouleau jaune des domaines de l'érablière	21
Figure 4b.	Évolution des superficies selon l'origine des perturbations sur les stations forestières à bouleau jaune du domaine de la sapinière à bouleau jaune	22
Figure 5.	Évolution des superficies par type de forêt sur les stations à érable à sucre.....	24
Figure 6.	Évolution des superficies par grand type de perturbation sur les stations à érable à sucre	25
Figure 7.	Évolution des superficies par type de forêts selon l'origine des perturbations sur les stations à érable à sucre	26
Figure 8.	Les peuplements de feuillus tolérants à la période 2000-2013, répartition des superficies perturbées.....	27



Introduction

La forêt feuillue et mixte¹ à feuillus durs² occupe la majeure partie des domaines bioclimatiques de l'érablière et de la sapinière à bouleau jaune. Elle couvre les stations forestières ayant un bon potentiel de produire du bouleau jaune et de l'érable à sucre, soit une superficie de 6,54 Mha du domaine public. Les peuplements forestiers qui la composent forment une entité biologique, économique et sociale très complexe de par leur composition, leur dynamique et la multiplicité de produits et services rendus à la collectivité. En raison de sa proximité de la zone habitée, la forêt feuillue fait l'objet d'exploitation forestière constante depuis plus de 150 ans. Au cours du 20^e siècle, la majeure partie a été soit perturbée par des agents naturels (feux, chablis, dépérissements, épidémies d'insectes) ou exploitée pour ses ressources forestières de haute valeur. La demande en bois de sciage et de déroulage de feuillus durs, tout particulièrement le bouleau jaune, s'est accrue à partir des années 1950.

La période de 1950 à 1993 est caractérisée par la mécanisation des opérations de récolte et par l'utilisation à grande échelle de la coupe à diamètre limite sans préoccupation particulière vis-à-vis du contrôle de la régénération en essences recherchées, de la croissance et de la qualité de la forêt à venir. À partir de 1993, un système d'aménagement basé sur l'utilisation très large de la coupe de jardinage voit le jour. Il a pour objectif d'améliorer la productivité de la forêt feuillue et d'augmenter la production de bois d'œuvre (sciage et déroulage). Au début des années 2000, le bilan des interventions de jardinage en forêt feuillue était mitigé à l'égard (1) du marché limité pour écouler les bois de mauvaise qualité, (2) de la récolte intégrée inefficace et (3) du rendement forestier plus faible que prévu des coupes de jardinage réalisées par l'industrie. En 2004, le secteur de l'industrie des feuillus durs était en crise. Depuis, pour pallier aux difficultés que traverse l'industrie forestière, des modalités d'intervention particulières ont été mises en place pour donner de la latitude aux entreprises dans la gestion de leurs approvisionnements en bois. Les superficies traitées en coupe de jardinage ont diminué considérablement pour faire place aux coupes progressives irrégulières.

Depuis les années 1970, les forêts publiques du Québec ont fait l'objet de quatre programmes décennaux d'inventaire. La collecte de données forestières dans tout le Québec méridional a amélioré nos connaissances sur la forêt. Ces données permettent de retracer l'évolution du couvert forestier en ayant recours à des analyses cartographiques. Ce document aborde les effets des grandes perturbations naturelles et de l'intensité des coupes sur la dynamique forestière à l'échelle du paysage. Dans un premier temps, une rétrospective des principales perturbations naturelles et anthropiques qui ont façonné le paysage forestier au cours du 20^e siècle est présentée. La deuxième section est réservée à l'analyse cartographique montrant l'évolution du couvert forestier depuis les années 1970.

¹ Le terme générique « forêt feuillue » sera utilisé dans le document.

² Feuillus durs : bouleau jaune, érable à sucre, chênes, hêtre et feuillus nobles.



Rétrospective des principales perturbations et de leur effet

Avant d'aborder l'analyse cartographique montrant l'évolution du couvert forestier de la forêt feuillue depuis les années 1970, il importe de faire la rétrospective des principales perturbations qui ont façonné le paysage forestier au cours du 20^e siècle.

La dynamique forestière est un processus par lequel la composition et la structure des peuplements forestiers changent avec le temps à un rythme qui varie selon le type de station forestière et l'effet des perturbations, qu'elles soient naturelles ou anthropiques. Les changements perceptibles dans le temps et l'espace dépendent de la fréquence, de la gravité et de l'ampleur des perturbations (MRN 2013a). Le climat influence la distribution de la végétation, le sol la gouverne et les perturbations la renouvellent.

Les spécialistes de l'écologie forestière s'entendent sur le fait que certaines perturbations importantes laissent des traces à l'échelle du paysage, perceptibles même après plusieurs décennies, voire sur une plus longue période (Lortie 1979). Les perturbations graves se soldent par la mort ou la récolte des arbres sur une grande surface, et engendrent des peuplements purs et de structure régulière constitués généralement d'essences intolérantes à l'ombre, comme le pin gris, le peuplier faux-tremble et le bouleau à papier. Par ailleurs, les perturbations partielles créent des ouvertures de différentes dimensions dans le couvert forestier modifiant la densité et la composition des peuplements. Les essences intolérantes à l'ombre poussent alors en mélange avec les essences semi-tolérantes pour former des peuplements de transition, qui à leur tour évoluent vers des peuplements stables constitués principalement d'essences tolérantes à l'ombre³.

En forêt feuillue, il n'est pas facile, voire impossible, de délimiter les aires perturbées depuis longtemps et encore plus ardu de retracer l'évolution des peuplements depuis la perturbation d'origine surtout dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune. En effet, les traces s'estompent avec le temps surtout si d'autres événements sont survenus au fil des décennies, modifiant sans cesse le profil forestier. À elle seule, la végétation n'est donc pas un indice sûr pour identifier les causes des changements qui se sont opérés dans les forêts. Il est souvent difficile de distinguer les effets des perturbations naturelles de ceux découlant d'exploitations forestières et ce, pour plusieurs raisons :

- les perturbations naturelles ont laissé des traces plus marquantes dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune que dans les domaines de l'érablière puisqu'elles touchent habituellement de faibles superficies et les plus graves sont relativement rares;
- les traces de perturbations naturelles s'estompent souvent à la suite d'autres perturbations subséquentes, plus légères ou touchant des superficies plus petites, complexifiant ainsi la mosaïque forestière;
- les effets du feu ou du chablis favorisant la régénération de feuillus intolérants sont généralement les mêmes après une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou une coupe de forte intensité;
- les effets du feu favorisant la régénération du pin blanc et du pin rouge sont généralement différents de ceux résultant d'une épidémie grave de la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou d'une coupe de forte intensité;
- les coupes partielles de faible intensité dans les peuplements dominés par l'érable à sucre ont modifié la structure interne, la qualité des peuplements et la répartition des essences sans pour autant altérer significativement la dominance du couvert forestier.

³ Plus la lumière est abondante moins les essences exigent du sol pour produire du bois, et réciproquement les pins croissent bien sur du sol sableux ou graveleux, le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble s'établissent plus facilement sur du sol de texture moyenne ou fine, alors que les autres essences semi-tolérantes et tolérantes exigent un sol bien pourvu en matière organique et en minéraux assimilables.



Les perturbations naturelles

Pour retracer les perturbations anciennes, seuls les archives et les documents d'histoire peuvent confirmer ce que le couvert forestier semble nous indiquer. Les perturbations plus récentes peuvent toutefois être retracées plus fidèlement en se fiant :

- aux inventaires de reconnaissance des dommages causés par les incendies et les épidémies;
- aux données d'inventaire forestier à l'échelle provinciale disponibles depuis 1970.

Il convient de s'attarder aux perturbations naturelles qui ont profondément modifié la forêt feuillue à l'échelle du paysage, soit les feux de 1870 et de 1921 à 1923 ainsi que l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette de 1967 à 1992. Les autres perturbations tels le chablis, le verglas ou autres insectes ravageurs ont eu une incidence plus localisée. Par exemple, le grand verglas de 1998 a principalement touché la forêt privée.

1 - Les feux de 1870 et de 1921 à 1923

En 1870, de nombreux feux ont embrasé les territoires colonisés dans toutes les régions du Québec dont le grand feu du Lac Saint-Jean qui constitue un événement historique pour lequel il existe de nombreux documents d'archives (Lortie 1979; Blanchet 2003). Le printemps de cette année précoce a permis aux colons nouvellement établis de débiter sans tarder le défrichement des terres, profitant des premières journées chaudes et sèches pour brûler les abattis. La présence de forts vents a déclenché des feux de cimes dans les forêts de conifères et des feux de surface dans les forêts feuillues avoisinantes des abattis. Ces types de feux ont la particularité de ne pas consommer l'humus forestier en profondeur, générant par la suite des peuplements à forte concentration de bouleau à papier.

Ces forêts de bouleau à papier, particulièrement dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest, ont ensuite été perturbées dans les années 1940 et 1950 par le dépérissement en cime du bouleau (Lortie 1979). Le bouleau à papier a été plus durement touché que le bouleau jaune. Les bouleaux affaiblis par le dépérissement furent souvent l'hôte de l'agrile du bouleau ne faisant qu'accélérer la décrépitude. Parfois le syndrome s'arrêtait subitement chez les arbres les moins durement touchés. Les survivants se reconstituaient un houppier à partir des branches charpentières les plus basses, qui en se redressant, leur conféraient la forme d'un candélabre (Boulet 2007, 2014). Les ouvertures créées dans les peuplements de bouleau en dépérissement ont favorisé la croissance du sapin baumier bien établi sous le couvert assurant une succession rapide à l'origine de sapinières et de peuplements mélangés, dominés par le sapin et les épinettes. De nos jours, il existe encore bon nombre de vétérans de bouleau jaune et de bouleau à papier, portant les traces du dépérissement survenu dans les années 1950, et ayant atteint un âge vénérable surtout dans l'ouest du Québec (Godbout 2008).

De 1921 à 1923, le Québec subissait à cette époque l'une des pires séquences de feux de forêts dans les annales du Québec. Les dégâts ont pris de l'importance d'année en année pour culminer au cours de l'été 1923. Le feu a consumé près de 1,80 Mha de forêts, réparties dans toutes les régions du Québec (Blanchet 2003) et plus particulièrement dans le bassin de la rivière Saint-Maurice où le feu a détruit près de 77 500 ha de forêts. On se souviendra de l'année 1923 comme de l'année du feu de la rivière Rouge où près de 7 800 ha furent ravagés, touchant plus directement les populations locales que partout ailleurs (Lortie 1979).

Les feux sévères ont consumé l'humus en profondeur à maints endroits pour laisser des sols dénudés constitués de roches, de gravier et de sable (Lortie 1979). Les brûlis les plus dévastateurs sont ceux localisés sur les sites à sol mince et les sommets rocheux où la régénération n'est possible que dans les crevasses et les creux contenant assez de terre pour l'établissement des arbres (Leavitt 1915). Ces nouveaux peuplements clairsemés et devenus improductifs prendront plusieurs décennies avant de rétablir une dynamique forestière équilibrée. Il est d'ailleurs probable qu'une forte proportion des aires improductives, semi-dénudées et sèches

Le portrait de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs au Québec - Perturbations

trouvent leur origine lointaine de feux sévères qui ont laissé de nos jours de rares indices sur le terrain. Les brûlis sévères en terrain sableux ou graveleux se régénèrent en pins, car le substrat trop sec n'est guère propice à la germination des graines de bouleau à papier ou de peuplier faux-tremble (photo 1).



Photo 1. Le pin gris, le pin rouge et le pin blanc se côtoient sur les stations sèches appauvries à la suite de feux à intervalle rapproché (photo BB)

Les feux survenus dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean et dans le bassin de la rivière Saint-Maurice ont engendré de vastes bleuetières, un milieu propice à l'établissement de pinèdes à pin gris, particulièrement dans les plaines d'épandage et les alluvions sablonneux. Or, les épidémies du diprion de Swaine ont justement débuté dans les pinèdes grises parvenues à maturité et issues des feux de 1923. Le pin gris a poussé en mélange avec l'épinette noire et le peuplier faux-tremble sur les sites plus productifs. Les invasions du diprion de Swaine dans les années 1950 à 1970 ont eu pour effet d'éclaircir naturellement les peuplements de pin de plus de 40 ans, favorisant par conséquent la croissance du bouleau à papier et du peuplier faux-tremble, de même que de l'épinette noire et du sapin baumier occupant déjà les étages inférieurs du couvert (MRN 2013a).

La succession après feu diffère dans le sud-ouest du Québec, puisque les trois essences de pins⁴ y poussent d'une part, et que, d'autre part, les épidémies du diprion de Swaine y furent moins récurrentes qu'à proximité des rivières et des grands réservoirs d'eau du centre de la province (MRN 2013a). La pinède grise se régénère en pin rouge particulièrement sur les sols secs de texture grossière. Les pinèdes rouges se transforment en pinèdes blanches et les plus productives occupent surtout les sols profonds de texture fine ou moyenne. À son tour, la pinède blanche passe par une succession de peuplements de transition avant de parvenir à une certaine stabilité (Brown 1994).

⁴ Pin blanc, pin gris et pin rouge.



Le portrait de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs au Québec - Perturbations

Les feux de 1870 à 1923 ont influencé la dynamique des forêts mixtes particulièrement dans l'ouest et le centre du Québec, mais de nos jours il est impossible d'en retracer les limites compte tenu des nombreuses perturbations subséquentes. Un fait demeure cependant, selon les recherches de Brown (1994) dans les pinèdes dominant encore le paysage du sud-ouest du Québec : il y a vingt ans, les peuplements à forte concentration de pin blanc étaient jeunes ou d'âges intermédiaires (de 90 à 120 ans) avec près de 90 % des tiges dont l'âge variait de 60 à 110 ans. On peut donc déduire qu'il existe encore de nos jours une forte proportion de pins blancs établis après ces feux (photo 2).



Photo 2. Pin blanc de 1,44 m de diamètre, un témoin d'une époque prospère désormais révolue (photo DB)

Depuis la mise en place du réseau de protection en 1894, la lutte contre les feux de forêt a évolué en efficacité. Dans les années 1960, un vent de changement souffla sur l'ensemble du réseau de surveillance avec la mise en service de patrouilles de reconnaissance aérienne qui ont remplacé le réseau de tours d'observation pour la détection précoce des foyers d'incendie (Blanchet 2003). En conséquence, les jeunes pinèdes naturellement établies et comptant sur le feu pour s'établir occupent de nos jours des superficies beaucoup plus restreintes, rien pour remédier au problème chronique de la régénération du pin blanc et du pin rouge suite à son exploitation.

2 L'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette

La tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) a toujours eu mauvaise presse auprès des forestiers et de la population en général en raison des dommages catastrophiques résultant des épidémies. Les pullulations de TBE font néanmoins partie intégrante du renouvellement des sapinières, puisque la forêt a co-évolué avec l'insecte depuis la fin de la dernière période glaciaire, soit depuis 8 000 ans (MRN 2013a). L'épidémie de TBE de 1967 à 1992 est certes la plus grave et la mieux documentée au Québec; elle s'est étendue à toute l'aire de distribution du sapin baumier.

Une conjoncture forestière qui n'est pas le fruit du hasard

Avant 1967, le paysage forestier du Québec présentait de grands massifs de sapin baumier avec une forte proportion de peuplements purs ou mélangés où le sapin avait atteint ou dépassé l'âge de maturité. Une telle conjoncture est en fait le résultat de plusieurs événements contribuant à l'enrésinement par le sapin depuis la fin du 19^e siècle (Boulet 2001) :

- L'industrie des pâtes et papiers a connu un essor considérable à la fin de la Première Guerre mondiale. Elle a consommé une partie du volume de sapin dans les peuplements les plus accessibles de la forêt feuillue, sans pour autant freiner l'expansion du sapin dans la forêt mixte et la forêt boréale. Pour s'approvisionner, les usines de pâtes et papiers privilégiaient l'épinette au détriment des autres résineux. Les pessières noires coupées à blanc furent remplacées par les peuplements de sapin dont la croissance juvénile est meilleure que celle des épinettes (Doucet et Blais 2000).
- Au début du siècle dernier, les épidémies de la tenthrède du mélèze ont affecté le mélèze laricin qui poussait jadis sur les stations bien drainées, en mélange avec le bouleau à papier, l'épinette noire, le pin gris et le sapin baumier. La diminution du mélèze a favorisé le sapin surtout dans l'ouest du Québec où la récurrence des épidémies a été plus élevée qu'ailleurs (MRN 2013a).
- Dans l'est, les épidémies du diprion de l'épinette ont eu un effet similaire en affectant l'épinette blanche formant avec le sapin de grands massifs résineux au début des années 1930.
- La lutte contre les feux de forêt a sauvé certaines forêts, telles les sapinières matures, surtout dans les années 1950 et 1960.
- Les coupes à diamètre limite effectuées en hiver dans les peuplements dominés par le pin blanc ont créé des conditions propices à la régénération du sapin au détriment du pin (Brown 1994).
- Le bouleau à papier a dépéri en cime dans les années 1950 dans toutes les régions du Québec; il formait alors des peuplements purs ou en mélange avec le sapin. La mort de bouleau a accéléré la croissance de la régénération de sapin préétablie dans les bétulaies de même que la succession vers des sapinières pures issues de peuplements mélangés.
- Dans l'est du Québec, les pulvérisations d'insecticides chimiques effectuées dans les années 1950 ont protégé de la TBE certains grands massifs de sapins, pour être finalement décimés ou récupérés lors de l'épidémie subséquente, dans les années 1970 et 1980 (photo 3).



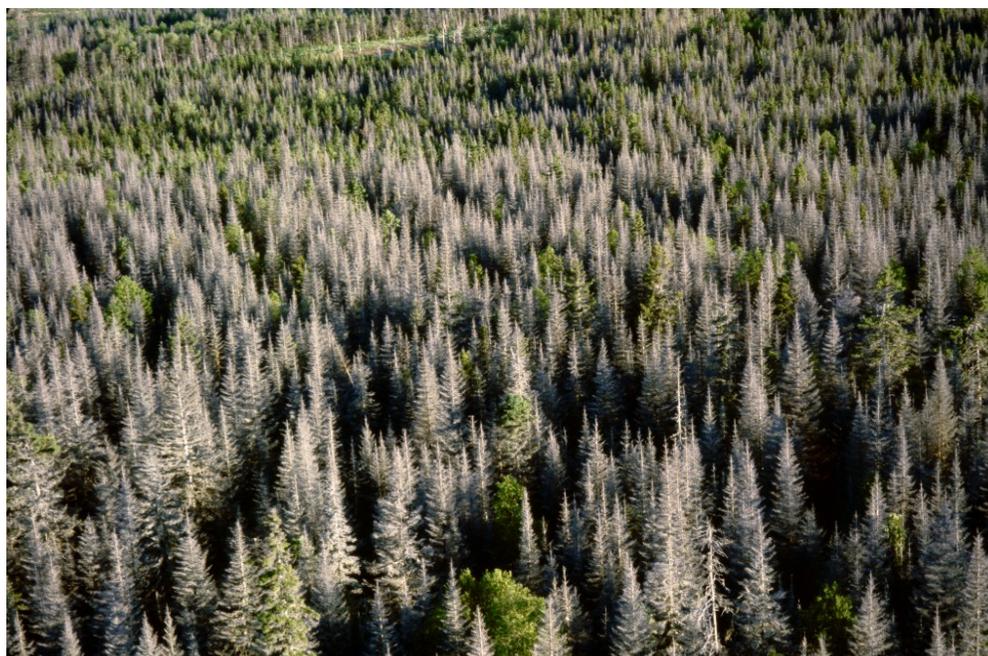


Photo 3. Sapins baumiers ravagés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans les années 1980

Une épidémie qui a modifié le paysage des forêts du Québec

Les épidémies de TBE ont depuis toujours façonné le paysage forestier surtout dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune. Les superficies affectées représentaient 12 % (785 200 ha) du territoire de la forêt feuillue au cours de la période 1970-1984 pour atteindre 19 % (1,22 Mha) à la période 1985-1999.

Les effets de l'épidémie de TBE sur la dynamique forestière sont multiples. En présence d'épidémie grave, les sapinières plus jeunes ont souvent été remplacées en partie ou en totalité par les feuillus intolérants, comme le bouleau à papier, et dans une moindre mesure, le peuplier faux-tremble, particulièrement dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune. L'érable à épis, le noisetier à long bec, les framboisiers et les viornes ont proliféré sur les sites perturbés les plus riches exerçant une vive concurrence qui est à l'origine de la réduction de la densité relative des épinettes, du pin blanc et du bouleau jaune. Il en a résulté des peuplements feuillus de faible densité et mal régénérés en essences recherchées. Les épidémies graves se sont aussi soldées par une régression importante des superficies dominées par le sapin au bénéfice du peuplier faux-tremble et du bouleau à papier. La mortalité partielle a eu l'effet d'une éclaircie dans les peuplements mélangés pour lesquels l'intensité a varié selon la proportion de sapins matures. Ces perturbations partielles ont eu un effet bénéfique pour les essences peu sensibles et les arbres ayant survécu à l'épidémie. Dans les peuplements mélangés de bouleaux et de résineux, par exemple, les pertes de croissance du sapin correspondaient à une augmentation simultanée de la croissance des essences compagnes (Ruel et coll. 2014). L'épidémie de TBE a pu servir aussi de frein à l'envahissement de la régénération par le sapin dans les peuplements mélangés renfermant du pin blanc et du pin rouge.

Les sapinières qui représentaient environ 7 % (459 500 ha) de la forêt feuillue lors de la période 1970-1984, n'en comptaient plus que 3 % (190 200 ha) à la période 2000-2013. Ces différences ne sont toutefois pas imputables seulement aux épidémies, puisque des efforts soutenus ont été consentis pour récolter en priorité les sapinières matures et autres peuplements reconnus sensibles, afin de réduire les pertes de matière ligneuse (Gagnon et Chabot 1988). Les grands massifs de sapins caractérisant le paysage québécois à la fin des années 1960 ont été remplacés après le passage de l'épidémie. De nos jours, les sapins sont encore nombreux, bien présents dans le paysage, mais disséminés en mélange avec d'autres essences, comme le bouleau à papier notamment.

Les perturbations anthropiques

1 - La coupe à diamètre limite minimum

Dès le début du 20^e siècle, on voyait le grand potentiel d'exploitation « du bouleau jaune de 20 pouces de diamètre en moyenne [51 cm], qui était l'essence la plus répandue après le sapin et l'épinette » (C.-G. Piché dans MTF 1910, p. 75). Plus qu'un arbre emblématique de nos jours, le bouleau jaune était à l'époque l'emblème de l'abondance. Au début des années 1920, l'exploitation des feuillus durs dans le bassin de la rivière La Lièvre (Outaouais) se résumait à la récolte des tiges de haute qualité, de fort diamètre et âgées de plus de cent vingt ans. Le bouleau jaune, le tilleul d'Amérique, le frêne blanc, le cerisier tardif, le chêne rouge et l'érable à sucre étaient les essences les plus recherchées (MTF 1928).

Les bois de feuillus durs, comme matière première ou comme produits ouvrés, avaient de la valeur en autant qu'ils étaient accessibles au transport par chemin de fer puisque les feuillus ne flottaient pas. Or, il n'y avait guère plus de 20 % de ces bois qui jouissaient de cet avantage à l'époque (Langelier 1908). La valeur économique de la forêt feuillue, encore largement sous-exploitée, a augmenté, au gré du développement du réseau ferroviaire (Langelier 1908) puis, des usines de sciage mues à la vapeur dans les années 1930 et enfin, de la mécanisation des opérations de récolte dans les années 1950 (Paillé 2012).

Si les années 1940 signifiaient le début de l'âge d'or de la coupe à diamètre limite (CDL) avec une augmentation importante du prélèvement de bois de feuillus durs pour le sciage et le déroulage, les années 1950 furent tout aussi intenses pour la production de pâtes et papiers à partir d'essences feuillues. Ce fait découlait de l'amélioration constante du réseau de transport (Doyon et Bouffard 2009a), de la mécanisation des travaux en forêt et des procédés de transformation des bois de feuillus durs. La forêt feuillue a subi un grand bouleversement vers la fin des années 1950, avec l'ouverture d'usines de pâte kraft consommant principalement des bois de feuillus durs. Les arbres étaient alors coupés à partir de 20 cm de diamètre à la souche, dont une bonne proportion des tiges aurait eu le potentiel de produire du bois d'oeuvre (MER 1987).

Dans la forêt feuillue exploitée pour la matière ligneuse, les coupes de forte intensité étaient courantes. Elles avaient permis de récolter une bonne part des feuillus de qualité accessibles pour laisser une forêt rajeunie ou appauvrie (MacLean 1949; Roberge et coll. 1971; Boivin et Lafrance 1978). La CDL entraînait à la fois l'appauvrissement de la qualité du peuplement résiduel, de sérieux problèmes de régénération en bouleau jaune qui constitue l'essence la plus recherchée par l'industrie, et l'envahissement des essences indésirables (MER 1983, voir l'annexe 2; Archambault et coll. 2006; Winget 1974; Roberge 1988). En somme, l'intensité du prélèvement était généralement plus forte dans les peuplements denses renfermant une bonne proportion de tiges de bouleau jaune de qualité comparativement à ceux de densité moyenne qui en contenaient moins (Doyon et coll. 2007). Les coupes de forte intensité conféraient avec le temps une structure biétagée aux peuplements exploités (Kenefic et Nyland 2005) ou encore, une répartition spatiale des stocks inégale (Nyland 1999) rendant difficile la planification d'autres interventions par la suite (Nyland 1986). La régénération naturelle des espèces de grande valeur, comme le bouleau jaune et le pin blanc, n'était pas assurée à long terme parce qu'on ne pratiquait pas les traitements sylvicoles nécessaires dans la forêt résiduelle (Paillé 2012).

Pour toutes les raisons évoquées, la forêt feuillue a subi une transformation profonde dans les années 1940 à 1960. L'application systématique de la CDL sur une base d'aménagement extensif a eu des conséquences dont les effets à long terme se font sentir dans les peuplements les plus perturbés. Les peuplements d'origine ont subi un écrémage entraînant la surexploitation des plus beaux arbres, un appauvrissement sur le plan de la qualité, de la composition et de la structure d'origine des peuplements (Archambault et coll. 2006) et possiblement une diminution de la richesse génétique résultant de l'augmentation de la proportion de phénotypes à faible potentiel de croissance (Hawley et coll. 2006).



Au fil du temps, la réduction de la croissance et de la qualité des arbres a entraîné la dépréciation de la santé et de la valeur des peuplements forestiers (Pineau 2010), dans lesquels il était impossible de faire une coupe commerciale avant au moins 40 ans (Brown 1994) voire même le temps d'une révolution (de 130 à 150 ans).

Dans certains cas, la CDL a donné de bons résultats, mais la combinaison gagnante pour régénérer le bouleau jaune relevait simplement d'une suite de conditions favorables mais non planifiées : coupe en automne, bonne saison de semences, machinerie de débardage favorisant le scarifiage, etc.

2 - La coupe par bandes

La réalisation des coupes par bandes a débuté dans les années 1970. La coupe totale, ne serait-ce que sur de petites superficies, stimule la régénération d'essences intolérantes (Boivin 1971; Roberge 1988). Il est possible de régénérer en bouleau jaune les parterres issus de coupe totale, mais ce dernier est un piètre compétiteur. En effet, le bouleau jaune est supplanté par une cohorte de bouleau à papier croissant plus vite dans les premiers stades de développement. De plus, cette intervention favorise aussi d'autres espèces moins intéressantes pour l'industrie, comme le peuplier faux-tremble de même que les espèces concurrentes indésirables, comme l'érable à épis et le cerisier de Pennsylvanie. De plus, la croissance sympodiale du bouleau jaune⁵ nuit à la production de belles tiges privées du rôle essentiel d'éducation des arbres voisins (Lessard et coll. 2005).

Dans les cas où la régénération en bouleau jaune est acquise, la concurrence végétale commande un scénario d'éclaircies pour dégager rapidement les tiges d'avenir afin qu'elles croissent librement pour donner du bois d'œuvre (Robitaille et coll. 1990; Robitaille 1993; Huot et Savard 2001). Les sites bien stockés en bouleau jaune parvenus aux stades de gaulis ou de perchis ont une production fort intéressante.

Pour un temps, les coupes par bandes furent essayées dans plusieurs régions (p. ex. : Québec, à la forêt de Duchesnay, Estrie à la forêt de Dudswell et Outaouais, à la forêt de Gatineau), mais elles ont créé un certain clivage parmi les forestiers qui ne partageaient pas tous le même optimisme. La prolifération du peuplier faux-tremble, de l'érable de Pennsylvanie, du cerisier de Pennsylvanie ou de l'érable à épis de même que le manque de soins culturels nécessaires à la régénération désirée sont vite ressortis comme des problèmes réels aussi graves que ceux engendrés par la CDL. Par ailleurs, il était difficile d'écouler les volumes de bois à pâte générés par ce type de traitement, dans un marché déjà saturé dans la plupart des régions.

3 - La coupe de jardinage

La coupe de jardinage a remplacé la CDL dès 1994 et s'est rapidement implantée comme le traitement par excellence dans les peuplements de feuillus durs de structure irrégulière. Les années 1990 correspondaient à l'âge d'or de la coupe de jardinage atteignant son apogée de 1998 à 2000 sur les terres publiques. Au début des années 2000, le bilan des interventions de jardinage était mitigé à l'égard du marché limité pour écouler les bois de mauvaise qualité (trituration), de la récolte intégrée inefficace et du rendement forestier plus faible que prévu des coupes de jardinage effectuées par l'industrie forestière.

Le marché du bois de trituration de feuillus est aussi contraignant qu'auparavant. Les usines qui en consomment ne peuvent absorber tous les volumes générés par les travaux d'aménagement. Dans la plupart des régions, les surplus de bois de trituration constituent, encore de nos jours, un véritable frein à la sylviculture des feuillus durs. Le marché restreint exerce une pression indue pour récolter une plus forte proportion de tiges de qualité au détriment du rendement soutenu en bois d'œuvre (Drinkwater 1957; Meunier et coll. 2002). En conséquence, les coupes de régénération et les travaux d'amélioration dans les peuplements appauvris par la CDL furent réalisés sur une faible portion des superficies prévues dans les plans généraux d'aménagement forestier.

⁵ Se dit du tronc s'allongeant à partir de bourgeons latéraux (MRN 2013a).

À cause de sa diversité en essences, l'aménagement de la forêt feuillue exige d'avoir une intégration des activités de récolte entre les industries qui transforment des essences distinctes en différents produits. Or, l'intégration des activités de récolte s'est révélée difficile à réaliser en forêt feuillue et dans certaines régions. Une des raisons étant que les utilisateurs de résineux et de feuillus intolérants n'étaient pas disposés à payer le coût réel de la récolte des bois issus de coupes partielles réalisées par les utilisateurs de feuillus durs.

Au début des années 2000, le suivi des effets réels des coupes de jardinage a montré que le rendement forestier était d'environ 60 % de l'objectif. On observa aussi que le jardinage n'était pas toujours approprié dans les peuplements mélangés, appauvris ou aptes à des traitements sylvicoles mieux adaptés. Un plan d'amélioration de la pratique des coupes de jardinage a été mis en place (Meunier et coll. 2002; MRNFP 2002) :

- pour contrer le prélèvement des arbres les plus hauts renfermant plus de bois de qualité;
- pour contrer la surexploitation d'essences les plus recherchées appartenant à des classes de diamètre précises;
- pour contrer le peu d'effort consenti au dégagement des tiges d'avenir de plus faible diamètre.

En 2004, le secteur de l'industrie des feuillus durs était en crise. Depuis, pour pallier aux difficultés que traverse l'industrie forestière, des modalités d'intervention particulières ont été mises en place pour donner de la latitude aux entreprises dans la gestion de leurs approvisionnements en bois. Les superficies traitées en coupe de jardinage ont diminué considérablement pour faire place aux coupes progressives irrégulières.



Évolution des perturbations et du couvert forestier de 1970 à nos jours

Les données des quatre programmes d'inventaires forestiers qui se sont succédés depuis 1970 sont riches d'enseignements. Elles montrent l'évolution du couvert forestier de la forêt feuillue. La présente analyse a pour but d'exposer brièvement les faits et d'interpréter avec prudence les causes lorsque les tendances observées par l'analyse des données vont de pair avec les informations historiques rapportées dans le document « *Le portrait de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs au Québec : survol historique* » produit par le Bureau du forestier en chef en 2015.

Territoire cible

La forêt feuillue du domaine public occupe la majeure partie des domaines bioclimatiques de l'érablière à tilleul, de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau jaune. Le territoire cible pour l'analyse cartographique couvre les stations forestières⁶ ayant un bon potentiel de produire du bouleau jaune et de l'érable à sucre, soit une superficie de 6,54 Mha (tableau 1 et carte 1). Les stations forestières à bouleau jaune dominent nettement avec une couverture correspondant à 5,20 Mha soit plus de 79 % du territoire cible (figure 1). Les stations à érable à sucre occupent 1,34 Mha (21 %) et sont surtout représentées dans les domaines de l'érablière.

Tableau 1. Répartition des superficies par stations forestières et domaines bioclimatiques

Stations forestières	Domaines bioclimatiques			
	Érablière (ha)	Sapinière à bouleau jaune (ha)	Superficie totale	
			ha	%
Bouleau jaune	1 727 310	3 472 139	5 199 449	55
Érable à sucre	1 015 614	329 356	1 344 970	14
Territoire cible de la forêt feuillue	2 742 924	3 801 495	6 544 419	69
Bouleau blanc, peupliers et résineux	50 642	1 524 707	1 575 349	17
Pin blanc, pruche et thuya	251 125	228 057	479 182	5
Résineux : épinettes, mélèze, pin gris et sapin	240 410	550 498	790 907	8
Superficie totale	3 285 101	6 104 757	9 389 857	100

⁶ La station forestière regroupe les types écologiques dont les caractéristiques de croissance des essences, les contraintes sylvicoles et opérationnelles et la dynamique végétale sont suffisamment similaires pour appliquer le même scénario d'aménagement aux peuplements qu'elle supporte. À noter qu'en raison de son caractère permanent, le type écologique de la cartographie du 4^e inventaire a été retenu pour établir la correspondance entre le peuplement et la station forestière.

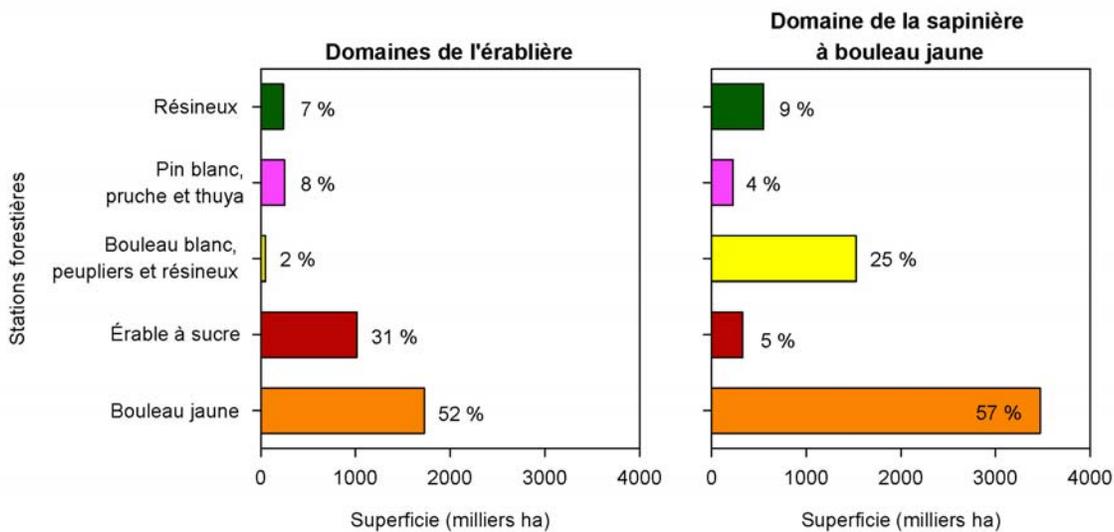
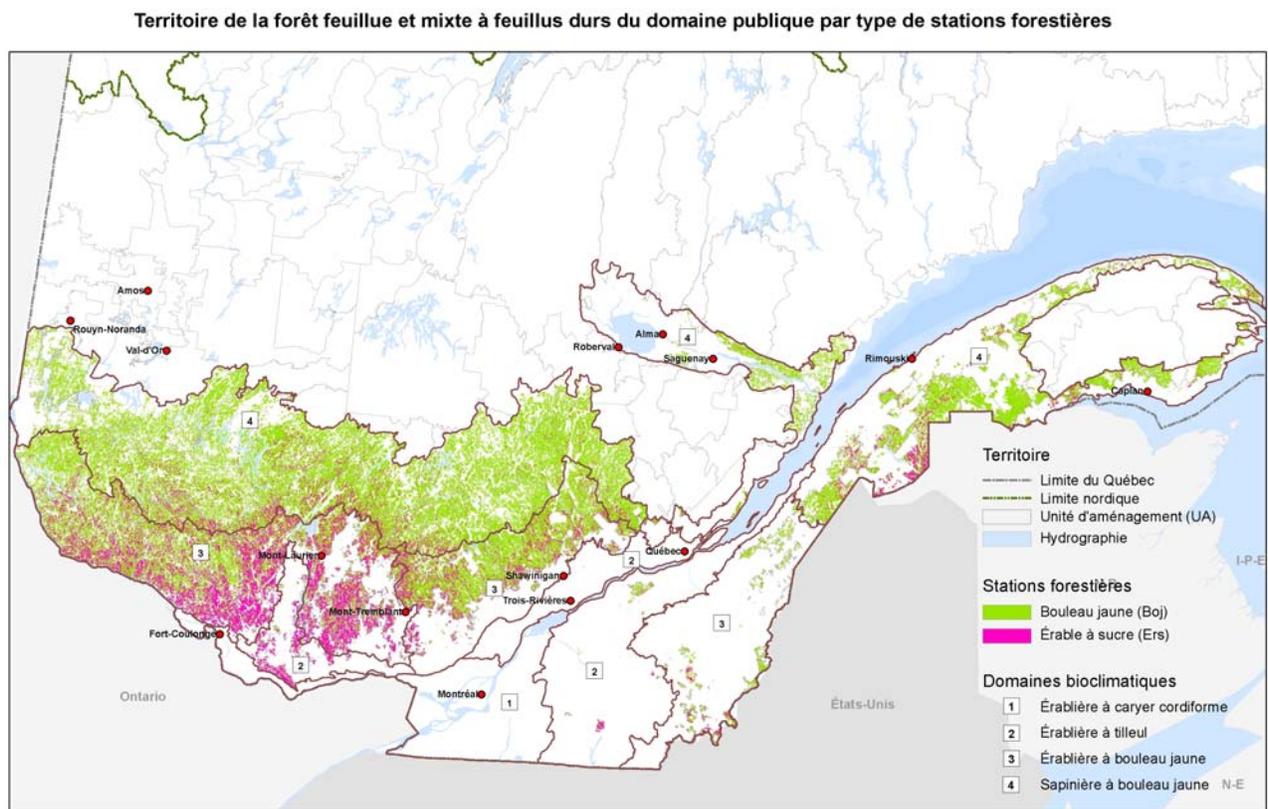


Figure 1. Répartition des stations forestières par domaine bioclimatique



Carte 1. Territoire de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs du domaine public par type de stations forestières

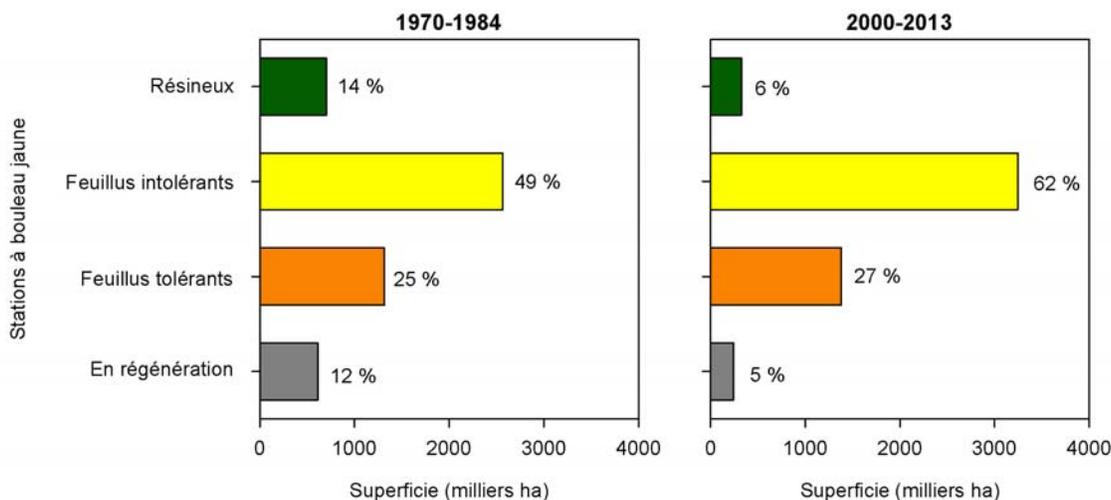
Stations à bouleau jaune

Le portrait de l'évolution des superficies par grand type de forêt sur les stations à bouleau jaune met en évidence l'envahissement des feuillus intolérants dès 1970 et qui s'est accentué depuis (figure 2). Les feuillus intolérants occupaient 2,57 Mha, soit 49 % de la couverture forestière. Le bouleau à papier et, dans une moindre mesure les peupliers, ont toujours été sous-exploités au Québec. La sous-utilisation des feuillus intolérants a été exacerbée à un point tel qu'au rythme actuel des coupes, les volumes disponibles risquent d'être affectés par les épidémies, le chablis ou la sénescence (Paillé et coll. 2007). Durant la période 2000-2013, ces peuplements couvraient 62 % des stations forestières à production de bouleau jaune, soit 3,25 Mha, une progression de 26 % en quarante ans.

Les superficies constituées de feuillus tolérants se sont maintenues dans le paysage forestier depuis 1970 (figure 2). Elles couvraient 1,32 Mha en 1970-1984, soit 25 % des stations à bouleau jaune pour légèrement augmenter à 1,38 Mha en 2000-2013 (27 %).

La proportion des stations à bouleau jaune occupées par les résineux n'a cessé de décroître, passant de 704 500 ha (14 %) à 325 500 ha (6 %) en quarante ans (figure 2). Une large part des sapinières touchées par l'épidémie de TBE de 1967-1992 ont été remplacées par les feuillus intolérants. Il semble que les efforts consentis dans les années 1980 pour convertir en plantation de résineux les superficies mal régénérées issues des coupes de forte intensité en forêt feuillue n'ont pas donné les résultats escomptés. Ces stations riches sont généralement envahies par l'érable à épis qui entrave sérieusement la régénération des conifères (MRN 2013a).

Les superficies en voie de régénération issues de perturbations sévères occupaient, au début des années 1970, 612 000 ha soit 12 % des stations à bouleau jaune (figure 2). Ces superficies ont diminué sensiblement et couvrent 245 000 ha (5 %) en 2000-2013. La progression observée des feuillus intolérants en quarante ans est expliquée en partie par la contribution des superficies en voie de régénération qui ont évolué vers ce type de forêt.



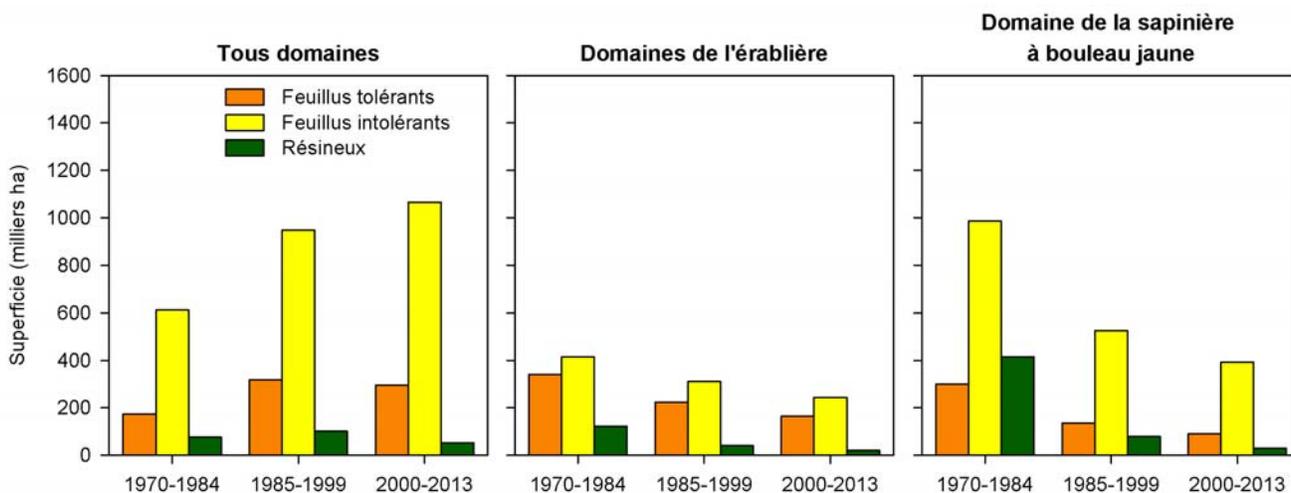
Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 2. Évolution des superficies par grand type de forêt sur les stations à bouleau jaune

Dans les stations à bouleau jaune apparemment intactes ou peu perturbées⁷ (sans perturbation), la figure 3a montre une présence importante de peuplements à dominance de feuillus intolérants dès le premier inventaire décennal (période 1970-1984). Tout près de 1,40 Mha de feuillus intolérants couvraient les stations à bouleau jaune à la première période, surtout concentrés dans la sapinière à bouleau jaune. Ces concentrations importantes de feuillus intolérants dans le paysage indiquent que des perturbations sévères ont eu cours dans le passé et qu'elles n'ont pas été détectées par la photo-interprétation lors du premier inventaire forestier. Puisque ces peuplements étaient jeunes ou matures en 1970 et que l'exploitation à grande échelle du bouleau jaune a vraiment pris son essor vers les années 1950, leur origine probable peut être attribuable aux grands feux de 1921-1923 et à l'épidémie de TBE de 1940-1958. Leur présence a diminué au cours des périodes suivantes à la suite de : (1) l'exploitation de ces peuplements pour le peuplier et leur portion résineuse ou (2) l'épidémie de TBE qui a affecté la partie résineuse des peuplements de feuillus intolérants.

Les superficies de feuillus tolérants « sans perturbation » occupaient 641 000 ha en 1970-1984, soit 49 % de l'ensemble des peuplements de feuillus tolérants (1,32 Mha) (figure 3a). À cette période, la répartition des superficies entre les domaines était similaire avec 341 500 ha (51 %) dans les domaines de l'érablière et 299 900 ha (46 %) dans la sapinière à bouleau jaune. En 2000-2013, les feuillus tolérants occupaient 256 800 ha, soit une diminution de 60 % depuis la première période. La diminution est davantage observée dans la sapinière à bouleau jaune avec une superficie résiduelle de 90 900 ha et une baisse de 70 % pour ce domaine.

La diminution rapide des superficies « sans perturbation » des peuplements résineux entre la première période et 1985-1999 est expliquée par l'épidémie de TBE qui a sévi et par la récolte des peuplements matures et vulnérables (figure 3a). Les résineux couvraient 539 000 ha à la première période ce qui représente 79 % de l'ensemble des peuplements résineux à cette période (704 500 ha). En 2000-2013, la superficie des résineux « sans perturbation » n'était que de 50 000 ha, soit une baisse de 91 % depuis la première période.

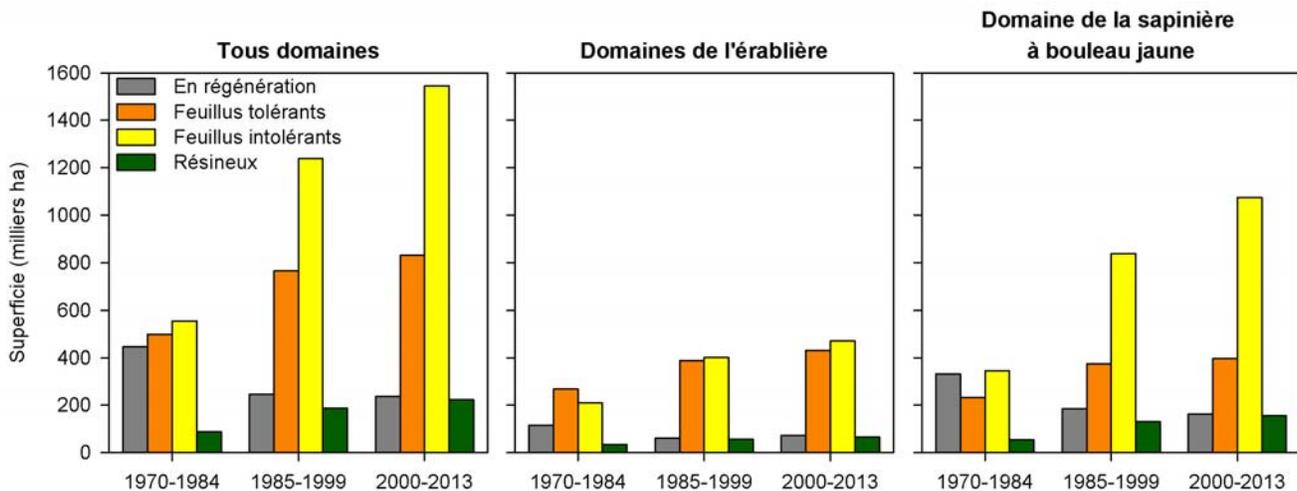


Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 3a. Évolution de la superficie « Sans perturbation » par type de forêt sur les stations forestières à bouleau jaune

⁷ À l'étape de la photo-interprétation lors des inventaires forestiers, un peuplement forestier est reconnu perturbé si la mortalité ou la récolte des arbres affecte plus de 25 % de la surface terrière.

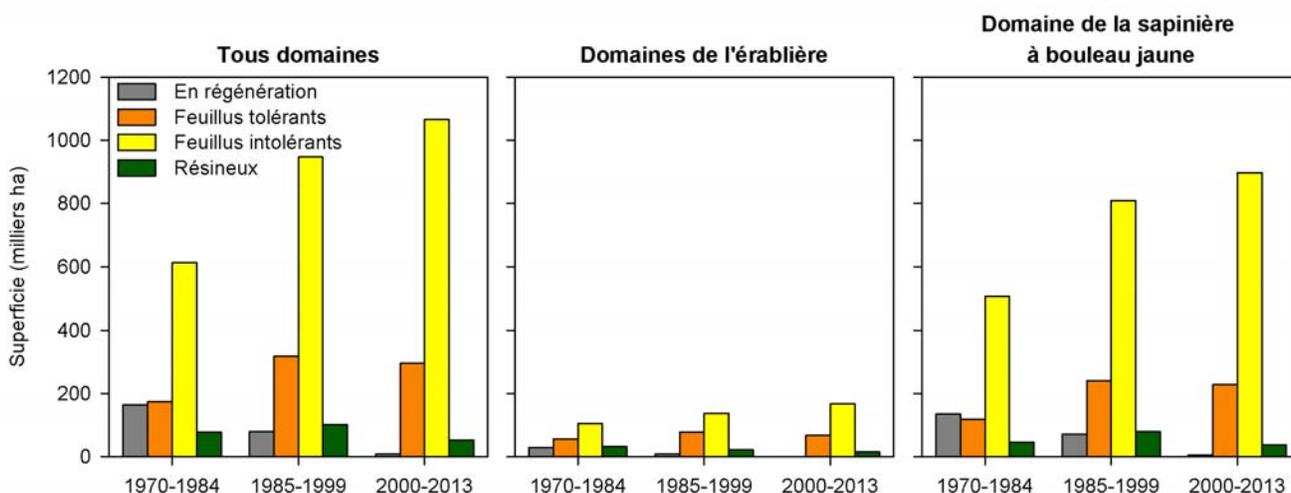
La superficie « exploitée » était de l'ordre de 1,59 Mha dès la période de 1970-1984 (figure 3b). Elle a progressé rapidement à 2,44 Mha au cours de la seconde période pour atteindre 2,83 Mha à la période de 2000-2013. On observe un envahissement important des feuillus intolérants en quarante ans. La superficie occupée par ceux-ci passe de 556 000 ha ou 35 % de la superficie totale exploitée en 1970-1984 à 1,55 Mha (55 %) à la période 2000-2013. Ce phénomène d'enfeuillement est plus accentué dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune où les feuillus intolérants occupaient 36 % des superficies exploitées (346 000 ha) en 1970-1984 pour atteindre 60 % (1,07 Mha) à la dernière période. Cette accentuation de l'enfeuillement se produisait au détriment des feuillus tolérants particulièrement aux deux dernières périodes.



Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 3b. Évolution de la superficie « Exploitée » par type de forêt sur les stations forestières à bouleau jaune

Les effets des perturbations naturelles sur les stations à bouleau jaune ont été plus marquants dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune que dans les domaines de l'érablière (figure 3c). Dans les domaines de l'érablière, la superficie affectée est relativement stable, passant de 222 000 ha dans la première période à 253 000 ha en 2000-2013. La superficie perturbée dans la sapinière à bouleau jaune était de l'ordre de 807 000 ha pour la période 1970-1984. Elle a progressé pour atteindre 1,2 Mha au cours de la période de 1985-1999, reflétant la mortalité cumulative du sapin baumier qui est attribuable à l'épidémie de TBE. Au début de l'épidémie, en 1970, l'occupation des conifères était plus importante, de sorte qu'au cours de la période de 1970-1984, il y a eu une plus forte proportion de peuplements mélangés où les sapins ont été décimés. Par conséquent, la superficie des feuillus intolérants a augmenté. La superficie de feuillus tolérants a évolué de façon similaire, l'épidémie de TBE laissant toutefois des peuplements de faible densité et généralement mal régénérés en essences recherchées. Depuis lors, la situation est demeurée stable partout au cours des deux dernières périodes, attestant la fin de l'épidémie.



Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

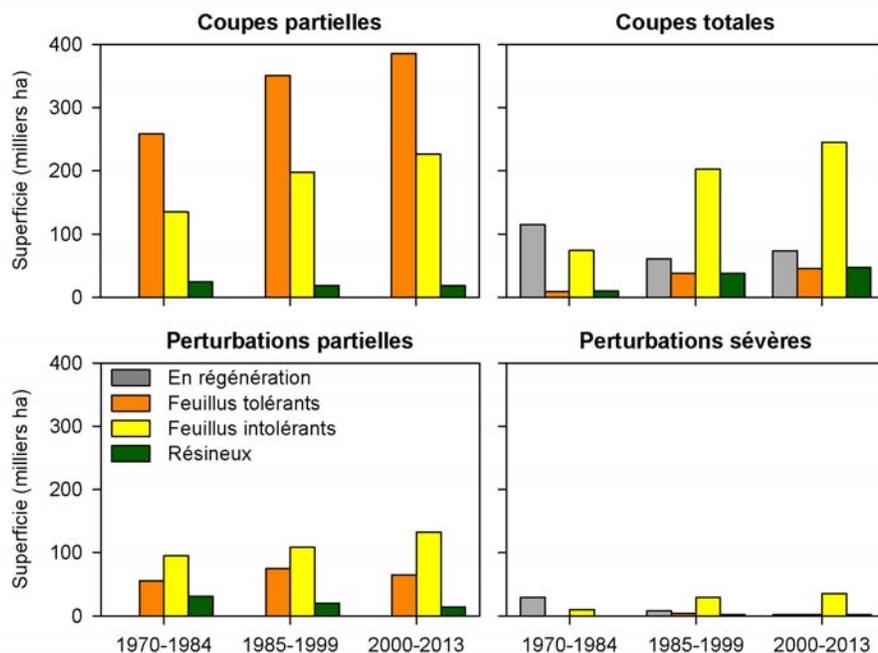
Figure 3c. Évolution de la superficie « Perturbation naturelle » par type de forêt sur les stations forestières à bouleau jaune





Photo 4. Station à bouleau jaune peu perturbée du domaine de la sapinière à bouleau jaune offrant un fort potentiel de production de bois d'œuvre de haute valeur (photo PP)

Les coupes partielles dans les stations à bouleau jaune des domaines de l'érablière ont touché près de 50 % des superficies perturbées, supplantant largement celles générées par les coupes totales et les perturbations naturelles (figure 4a). Jusqu'à 1993, les coupes à diamètre limite ont laissé à la fois des peuplements de feuillus tolérants appauvris et insuffisamment régénérés en bouleau jaune, de même que des peuplements dominés par les essences intolérantes qui se sont perpétuées dans le temps.



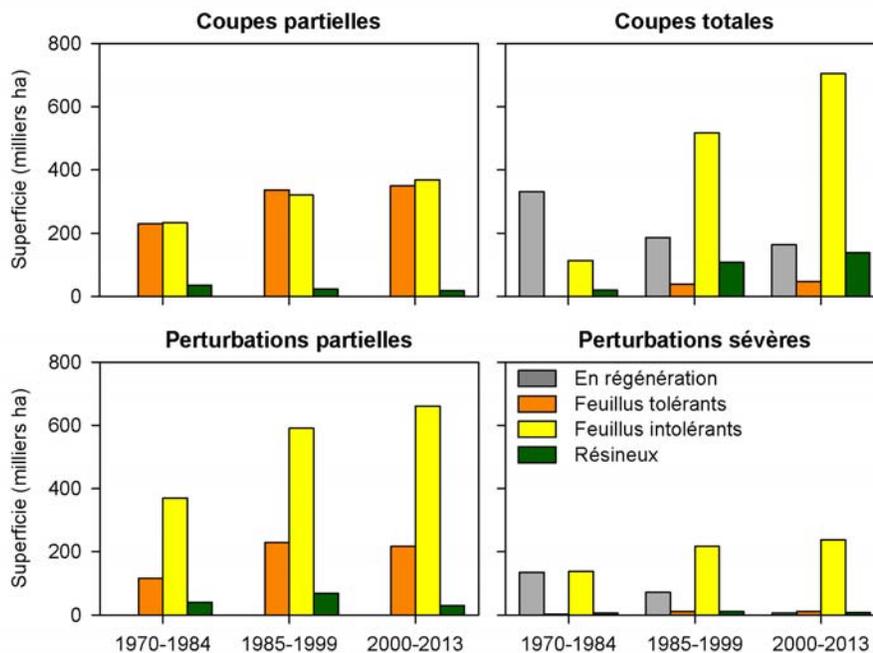
Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 4a. Évolution des superficies selon l'origine des perturbations sur les stations forestières à bouleau jaune des domaines de l'érablière



Photo 5. Fourré d'érables à épis bloquant l'établissement des essences commerciales après une coupe partielle de forte intensité (photo GL)

Dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune, les perturbations naturelles et les coupes totales sont les principaux agents de renouvellement du couvert forestier (figure 4b). Les coupes partielles ne représentent que 25 % des superficies perturbées. L'importance des superficies en voie de régénération indique que les perturbations de forte intensité (naturelles et anthropiques) dans les stations les plus fertiles ont engendré des taillis denses d'érable à épis retardant pendant plusieurs décennies le retour d'essences commerciales, résineuses ou feuillues.



Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 4b. Évolution des superficies selon l'origine des perturbations sur les stations forestières à bouleau jaune du domaine de la sapinière à bouleau jaune



Les figures 4a et 4b illustrent de manière éloquentes le maintien des feuillus tolérants dans le paysage et l'envahissement des feuillus intolérants résultant des perturbations partielles et totales sur les stations forestières à bouleau jaune.

- Le maintien des feuillus tolérants dans le paysage

Une forte proportion des superficies issues de coupes partielles (CDL et de coupe de jardinage) ont maintenu une dominance de feuillus tolérants (figures 4a-b). Dans les domaines de l'érablière, les coupes partielles effectuées en hiver dans les peuplements feuillus ont favorisé les essences tolérantes, comme l'érable à sucre et le hêtre au détriment du bouleau jaune (Boivin 1973). Ce phénomène a été documenté : la substitution des peuplements mélangés par les feuillus tolérants découle de la coupe à diamètre limite du bouleau jaune et de l'envahissement de l'érable à sucre et du hêtre, surtout dans le bas des pentes et sur les sommets (Nolet et coll. 2001; Bouffard et coll. 2003).

L'érable à sucre et le hêtre sont souvent enclin à se régénérer vigoureusement après une coupe totale dans les peuplements de feuillus tolérants occupant les bons sites⁸ (Brisson et coll. 1988). Toutefois, les superficies maintenues en feuillus tolérants demeurent faibles. Il est possible aussi de régénérer en bouleau jaune les parterres issus de coupe totale, mais généralement, cette espèce est supplantée par une cohorte de bouleau à papier croissant rapidement dans les premiers stades de développement. L'omniprésence du bouleau à papier, surtout dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest, apparaît de nos jours comme une évidence expliquée par les perturbations du passé (Saucier et coll., 2001, MFFP).

Les superficies touchées par l'épidémie de TBE conservent leur composante de feuillus tolérants mais laissent toutefois des peuplements de faible densité et généralement mal régénérés en essences recherchées.

- L'envahissement des feuillus intolérants

Les CDL dans les stations à bouleau jaune des domaines de l'érablière sont aussi à l'origine de peuplements de feuillus intolérants qui totalisaient 135 600 ha à la période 1970-1984, dont une bonne partie s'est perpétuée aux cours des périodes subséquentes (figure 4a). Les superficies en régénération et issues de coupes totales représentaient plus de 115 000 ha à la première période. Elles se sont, pour la plupart, régénérées en feuillus intolérants qui ont progressé par la suite pour atteindre 245 000 ha, en 2000-2013.

L'envahissement des feuillus intolérants est plus marqué dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune surtout à la suite des coupes totales (figure 4b). En termes de superficies, les feuillus intolérants ont septuplé depuis quarante ans passant de 113 000 ha, à la première période, à 705 000 ha en 2000-2013. À ce sujet, Saucier et coll. (2001, MFFP) ont observé les mêmes phénomènes d'enfeuillement. Cet envahissement est inévitable dans les forêts ravagées par le feu, les épidémies de TBE ou les coupes de forte intensité surtout sur les stations forestières à bouleau jaune. Après la coupe, les forêts mixtes ont remplacé les forêts résineuses primitives et les forêts mixtes d'origine sont devenues des forêts feuillues dominées par les espèces intolérantes (MTF 1910; MacLean 1949). Cette tendance a été confirmée par des études récentes dans les secteurs des Hautes-Laurentides (Nolet et coll. 2001), des Basses-Laurentides (Bouffard et coll. 2003) et dans le Bas-Saint-Laurent (Boucher et coll. 2006). Les superficies en régénération ont formé pour la plupart des peuplements de feuillus intolérants qui se sont maintenus au cours des périodes subséquentes.

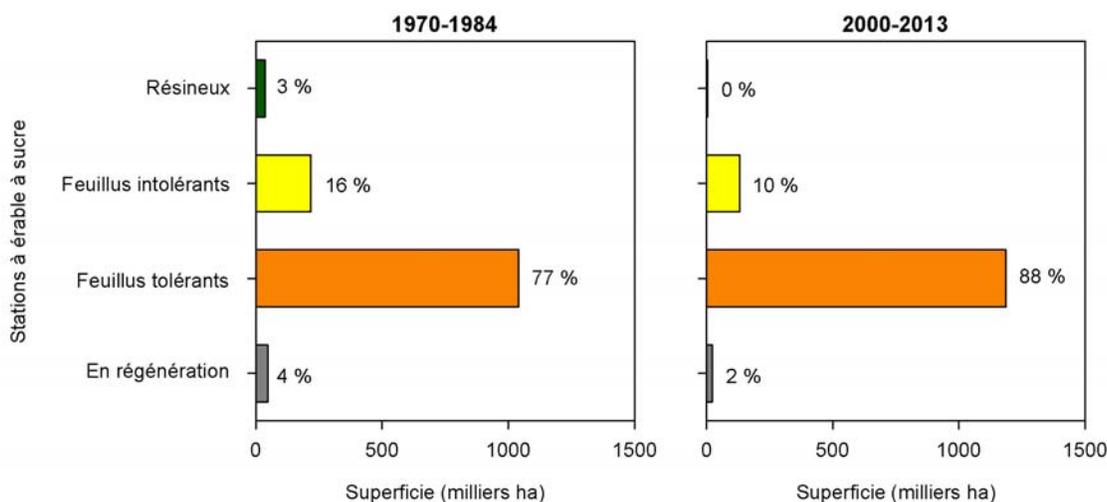
⁸ Tout particulièrement sur les sites mésiques, soit ceux qui ne sont ni très humides (hydriques) ni très secs (xériques).

Stations à érable à sucre

Les stations à érable à sucre sont dominées par les feuillus tolérants et les effets des coupes partielles ont favorisé leur expansion depuis 1970-1984 (figure 5). Au Québec⁹, le taux de progression depuis est de l'ordre de 14 %, passant de 1,04 Mha en 1970 à 1,19 Mha en 2013. La CDL a entraîné un effet similaire dans les forêts feuillues de l'ouest du Québec, avec une augmentation des volumes d'érable rouge et d'érable à sucre au détriment du bouleau jaune (Allard et Gauthier 2009; Doyon et Bouffard 2009b). L'envahissement du hêtre à grandes feuilles a commencé à se faire sentir au début des années 1970 (Duchesne et Ouimet 2009). Ce phénomène relativement nouveau serait exacerbé par les effets de la pollution industrielle résultant de l'interaction entre la richesse du sol et les dépôts acides (Duchesne et coll. 2002). De nos jours, on estime que 63 % des érablières de l'Outaouais sont en phase d'envahissement par le hêtre à grandes feuilles (Doyon 2003).

Lors de la période 1970-1984, il y avait 218 000 ha de peuplements de feuillus intolérants sur les stations à érable à sucre (figure 5). Leurs superficies ont diminué à 131 000 ha en 2000-2013. Ce constat nous rappelle un fait historique important. En effet, il y avait déjà un surplus apparent de bois de feuillus de trituration et de bois de sciage d'essences feuillues peu demandées, tels les peupliers et le bouleau à papier au cours de la période de 1950 à 1970. Comme ce problème est encore d'actualité, il est probable qu'une partie des aires de feuillus intolérants à faible longévité, comme le peuplier, n'ait pas été coupée et que les peupleraies matures aient lentement évolué vers des peuplements de transition dominés par les feuillus tolérants ou semi-tolérants.

Les résineux ont à peu près disparu du paysage au cours des 40 dernières années sur les stations à érable à sucre (figure 5). Il est reconnu que dans le domaine bioclimatique des érablières, la coupe des résineux a laissé la place aux essences intolérantes comme le bouleau gris, le bouleau à papier, les peupliers, les cerisiers et l'érable rouge (Thibault et coll. 1983). Ailleurs dans le sud-ouest du Québec, les épidémies de TBE et la coupe du sapin en perdition ont certes accéléré la diminution des superficies occupées par les résineux surtout dans les années 1970, et plus tard dans les années 1990.



Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 5. Évolution des superficies par type de forêt sur les stations à érable à sucre

⁹ À l'échelle de l'Amérique du Nord, ce phénomène est encore plus marqué sur l'ensemble de l'aire de distribution de l'érable à sucre. Les superficies en feuillus tolérants ont augmenté de 13 à 19 Mha (130 000 à 190 000 km²), de 1963 à 1992, soit une augmentation d'environ 30 % attribuable en partie à la reforestation naturelle des terres agricoles abandonnées (Nyland 1999) par le frêne et l'érable notamment.



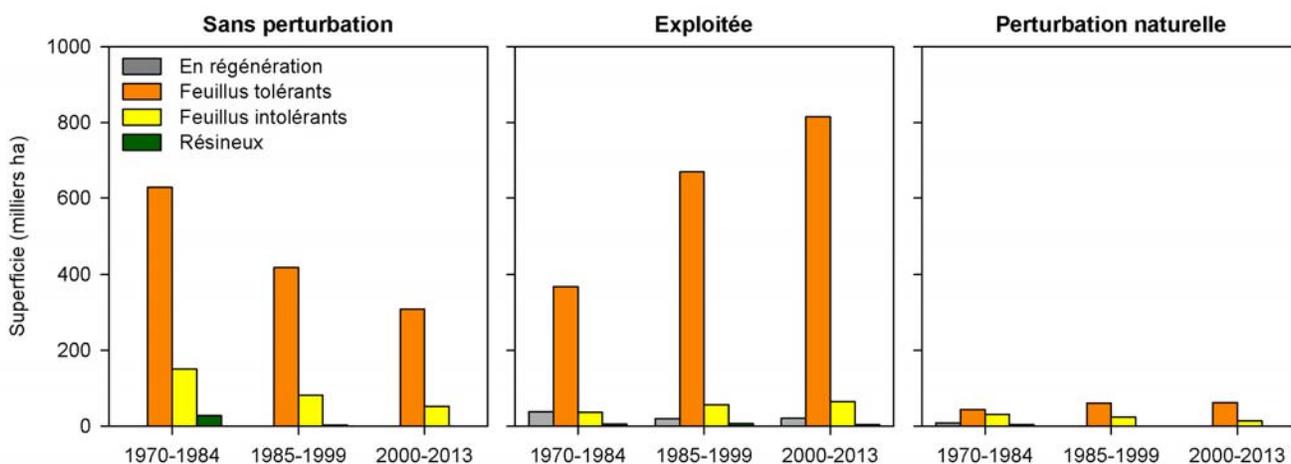
Le portrait de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs au Québec - Perturbations

Pour la période 1970-1984, les superficies apparemment intactes ou peu perturbées de forêt de feuillus tolérants occupaient 628 500 ha, soit 60 % des feuillus tolérants du territoire cible (figure 6). En 2000-2013, ces superficies représentaient 308 500 ha (26 %). Dans une moindre mesure que dans les stations à bouleau jaune, les peuplements dominés par les feuillus intolérants occupent une partie significative des superficies dites sans perturbation sur les stations à érable à sucre (figure 6).

Le taux de progression des superficies exploitées sur les stations à érable à sucre (figure 6) est comparable à celui observé sur les stations à bouleau jaune (voir la figure 3b). La superficie de ces sites exploités a augmenté sensiblement, passant de 449 000 ha au cours de la première période à 752 000 ha à la deuxième période, puis à près de 906 000 ha en 2000-2013. L'écart plus faible des superficies traitées entre les deux dernières périodes reflète en partie la baisse des activités forestières en forêt feuillue. Le phénomène de l'envahissement par les feuillus intolérants est beaucoup moins présent sur les stations à érable à sucre.

Les superficies touchées par les perturbations naturelles sur les stations à érable à sucre ont été moins importantes que celles survenues sur les stations à bouleau jaune (voir figures 3c). Depuis quarante ans, les superficies naturellement perturbées ont toujours été inférieures à 90 000 ha (figure 6). Les faibles variations d'une période à l'autre montrent que :

- Les impacts sur le paysage des grands feux du début du 20^e siècle ont été grandement atténués avec le temps. De plus, depuis les années 1960, les feux sont pratiquement inexistants en raison de l'efficacité du programme de prévention et de lutte contre les feux de forêt.
- Les effets de l'épidémie de la TBE sont faiblement perceptibles principalement parce que le sapin est peu représenté dans les stations à érable à sucre. Dans le passé, l'industrie des pâtes et papiers a consommé une bonne part du volume de sapin dans les peuplements les plus accessibles de la forêt feuillue.
- Les perturbations naturelles de forte intensité dans les domaines bioclimatiques de l'érablière, comme le chablis ou le verglas, sont rares et couvrent généralement de petites superficies.



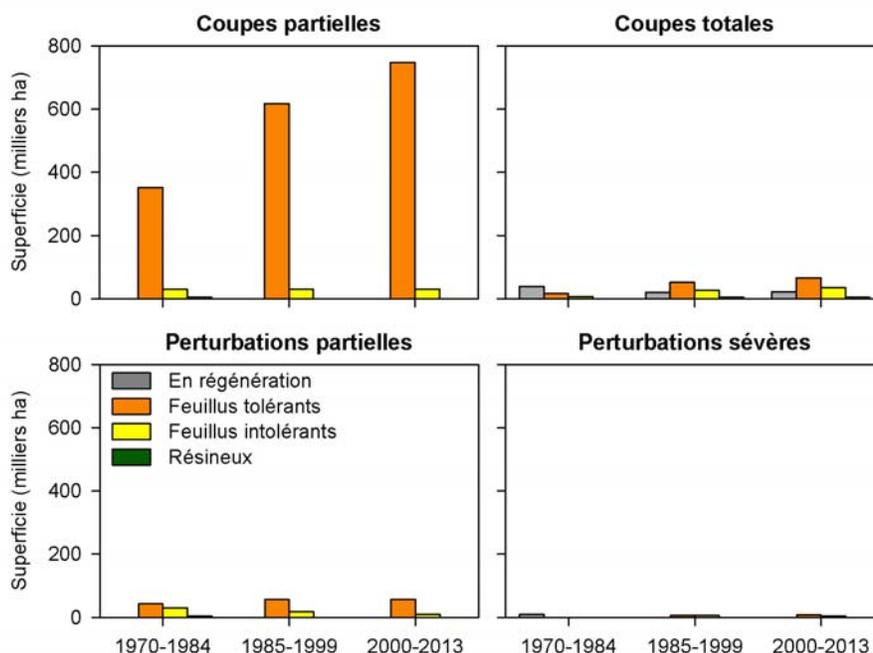
Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 6. Évolution des superficies par grand type de perturbation sur les stations à érable à sucre

La figure 7 montre que les coupes partielles dominent nettement sur les stations forestières à érable à sucre. Elles représentent près de 80 % des superficies comparativement aux autres perturbations. Depuis 40 ans, les coupes totales y sont moins importantes tout autant que les perturbations naturelles.

Les coupes partielles ont surtout favorisé la croissance de feuillus tolérants au détriment des feuillus intolérants inaptes à croître pleinement, sous un couvert partiel. La régénération préétablie en feuillus tolérants, comme le hêtre à grandes feuilles et l'érable à sucre, profite grandement d'un apport supplémentaire de lumière sous un couvert partiel atteignant le sol pour stimuler leur croissance en hauteur. Les coupes partielles concourent au maintien, voire à l'augmentation progressive, des peuplements dominés par les feuillus tolérants.

L'envahissement des feuillus intolérants n'est pas un problème important même dans les aires traitées en coupe totale puisqu'une plus forte proportion des superficies se maintient en feuillus tolérants. Toutefois, les coupes totales favorisent les essences non commerciales, comme le cerisier de Pennsylvanie, l'érable à épis et les framboisiers ou encore, l'établissement de bétulaies blanches ou de peupleraies (Thibault et coll. 1983).



Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 7. Évolution des superficies par type de forêts selon l'origine des perturbations sur les stations à érable à sucre

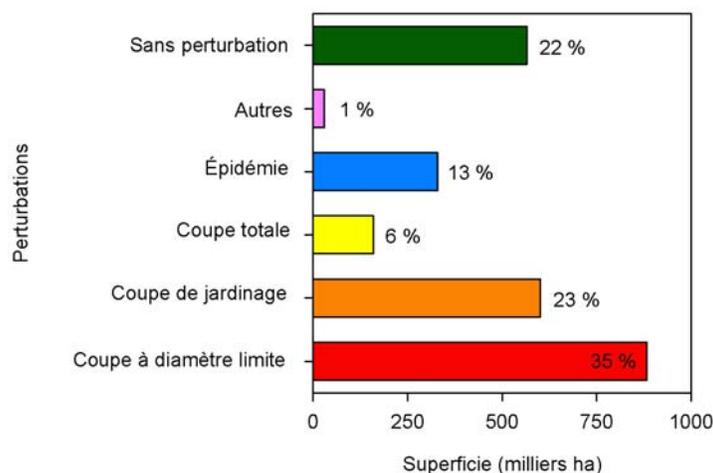


Synthèse du portrait des peuplements de feuillus tolérants en 2013

Dans cette section, une synthèse de l'analyse cartographique des peuplements de feuillus tolérants est présentée afin de porter une appréciation du potentiel qu'ils offrent pour l'avenir. Une étape de caractérisation, en volume par essence et qualité, sera produite à l'hiver 2015 et permettra de compléter le profil actuel. Une meilleure connaissance sur le morcellement, l'accessibilité, la composition forestière et la qualité des tiges des peuplements forestiers issus de chaque type de perturbation permettra d'orienter les décisions à venir en matière d'aménagement forestier durable.

En résumé, pour les peuplements composés de feuillus tolérants à la période 2000-2013 (figure 8) :

- la superficie apparemment sans perturbation occupe 565 200 ha (22 %);
- une partie importante est issue d'une récolte par coupe à diamètre limite, 882 500 ha (35 %), et par coupe de jardinage, 601 100 ha (23 %);
- une superficie de 159 800 ha (6 %) origine de coupes totales;
- et une superficie de 329 100 ha (13 %) a été affectée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette.



Source : Direction des inventaires forestiers, MFFP

Figure 8. Les peuplements de feuillus tolérants à la période 2000-2013, répartition des superficies perturbées

Conclusion

Ce document a abordé les effets des grandes perturbations naturelles et de l'intensité des coupes sur la dynamique forestière à l'échelle de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs avec une référence particulière aux stations forestières à bouleau jaune et à érable à sucre, situées dans les domaines bioclimatiques de l'érablière et de la sapinière à bouleau jaune. Au cours des quarante dernières années, la forêt feuillue et mixte à feuillus durs du domaine de l'État a connu une intensification de son exploitation pour combler la demande en bois d'oeuvre, mais aussi pour tirer bénéfice des multiples usages de la forêt et ainsi accroître les retombées socio-économiques régionales.

Les perturbations naturelles et les coupes forestières se sont succédées pour façonner le couvert forestier tel qu'on le voit de nos jours et dont l'évolution dans notre passé récent est révélé grâce aux données des inventaires forestiers. À cet égard, la première période 1970-1984 révèle qu'une partie importante de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs était perturbée par des événements naturels et par les exploitations du passé.

De 1950 à 1993, la coupe à diamètre limite (CDL) demeure le principal procédé de récolte en forêt feuillue. L'application systématique de la CDL sur une base d'aménagement extensif de la forêt a eu des conséquences dont les effets à long terme se font sentir dans les peuplements les plus perturbés. Les peuplements d'origine ont subi un écrémage entraînant la surexploitation des plus beaux arbres ainsi qu'un appauvrissement sur le plan de la qualité et de la composition. Des études sur les effets de la CDL montrent qu'il n'est pas possible de refaire une coupe commerciale avant au moins 40 ans, voire même le temps d'une révolution (100-140 ans). La CDL a été par la suite remplacée par la coupe de jardinage de 1994-2004. En 2000, un bilan de la coupe de jardinage a été produit et il en ressortait que les rendements réels mesurés se situent en deçà des attentes. En 2004, le secteur de l'industrie des feuillus durs était en crise. Depuis, pour pallier aux difficultés que traverse ce secteur, des modalités d'intervention particulières ont été mises en place pour donner de la latitude aux entreprises dans la gestion de leurs approvisionnements en bois. Les superficies traitées en coupe de jardinage ont diminué considérablement pour faire place aux coupes progressives irrégulières.

Le portrait de l'évolution des superficies par grand type de forêt sur les stations à bouleau jaune met en évidence l'envahissement des feuillus intolérants dès 1970 et qui s'est accentué depuis. Durant la période 2000-2013, ces peuplements couvraient 62 % des stations à bouleau jaune, soit 3,25 Mha, pour une progression de 26 % en quarante ans. Les forêts constituées de feuillus tolérants se sont maintenues dans le paysage forestier avec un taux d'occupation autour de 25 %. La proportion des stations à bouleau jaune occupées par les résineux n'a cessé de décroître, passant de 704 500 ha (14 %) à 325 500 ha (6 %) en quarante ans.

Les stations à érable à sucre sont nettement dominées par les feuillus tolérants. La progression constante des superficies de feuillus tolérants de 1970 à 2013 est attribuable aux coupes partielles totalisant, en 2013, 80 % des superficies perturbées. La progression est de l'ordre de 14 % en quarante ans. Les feuillus intolérants ont vu leur représentativité diminuer au cours de la même période.

En 2000-2013, les peuplements constitués de feuillus tolérants et apparemment non perturbés occupaient 565 200 ha, soit 22 % de ce type de forêt. Principalement exploités par coupes partielles, les peuplements actuels sont issus de la CDL pour 36 % (882 500 ha) des superficies et de la coupe de jardinage pour 23 % (601 100 ha). La superficie résiduelle a été exploitée par coupe totale pour 6 % (159 800 ha) et affectée par l'épidémie de TBE pour 13 % (329 100 ha).

Un document subséquent, qui sera produit à l'hiver 2015, sur la caractérisation, en volume par essence et qualité, de l'état actuel de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs permettra de compléter le portrait.



Bibliographie

- Allard, É. et P. Gauthier (2009).** *Effets des perturbations sur le territoire de la concession MacLaren*, Service de l'innovation et de l'expérimentation de la Coopérative forestière des Hautes-Laurentides. Projet Le Bourdon. 67 p.
- Archambault, L., C. Delisle, G. R. Laroque et coll. (2006).** « Fifty years of forest dynamics following diameter-limit cuttings in balsam fir-yellow birch stands of the Lower St. Lawrence region, Quebec », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 36, p. 2745-2755.
- BFEC (2007).** Portrait des forêts feuillues et mixtes à feuillus durs du Québec. Fiche thématique. Bureau du forestier en chef. 9 p.
- Blanchet, P. (2003).** *Feux de forêts - L'histoire d'une guerre*, Éditions Trait d'union, Montréal, Québec. 183 p.
- Boivin, J.-L. (1971).** « Étude de la régénération après coupe rase dans des peuplements feuillus et mélangés de l'ouest québécois », *The Forestry Chronicle*, vol. 47, n° 2, p. 82-85.
- Boivin, J.-L. (1973).** *Étude de la régénération après une coupe à diamètre limite*, gouvernement du Québec, ministère des Terres et Forêts, Service des plans d'aménagement. 67 p.
- Boivin, J.-L. et D. Lafrance (1978).** *Les feuillus du Québec - 1. La ressource*, gouvernement du Québec, ministère des Terres et Forêts, COGEF, Sainte-Foy, Québec, 201 p.
- Boucher, Y., D. Arseneault et L. Sirois (2006).** « Logging-induced change (1930-2002) of a preindustrial landscape at the northern range limit of northern hardwood, eastern Canada », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 36, p. 505-517.
- Bouffard, D., F. Doyon et É. Forget (2003).** *Historique et dynamisme écologique de la végétation forestière de la réserve faunique Rouge-Matawin, de 1930 à nos jours*, Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Québec, 75 p. + annexes
- Boulet, B. (2001).** « Rétrospective - Les enseignements de la dernière épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette », dans Ressources naturelles Canada (éd.), *La Tordeuse des bourgeons de l'épinette : l'appriivoiser dans nos stratégies d'aménagement*, Shawinigan, Québec, 27-29 mars 2001, p. 3-13. (Actes du Colloque ; Fo18-48/2001F).
- Boulet, B. (2007).** *Défauts et indices de la carie des arbres - Guide d'interprétation*, 2^e édition, Les Publications du Québec, Québec, 317 p.
- Boulet, B. (2014).** *La carie des arbres : fondements, diagnostic et application*, 3^e édition, Les Publications du Québec, Québec, sous presse.
- Brisson, J., Y. Bergeron et A. Bouchard (1988).** « Les successions secondaires sur sites mésiques dans le Haut-Saint-Laurent, Québec, Canada », *Canadian Journal of Botany*, vol. 66, p. 1192-1203.
- Brown, J.-L. (1994).** *Essais de différentes intensités d'éclaircie dans des pinèdes d'âges multiples situées dans la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien, circonscription de Pontiac, Québec*, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Sainte-Foy, Québec, 68 p. + annexes (Mémoire de recherche forestière ; n° 110).
- Doucet, R. et L. Blais (2000).** Comparative growth of balsam fir and black spruce advance regeneration after logging. *Journal of Sustainable Forestry*, vol. 10, n° 3-4, p. 235-239.
- Doyon, F. (2003).** *L'envahissement par le hêtre dans les érablières de l'Outaouais : phénomène fantôme ou glissement de balancier ?* Institut québécois d'Aménagement de la forêt Feuillue et Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire, Ripon, Québec, 18 p.
- Doyon, F., R. Duchesneau, D. Bouffard et B. Harvey (2007).** *Caractérisation du taux de prélèvement de vieilles coupes à diamètre limite (CDL) entre 1960 et 1990 au sud du Témiscamingue, Québec*, Rapport de Volet I, IQAFF et Chaire industrielle CRSNG-UQAT-UQAM, Ripon, Rouyn-Noranda, Québec, 21 p.
- Doyon, F. et D. Bouffard (2009a).** *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*. Québec, IQAFF, Ripon, Québec, 63 p. (Rapport pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts).

- Doyon, F. et D. Bouffard (2009b).** *Reconstitution historique du dynamisme du paysage forestier de l'UAF 64-51 au cours du 20^e siècle*, Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Québec, 84 p. + Annexes. (Rapport technique).
- Drinkwater, M. H. (1957).** *The tolerant hardwood forest of Northern Nova Scotia*, Department of Northern Affairs and National Resources, Forestry Branch, Forest Research Division, 18 p. (Technical Note ; n° 57).
- Duchesne, L. et R. Ouimet (2009).** « Present-day expansion of American beech in northeastern hardwood forests : Does soil base status matter ? », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 39, n° 12, p. 2273-2282.
- Duchesne, L., R. Ouimet et D. Houle (2002).** « Basal Area Growth of Sugar Maple in Relation to Acid Deposition, Stand Health, and Soil Nutrients », *Journal of Environmental Quality*, vol. 31, p. 1676-1683.
- Gagnon, R. R. et M. Chabot (1988).** « Un système d'évaluation de la vulnérabilité des peuplements à la tordeuse des bourgeons de l'épinette : ses fondements, son implantation et son utilisation en aménagement forestier » *L'Aubelle*, Octobre-Novembre, p. 7-14.
- Godbout, C. (2008).** Longévité du bouleau à papier au Témiscamingue. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, Note de recherche ; n° 133, 10 p.
- Hawley, G., D. DeHayes, P. Schaberg et J. Brissette (2006).** « Genetic Effects of Diameter-Limit Cutting », dans Kenefic, L. S. et R. D. Nyland (ed.), *Proceedings of the Conference on diameter-limit cutting in northeastern forests*, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. p. 41-42. (General Technical Report ; n° NE-342).
- Huot, M. et F. Savard (2001).** *Résultats de 15 ans de l'éclaircie précommerciale dans l'érablière à bouleau jaune à Duchesnay, Québec*, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche n° 113.
- Kenefic, L. S. et R. D. Nyland (2005).** *Diameter-limit cutting and silviculture in northeastern forests : a primer for landowners, practitioners, and policymakers*, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry (Publication n° NA-TP-02-05).
- Langelier, J. C. (1908).** *Richesse forestière de la Province de Québec*. Association forestière canadienne (éd.), 59 p.
- Leavitt, C. (1915).** *Protection des forêts au Canada - 1913-1914*, Commission de la conservation, Comité des forêts du Canada, Ottawa, 337 p.
- Lessard, G., G. van der Kelen, P. Gauthier et coll. (2005).** *Détermination des paramètres des forêts aptes au régime du jardinage (phase 1)*. CERFO, Sainte-Foy, Québec, 156 p. (Rapport 2005-04).
- Lortie, M. (1979).** *Arbres, forêts et perturbations naturelles au Québec*, Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, Québec, 172 p.
- MacLean, D. W. (1949).** *Improvement cutting in tolerant hardwoods*, Canada Department of Mines and Resources, Dominion Forest Service, 19 p. (Silvicultural Research Note ; n° 95).
- Meunier, S., A. Patry, G. Lessard et D. Blouin (2002).** *Projet d'amélioration des travaux de jardinage réalisés sur terres publiques*, CERFO, Sainte-Foy, Québec, 69 p. (Rapport final).
- Ministère de l'Énergie et des Ressources (1983).** *Le secteur forestier - Bilan et perspectives*, gouvernement du Québec, 98 p. + Annexes.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources (1987).** *La régénération des essences feuillues de qualité*, Hull 16-17 septembre 1987, gouvernement du Québec, Direction de la recherche et développement, Service du transfert de technologie, 164 p. (Comptes rendus du colloque).
- Ministère des Ressources naturelles (2013a).** *Le guide sylvicole du Québec, Tome 1. Les fondements biologiques de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot, Les Publications du Québec, 1144 p.
- Ministère des Ressources naturelles (2013b).** *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, 744 p.
- Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (2002).** *Plan d'action pour l'amélioration de l'aménagement des forêts feuillues du domaine de l'État*, MRNFP, Bureau des sous-ministres associés aux



forêts. 6 p. (Document interne).

- Ministère des Terres et Forêts (1910).** *Rapport du Ministre des Terres et Forêts de la Province de Québec pour les douze mois expirés le 30 juin 1909*, Imprimé à Québec. + Appendice n° 20 (Premier rapport annuel du chef du Service forestier, C.-G. Piché, ing.f.).
- Ministère des Terres et Forêts (1921-1980).** *Répertoire des publications gouvernementales du Québec*. Rapports annuels, Gouvernement du Québec.
- Nolet, P. et coll. (2001).** *Reconstitution historique du dynamisme du paysage forestier du bassin de la Lièvre au cours du 20^{ème} siècle*, Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Québec, 113 p.
- Nyland, R. D. (1986).** « Logging damage during thinning in even-aged hardwood stands. » dans H. C. Smith et M. C. Eye (ed.), *Managing immature Appalachian Hardwood Stands*, Proceedings Workshop 28-30 May 1986, West Virginia University, Morgantown, WV.
- Nyland, R. D. (1999).** « Sugar Maple : Its Characteristics and Potentials », dans Horsley, S. B. et R. P. Long (ed.), *Proceedings of the International Symposium Sugar Maple Ecology and Health*, June 2-4, 1998, Warren, PA, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, Radnor, PA (General Technical Report ; NE-261).
- Paillé, G. et coll. (2007).** *Analyse du rapport du Forestier en chef sur la possibilité forestière 2008-2013*, Rapport du Comité Paillé pour le Bureau de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, 56 p. + annexes.
- Paillé, G. (2012).** *Histoire forestière du Canada*. Les publications du Québec, 436 p.
- Pineau, J. (2010).** *La coupe à diamètre limite n'est pas une bonne pratique forestière*, Communiqué de presse, 20 janvier 2010, Institut forestier du Canada, Mattawa, Ontario, 1 p.
- Roberge, M. R., L. Parrot et V. Bertrand (1971).** *Problem analysis of the shortage of quality hardwoods in Quebec*, Dept. Fisheries and Forestry, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Research Center, 20 p.
- Roberge, M. R. (1988).** *Évolution d'une érablière à bouleau jaune soumise à différents traitements en 1966*, gouvernement du Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 23 p. (Rapport d'information ; LAU-X-82b).
- Robitaille, L., G. Sheedy et Y. Richard (1990).** « Effets de l'éclaircie précommerciale et de la fertilisation sur un gaulis de 10 ans à dominance de bouleau jaune », *The Forestry Chronicle*, vol. 66, n° 5, p. 487-493.
- Robitaille, L. (1993).** « L'éclaircie précommerciale a fait ses preuves », *Info-Forêt*, n° de janvier, 1 p.
- Ruel, J.-C., J.-M. Lussier, S. Morissette et N. Ricodeau (2014).** « Growth Response of Northern White-Cedar (*Thuja occidentalis*) to Natural Disturbances and Partial Cuts in Mixedwood Stands of Quebec, Canada », *Forests*, vol. 5, p. 1194-1211 ; doi:10.3390/f5061194.
- Saucier, J.-P. (2001).** « L'effet de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le rendement des forêts », dans Ressources naturelles Canada (éd.), *La Tordeuse des bourgeons de l'épinette : l'apprivoiser dans nos stratégies d'aménagement*, Shawinigan, Québec, 27-29 mars 2001, p. 33-39. (Actes du Colloque ; Fo18-48/2001F).
- Shortle, W. C., K. T. Smith et K. R. Dudzik (2003).** *Tree Survival and Growth Following Ice Storm Injury*, U. S.
- Thibault, M., Z. Majcen, J.-L. Brown et L. Carrier (1983).** « Description de l'état de la forêt selon la carte de localisation des principaux problèmes forestiers du Québec. Annexe III-A », dans Ministère de l'Énergie et des Ressources (éd.), *Le secteur forestier - Bilan et perspectives*, Gouvernement du Québec, p.189-197.
- Winget, C. H. (1974).** « Regeneration and growth of hardwoods following heavy industrial cutting », dans *Canadian Forestry Service Hardwoods Management Workshop*, Petawawa Forest Experiment Station, p. 191-193. (Hardwoods Management Workshop Proceedings).

