



Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023

Cahier 4.1

Enjeux liés à la composition végétale

**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec





Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023

Cahier 4.1 **Enjeux liés à la composition végétale**



Coordination

Éric Domaine, biol., M. Sc., Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers

Rédaction

Normand Villeneuve, ing.f., Ph. D., et Marc Leblanc, ing.f., M. Sc., Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers

Collaboration

Pierre Beaupré, Sylvie Côté, Sylvie Delisle, Lyne Giasson, Hugo Jacqmain, Jean-Pierre Jetté et Josée Pâquet

Remerciements

Les auteurs remercient toutes les personnes qui ont contribué à ce dossier, notamment Martin Barrette, Steve Bédard, Louis Duchesne, Daniel Dumais, Pierre Fontaine, Christian Godbout, Jocelyn Gosselin, Pierre Grondin, Michel Huot, Catherine Larouche, Isabelle Legault, Jean-David Moore, Marie-Josée Mottet, Pierre Périnet, Martin Perron, Guy Prigent et Nelson Thiffault.

Photos

Jean-François Bergeron, Sébastien Méthot, Claude Paquet et Marie-Andrée Vaillancourt

Production

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, avril 2016

Pour plus de renseignements

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers
5700, 4^e Avenue Ouest
Québec (Québec) G1H 6R1
Téléphone : 418 627-8650
Télécopieur : 418 643-2368
Courriel : daef@mffp.gouv.qc.ca

DAEF-0373

Cette publication, conçue pour une impression recto verso, est offerte en ligne à l'adresse suivante : https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/amenagement/Cahier_4.1_Composition_vegetale.pdf

Référence : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2016). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 4.1 – Enjeux liés à la composition végétale*, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 86 p.

Mots clés : aménagement écosystémique, composition végétale, enjeu écologique, planification forestière, Québec

Keywords: ecological issue, ecosystem-based management, forest planning, plant composition, Quebec

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2018
ISBN 978-2-550-82713-9
© Gouvernement du Québec, 2016

NOTE AU LECTEUR

La Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (RLRQ, chapitre A-18.1) accorde une place importante à l'aménagement écosystémique en tant qu'outil privilégié pour mettre en œuvre l'aménagement durable des forêts (article 1).

Pour consolider l'aménagement écosystémique dans les pratiques forestières, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a produit la publication *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023*. Cette publication, constituée de plusieurs cahiers, s'adresse aux aménagistes chargés de la préparation des plans d'aménagement forestier intégré (PAFI) de même qu'aux personnes et aux différents groupes intéressés par l'aménagement forestier. Chaque cahier renferme l'information nécessaire à l'analyse de l'un des enjeux écologiques retenus par le Ministère et à l'élaboration de solutions pour y répondre. La publication s'organise comme ceci :

- Cahier 1.0** Concepts généraux liés à l'aménagement écosystémique des forêts
- Cahier 2.1** Enjeux liés à la structure d'âge des forêts
- Cahiers 3.1** Enjeux liés à l'organisation spatiale des forêts dans la pessière à mousses
- Cahiers 3.2** Enjeux liés à l'organisation spatiale des forêts dans la sapinière
- Cahier 3.3** Enjeux liés à l'organisation spatiale des forêts dans l'érablière
- Cahier 4.1** Enjeux liés à la composition végétale
- Cahier 5.1** Enjeux liés aux attributs de structure interne des peuplements et au bois mort
- Cahier 6.1** Enjeux liés aux milieux riverains
- Cahier 6.2** Enjeux liés aux milieux humides
- Cahier 7.1** Enjeux liés aux espèces menacées ou vulnérables
- Cahier 7.2** Enjeux liés aux espèces sensibles à l'aménagement

Ces différents cahiers présentent les orientations ministérielles destinées à guider le travail des aménagistes dans la préparation des PAFI. Ces orientations concernent à la fois le processus d'analyse des enjeux, la détermination des objectifs et des cibles ainsi que le choix des solutions à adopter. Trois types d'approches ont été retenus par le MFFP pour mettre ces orientations en œuvre. Selon les enjeux, une ou plusieurs de ces approches seront appliquées.

Les dispositions légales. Elles prescrivent ou interdisent certaines pratiques forestières. Leur application est obligatoire et ne comporte pas de marge de manœuvre.

Les lignes directrices. Elles précisent les orientations que le MFFP entend mettre de l'avant dans la réponse aux enjeux écologiques. Leur application est obligatoire, mais les praticiens disposent d'une certaine marge de manœuvre pour en adapter les modalités à la réalité locale lorsque cela s'avère nécessaire.

Les recommandations sur l'aménagement. Elles constituent des suggestions de bonnes pratiques dont l'application n'est pas obligatoire.

Le présent cahier contient les recommandations sur l'aménagement qui permettront de répondre aux enjeux liés à la composition végétale (annexe A).



AVANT-PROPOS

Le présent cahier reprend les orientations ministérielles qui avaient été formulées pour la préparation des PAFI de 2013-2018. Or, de nouvelles connaissances, relatives aux changements climatiques et à leurs effets sur les écosystèmes forestiers, soulèvent des interrogations sur les modifications de la composition forestière qui risquent de se produire dans un avenir plus ou moins rapproché. Les objectifs et les cibles de composition qui découlent de l'analyse de la forêt naturelle seront-ils toujours valables dans le nouveau contexte climatique? La question mérite pleinement d'être posée, mais il est encore trop tôt pour y répondre de façon globale.

Le MFFP a récemment entrepris une réflexion sur la lutte et l'adaptation aux changements climatiques au regard de l'aménagement forestier. Cette réflexion devrait le conduire à modifier et à enrichir progressivement l'approche d'aménagement écosystémique afin de renforcer la résilience des forêts et de gérer les transitions écologiques qui pourraient se produire. La manière d'aborder les enjeux de composition forestière fait déjà partie de cette réflexion. Une telle démarche demande toutefois du temps, et la façon dont ces réflexions influenceront les orientations ministérielles relatives à la composition n'est pas encore claire.

D'ici à ce que les orientations ministérielles soient modifiées pour les PAFI de 2023-2028, la grande majorité des efforts actuellement consentis apparaissent encore pertinents. La plupart des actions qui découlent de l'approche présentée dans ce cahier ont été élaborées pour freiner la raréfaction des essences longévives et lutter contre la prolifération des essences de lumière. À ce stade-ci, tant du point de vue écologique qu'économique, rien ne nous permet de croire que ces efforts soient vains ou inadéquats. Par exemple, en raison de leurs caractéristiques, les essences longévives jouent un rôle écologique susceptible d'augmenter la complexité des peuplements forestiers et, de ce fait, leur résilience en période de changement. Qualitativement, l'objectif de maintenir ou de restaurer ces espèces demeure donc hautement souhaitable. Quantitativement, les cibles consistent en général à diminuer les écarts avec la forêt naturelle sans chercher à revenir à tout prix à la situation qui prévalait avant l'exploitation industrielle à grande échelle. Cette approche devrait aussi être maintenue.

En conclusion, d'ici à ce que de nouveaux enjeux de composition soient clairement formulés et documentés, les orientations ministérielles présentées dans ce cahier demeurent pertinentes et les efforts d'aménagement qui en découlent devraient continuer à être déployés dans les PAFI de 2018-2023.

TABLE DES MATIÈRES

La composition végétale en bref	1
Chapitre 1 Analyse des enjeux	3
1.1 Historique des perturbations naturelles et anthropiques	4
1.2 Collecte et analyse de l'information sur les enjeux potentiels liés à la composition végétale	4
1.3 Détermination des enjeux à l'échelle de l'unité d'aménagement et documentation	6
1.4 Analyse d'écart entre la forêt naturelle et la forêt actuelle pour les enjeux appréhendés.....	6
1.4.1 Méthodes génériques de l'analyse d'écart	8
1.4.1.1 Richesse en espèces	8
1.4.1.2 Quantité des espèces	9
1.4.1.3 Proportion relative des peuplements ou des grands groupements d'essences et mentions d'espèces par ordre d'abondance.....	9
1.4.1.4 Proportion relative par type de couvert.....	10
1.4.2 Autres cas (espèces exotiques, milieux ouverts et éricacées).....	11
1.5 Évolution récente de la composition comme indicateur de la tendance d'un enjeu.....	11
1.6 Analyse de l'état actuel comme indicateur du degré d'altération de certaines essences.....	12
1.7 Estimation de la composition de la forêt naturelle à partir du système de classification écologique	13
1.8 Triangulation des sources d'information et interprétation des résultats	14
1.9 Détermination des seuils d'alerte et évaluation de l'urgence d'agir	14
Chapitre 2 Solutions aux enjeux	17
2.1 Détermination des objectifs locaux et des cibles à atteindre.....	17
2.2 Compréhension de l'autécologie et des phénomènes en cause (envahissement ou raréfaction)	17
2.3 Détermination des secteurs les plus propices à l'atteinte des objectifs	18
2.4 Détermination du régime sylvicole, du scénario et du traitement pour atteindre les objectifs	19
2.5 Suivi des actions nécessaires à l'atteinte des objectifs	19
2.6 Grands axes de solutions.....	20
2.6.1 Forêts de conservation.....	20
2.6.2 Allongement de révolution ou rotation	20
2.6.3 Actions sylvicoles	21
2.6.3.1 Production d'arbres vétérans et maintien du bois mort au sol	21
2.6.3.2 Coupes à rétention variable.....	21
2.6.3.3 Contrôle de l'ouverture du couvert	21
2.6.3.4 Obtention d'une régénération acquise et éducation des jeunes arbres.....	22
2.6.3.5 Gestion des peuplements mélangés	23
Annexe A Approches retenues pour répondre aux enjeux liés à la composition végétale.....	27
Annexe B Raréfaction des peuplements mixtes.....	28

Annexe C	Raréfaction de l'épinette blanche.....	32
Annexe D	Raréfaction de l'épinette rouge	36
Annexe E	Raréfaction de la pruche du Canada	40
Annexe F	Raréfaction du thuya	43
Annexe G	Raréfaction des pins.....	46
Annexe H	Raréfaction du chêne rouge.....	52
Annexe I	Raréfaction des essences compagnes dans les érablières	55
Annexe J	Diminution du bouleau jaune.....	59
Annexe K	Plantation d'espèces exotiques en milieu forestier.....	63
Annexe L	Envahissement par les feuillus intolérants.....	65
Annexe M	Envahissement par le sapin baumier	70
Annexe N	Problématique du hêtre à grandes feuilles dans les érablières.....	73
Annexe O	Envahissement par les éricacées	77
Annexe P	Expansion des milieux ouverts à lichens dans la pessière.....	80
Annexe Q	Enrésinement par voie de plantation	83
Bibliographie		85
Figure 1	Colonisation des groupes d'espèces selon leur tolérance et la taille des ouvertures du peuplement.....	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Synthèse des enjeux potentiels liés à la composition végétale par sous-domaine (Est ou Ouest) au Québec.	5
Tableau 2	Tableau comparatif démontrant la diminution des résineux au profit des feuillus	11
Tableau 3	Ventilation, par classe d'âge, des groupements d'essences où l'espèce concernée est présente.....	13

LA COMPOSITION VÉGÉTALE EN BREF

PRINCIPAL ENJEU

Maintien ou restauration de la composition de la forêt naturelle

Au Québec, au fil du temps, l'exploitation forestière a eu une influence sur la composition végétale. Certaines essences se sont raréfiées, d'autres sont demeurées inchangées, certaines ont envahi le territoire et d'autres ont été introduites. La dynamique forestière des peuplements aménagés a également été altérée au point, parfois, de devenir différente de celle des peuplements naturels. Aujourd'hui, le principal enjeu consiste à maintenir ou à restaurer la composition végétale de la forêt dans des proportions proches de celles qui prévalaient avant l'exploitation industrielle à grande échelle. L'enjeu de la composition végétale se décline en plusieurs enjeux qui varient d'une région à l'autre, étant donné les particularités de chaque unité d'aménagement. Ainsi, en fonction des régions, plusieurs enjeux liés à la raréfaction ou à l'envahissement de certaines essences ont été soulevés.

- Raréfaction des peuplements mixtes, de l'épinette blanche, de l'épinette rouge, de la pruche du Canada, du thuya, des pins, du chêne rouge et des essences compagnes dans les érablières
- Diminution du bouleau jaune
- Plantation d'espèces exotiques en milieu forestier
- Envahissement par les feuillus intolérants, le sapin baumier et les éricacées
- Expansion des milieux ouverts à lichens dans la pessière
- Problématique du hêtre à grandes feuilles dans les érablières
- Enrésinement par voie de plantation

ACTION POUR RÉPONDRE À L'ENJEU

Intégrer des solutions sylvicoles aux activités d'aménagement lors de la planification et des opérations forestières pour répondre aux enjeux de l'unité d'aménagement

Pour prendre en compte de façon adéquate les enjeux de composition dans la planification forestière, il faut, dans un premier temps, déterminer et documenter les enjeux propres à chacune des unités d'aménagement. Dans un deuxième temps, il faut définir des solutions sylvicoles et choisir les endroits où les mettre en œuvre pour atteindre les objectifs de chaque enjeu. Selon la nature de l'enjeu, les solutions peuvent se traduire par une sylviculture adaptée aux mécanisme de reproduction des essences recherchées, par des interventions pour lutter contre l'envahissement de certaines essences ou encore par la rétention d'arbres matures d'essences choisies pour assurer le maintien de semenciers ou pour restaurer leur représentativité. Les annexes B à Q présentent différentes solutions génériques ou adaptées à des cas particuliers. Dans tous les cas, un arrimage avec le *Guide sylvicole du Québec* doit être assuré.



CHAPITRE 1

ANALYSE DES ENJEUX

La composition végétale fait référence à la diversité et à la proportion relative des espèces d'arbres et de certains autres végétaux tant à l'échelle des peuplements qu'à celle des paysages. La composition végétale influence la disponibilité des ressources comme la lumière et les substrats (substance sur laquelle croît un organisme), la disponibilité de la nourriture et des habitats pour la faune, la température interne des peuplements, le cycle des nutriments et même les perturbations naturelles. En conséquence, les pratiques sylvicoles qui modifient la composition végétale des forêts peuvent influencer certaines espèces et certains processus écologiques, et sont donc susceptibles d'avoir des répercussions sur le maintien de la biodiversité et de la viabilité des écosystèmes.

Au Québec, depuis le XIX^e siècle, l'historique d'exploitation a eu, dans chaque région et à divers degrés, une influence sur la composition végétale. Ainsi, certaines essences se sont raréfiées, d'autres sont demeurées inchangées ou ont envahi le territoire et d'autres encore ont été introduites. La détermination des enjeux découle de l'analyse des changements de composition survenus après la période préindustrielle. Cette analyse s'avère complexe. D'une part, la description de la forêt naturelle québécoise n'est ni complète (des descriptions sont toujours en cours de réalisation) ni uniforme (la quantité et la qualité de l'information varient selon les sources disponibles). D'autre part, la situation actuelle de certaines essences est parfois difficile à établir (essences compagnes, couverts de moins de 7 m de hauteur) et plusieurs phénomènes de raréfaction et d'envahissement sont interreliés ou moins bien compris.

Étant donné que chaque unité d'aménagement a ses particularités, à cette échelle, l'analyse des enjeux liés à la composition végétale doit se faire par les experts locaux, dont les aménagistes du MFFP. Ce chapitre propose une démarche pour aider les aménagistes à déterminer et à documenter ces enjeux. Il ne couvre pas l'intégralité des enjeux qui pourraient s'exprimer dans les différentes régions et ne recense pas toutes les méthodes d'analyse. On y trouve plutôt les principaux enjeux ainsi que les méthodes d'analyse de base permettant d'amorcer, à l'échelle provinciale, une démarche rigoureuse et crédible de prise en compte de la composition végétale dans le processus de planification. Une première étape a été franchie avec l'élaboration des PAFI de 2013-2018. Elle aura permis aux aménagistes régionaux : 1) de déterminer et de documenter les enjeux liés à la composition végétale propres à leur région; 2) de proposer des solutions afin de remédier à des problèmes de composition engendrés par les exploitations passées; 3) de sensibiliser aux divers enjeux qui risquent de surgir afin d'appliquer dès aujourd'hui des solutions pour prévenir l'apparition de tels problèmes.

La démarche de détermination et de documentation des enjeux liés à la composition végétale telle qu'elle est décrite dans ce chapitre devrait faciliter la détermination et la spatialisation des solutions sylvicoles à mettre en œuvre. À cet effet, un arrimage serré devra être assuré avec le *Guide sylvicole du Québec*¹ qui vient baliser les solutions sylvicoles disponibles pour répondre aux enjeux. Ainsi, l'analyse des enjeux liés à la composition végétale permettra de définir l'ampleur des problèmes (et des solutions à envisager) et, s'il y a lieu, de cibler des secteurs prioritaires pour appliquer les traitements en fonction de la distribution naturelle des essences.

1. Dans ce cahier, lorsqu'on mentionne le *Guide sylvicole du Québec*, on fait référence à ses trois tomes : *Tome 1 – Les fondements biologiques de la sylviculture*; *Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*; *Tome 3 – Les scénarios sylvicoles* (Ministère des Ressources naturelles 2013a et b; Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, a).

Sur ce dernier point, par contre, il faut retenir que le *Guide sylvicole du Québec* prévoit, du moins en partie, l'application des traitements suivant d'autres critères, comme des contraintes de production ligneuse liées à certains agents pathogènes absents de la forêt naturelle.

1.1 Historique des perturbations naturelles et anthropiques

Les perturbations naturelles et anthropiques (colonisation et exploitation forestière) influencent grandement la composition végétale. Elles ont pour effet d'éliminer une portion variable du couvert forestier ou certains arbres (à des degrés différents, selon les essences et les cohortes) et d'influencer la dynamique de régénération. Une bonne compréhension de l'historique des perturbations permettra de discerner l'origine des peuplements (perturbation naturelle ou anthropique) et de mieux comprendre les changements de composition. Cette connaissance sera particulièrement utile pour déterminer et quantifier ou qualifier les enjeux potentiels liés à la composition végétale, puis pour interpréter les résultats des analyses des écarts observés entre l'état actuel de la forêt et la description de la forêt jugée naturelle.

Il convient, à cet égard, de nuancer le résultat obtenu en distinguant les cas où un biais dans la description de la forêt naturelle aurait déjà été introduit à la suite de l'exploitation de certaines essences (ex. : pin blanc récolté avant que soient créées les archives d'arpentage, grosses épinettes récoltées avant le premier inventaire décennal). Il peut également être judicieux, dans certains cas, d'analyser la forêt naturelle en tenant compte des perturbations naturelles qui auraient pu la transformer temporairement de façon considérable, et ce, au point où la référence utilisée pourrait se situer aux extrêmes de la plage de variabilité naturelle.

1.2 Collecte et analyse de l'information sur les enjeux potentiels liés à la composition végétale

Dans la plupart des régions, il existe déjà une information valable et facilement accessible sur les enjeux potentiels liés à la composition végétale. Les plans régionaux de développement intégré des ressources et du territoire, les PAFI de 2013-2018, la documentation (rapports techniques et publications scientifiques), le *Guide sylvicole du Québec*, les connaissances des experts locaux (aménagistes du MFFP et partenaires de la table locale de gestion intégrée des ressources et du territoire) et les organismes de recherche ou de développement font partie des sources d'information à consulter pour établir ou améliorer la liste des enjeux potentiels liés à la composition végétale. Par contre, dans tous les cas, il faut évaluer la rigueur et la qualité de l'information présentée et son applicabilité dans l'unité d'aménagement concernée avant de l'utiliser pour déterminer ou documenter les enjeux. Pour ce faire, les aménagistes locaux peuvent faire des analyses spécifiques de l'information, demander l'avis d'experts (ex. : à la Direction de la recherche forestière du MFFP) ou communiquer directement avec les auteurs des ouvrages consultés. Lorsqu'il y a un fort consensus régional ou local, il est possible de déterminer les enjeux liés à la composition végétale (nature ou ampleur) dans le processus d'élaboration des PAFI sans nécessairement faire des analyses exhaustives d'écart entre l'état actuel et l'état naturel de la forêt. Par contre, il est alors nécessaire de bien appuyer la décision avec un argumentaire et des références. Afin de compléter l'information régionale ou locale disponible, le tableau 1 présente la synthèse des différents enjeux potentiels liés à la composition végétale par sous-domaine. Pour chacun de ces enjeux, une synthèse est présentée en annexe (annexes B à Q). Il est important de préciser que ces fiches synthèses ainsi que le tableau 1 ne sont pas exhaustifs et doivent être complétés et adaptés par les aménagistes au contexte de l'unité d'aménagement analysée. Ces synthèses ont été produites en se basant sur la littérature scientifique, révisées par les spécialistes du MFFP (Direction de la recherche forestière et Direction de l'aménagement

et de l'environnement forestiers), puis arrimées à l'information du *Guide sylvicole du Québec*. Elles fournissent des détails sur les principaux enjeux potentiels et décrivent les facteurs possiblement en cause au Québec. Leur contenu vise à favoriser la compréhension des processus sous-jacents, en faisant le lien avec les perturbations et la dynamique de l'enjeu et en précisant, notamment, si l'espèce présente des difficultés de régénération ou de recrutement dans les étages supérieurs de végétation. Ces indications permettront d'orienter les évaluations vers les paramètres et les méthodes qui sont les plus aptes à faire ressortir les divers problèmes afin de poser un diagnostic éclairé.

Tableau 1 Synthèse des enjeux potentiels liés à la composition végétale par sous-domaine (Est ou Ouest) au Québec

Enjeu potentiel	Domaine bioclimatique										
	Érablière à caryer	Érablière à tilleul		Érablière à bouleau jaune		Sapinière à bouleau jaune		Sapinière à bouleau blanc		Pessière à mousses	
		Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est
Raréfaction des peuplements mixtes	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Raréfaction de l'épinette blanche	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Raréfaction de l'épinette rouge	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		
Raréfaction de la pruche du Canada	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui					
Raréfaction du thuya	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		
Raréfaction des pins	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui		
Raréfaction du chêne rouge	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui					
Raréfaction des essences compagnes de l'érablière	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui				
Diminution du bouleau jaune	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		
Plantation d'espèces exotiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Envahissement par les feuillus intolérants	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Envahissement par le sapin baumier	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Envahissement par le hêtre à grandes feuilles	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui				
Envahissement par les éricacées										Oui	Oui
Expansion des milieux ouverts à lichens										Oui	Oui
Enrésinement par voie de plantation	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui				

1.3 Détermination des enjeux à l'échelle de l'unité d'aménagement et documentation

À partir des données recueillies à l'étape précédente, il faut retenir les enjeux les plus pertinents pour l'unité d'aménagement. Les analyses d'écart devront ensuite porter sur ces enjeux afin de valider leur existence dans l'unité d'aménagement et de mesurer leur ampleur. Il est fortement recommandé de tenir à jour un registre des réflexions et des références qui ont mené à la détermination des enjeux liés à la composition pour l'unité d'aménagement. Ce registre sera utile pour la reddition de comptes, pour orienter les suivis et pour éclairer les interactions avec les partenaires et les tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire.

Il est possible qu'un enjeu soit reconnu dans la littérature sans que les données disponibles permettent d'en vérifier la présence dans l'unité d'aménagement. Par exemple, la raréfaction de l'épinette rouge ne peut pas être vérifiée avec exactitude en raison des limitations imposées par les données historiques qui ne différencient pas les espèces d'épinettes. De plus, des erreurs peuvent s'être glissées dans les données actuelles. En pareil cas, l'analyse doit être essentiellement orientée vers la compréhension et la localisation de l'enjeu sur le plan écologique, puisqu'il sera tout de même nécessaire de fixer des cibles, de concevoir des solutions pour les cas pouvant apparaître sur le territoire et de contrôler leur mise en œuvre.

1.4 Analyse d'écart entre la forêt naturelle et la forêt actuelle pour les enjeux appréhendés

L'analyse d'écart entre la forêt naturelle et la forêt actuelle est la méthode privilégiée pour confirmer l'existence d'un enjeu lié à la composition végétale et en mesurer l'ampleur. La possibilité de faire une telle analyse et la qualité des résultats qui en découleront dépendent de l'information disponible pour caractériser les attributs des enjeux dans la forêt naturelle et actuelle.

Avec la cartographie forestière, les phénomènes d'envahissement ou de raréfaction deviennent détectables en observant le couvert dominant. Ces phénomènes sont aussi perceptibles lorsqu'il y a une augmentation ou une réduction de la quantité de bois marchand d'une espèce dans les données d'inventaires forestiers. Il est important de tenir compte du décalage entre l'apparition d'un problème et ses répercussions sur les variables qui sont mesurables à partir de la carte ou de l'inventaire du bois marchand. Plusieurs des enjeux appréhendés concernent la régénération ou résultent d'un problème de recrutement dans les étages supérieurs. Ils ne peuvent donc pas toujours être détectés seulement à partir de la couverture arborescente dominante ou des données d'inventaire du bois marchand.



Lorsque les données disponibles sur la forêt naturelle et la forêt actuelle permettent de faire une analyse d'écart pour des enjeux appréhendés liés à la composition végétale, les règles de base suivantes doivent être appliquées pour assurer la rigueur de la démarche et l'obtention de résultats de qualité.

- Tenir compte des limites des sous-domaines bioclimatiques lors des analyses. Si l'unité d'aménagement couvre plusieurs sous-domaines, les différentes analyses devront être répétées pour chacun. Dans le cas où un sous-domaine serait sous-représenté dans l'unité d'aménagement, il reviendra aux aménagistes de le considérer ou non dans les analyses.
- Utiliser une échelle écologique pertinente en fonction de la nature et de l'ampleur des enjeux (ex. : niveaux de perception du système hiérarchique de classification écologique du territoire).
- Comparer la forêt naturelle et la forêt actuelle en utilisant des données similaires. Par exemple, les données obtenues à partir de points d'observation d'anciens inventaires devraient être comparées aux données des placettes actuelles. Les données sur la proportion des types de peuplements obtenues à partir de photos aériennes ou de cartographies anciennes devraient être comparées aux données de couverture cartographique du dernier inventaire décennal.
- Utiliser l'information forestière la plus à jour possible. Dans certains cas, cela implique une actualisation manuelle des données des différentes sources d'information (placettes ou cartes, par exemple, cartes forestière, écologique et territoriale du Bureau du forestier en chef [CFET-BFEC]).
- Ne pas dépasser le degré de précision des données de la forêt naturelle (ex. : la composition végétale peut être précise [liste exhaustive d'espèces] ou très grossièrement présentée avec des appellations générales telles que «forêts de bois mélangés»). Dans l'attente de nouvelles données sur la composition végétale de la forêt naturelle, il faudra restreindre les analyses à la précision de l'information contenue dans les descriptions de la forêt naturelle disponibles.
- Inclure tous les peuplements dans l'analyse. Il est donc nécessaire d'intégrer les peuplements de moins de 7 m de hauteur et les forêts productives non aménageables (aires protégées, refuges biologiques, zones inaccessibles). Pour pallier un manque d'information, il est possible d'utiliser les résultats des inventaires dans les strates de moins de 7 m, les résultats des inventaires de suivi et les résultats d'études provenant de la littérature.
- S'assurer d'utiliser un territoire de référence analogue (ex. : superficie totale, forestière ou autre) pour faire le calcul des proportions. Le total par rapport auquel les proportions sont calculées doit être spécifié.

L'analyse d'écart doit porter sur l'information contenant le plus de détails disponibles dans chacune des descriptions, historique et actuelle. Les limites seront imposées par le type de données disponibles pour faire la description historique. Ainsi, l'analyse devrait préféablement porter sur les paramètres énoncés ci-dessous, selon le type de données historiques disponibles. Ces paramètres sont présentés dans un ordre décroissant, en fonction de la quantité de détails qu'ils contiennent. En conséquence, si le premier paramètre est disponible, la méthode d'analyse utilisée devra porter sur celui-ci, sinon l'éventualité d'avoir recours à la seconde méthode sera envisagée, et ainsi de suite. Il est aussi possible de produire des résultats équivalant à ceux des méthodes subséquentes en faisant une compilation appropriée pour poser le diagnostic de certains enjeux. Les principaux paramètres d'analyse sont :

- la présence ou l'absence de l'espèce concernée;
- la quantité de bois marchand de cette espèce, en volume, en surface terrière ou en nombre de tiges (ex. : lorsque l'historique peut être établi à partir d'anciens rapports d'inventaire);
- les mentions d'espèces par ordre d'abondance (ex. : lorsque les données historiques proviennent de carnets d'arpentage contenant ce type de données);
- les peuplements renfermant l'espèce concernée (ex. : lorsque l'on dispose d'une couverture aérienne ou d'une carte historique);
- les groupements de peuplements renfermant l'espèce concernée (ex. : lorsque l'information historique ne fournit que des résultats par grands groupes de peuplements);
- les types de couverts : résineux (R), mixte¹ (M), feuillu (F), si aucune autre information historique par espèce ou par peuplement n'est disponible.

Toutefois, lorsque les données historiques ne fournissent pas d'indications relatives aux espèces à analyser, il faut alors envisager l'emploi de méthodes de remplacement pour juger de l'existence de certains enjeux (ex. : analyse de tendances récentes; voir les sections suivantes). Par contre, dans le cas où la description historique peut être faite à partir de données d'inventaire et d'une cartographie forestière (ex. : les unités d'aménagement pour lesquelles le premier inventaire décennal correspond aux données historiques), l'analyse devrait porter à la fois sur la quantité d'espèces concernées et sur les superficies des groupements d'essences contenant ces espèces. Il devient alors possible de coupler ces données pour en approfondir l'analyse.

Les sections qui suivent présentent brièvement les principales méthodes d'analyse possibles, à savoir : l'évaluation de la richesse en espèces (section 1.4.1.1), l'évaluation de la quantité des espèces concernées (section 1.4.1.2), l'évaluation de la proportion relative des peuplements ou des grands groupements d'essences (section 1.4.1.3) et l'évaluation de la proportion relative de la superficie occupée par chacun des types de couverts (section 1.4.1.4).

1.4.1 Méthodes génériques de l'analyse d'écart

1.4.1.1 Richesse en espèces

ENJEUX — Tous les enjeux

Cette analyse permet d'évaluer, de façon grossière, l'apparition ou la disparition de certaines essences, même si on ne connaît pas leur quantité.

Méthodologie

Dresser la liste des espèces apparaissant dans chacune des descriptions de l'unité d'aménagement, historique et actuelle. La comparaison de ces deux listes permettra de déterminer les espèces aujourd'hui manquantes et celles qui se sont ajoutées. Ces espèces devront faire l'objet d'une analyse particulière, considérant les limites imposées par l'échantillonnage utilisé pour collecter les données. Il faut confirmer, d'une part, si les espèces manquantes ont réellement disparu de l'unité d'aménagement et, d'autre part, si celles qui se sont ajoutées correspondent effectivement à de nouvelles espèces sur le territoire.

1.4.1.2 Quantité des espèces

ENJEUX — Tous les enjeux

À partir des données de l'inventaire forestier, la quantité de bois marchand de chacune des espèces peut être exprimée en volume, en surface terrière ou en nombre de tiges. La ou les variables retenues dépendent de celles qui ont été utilisées dans la description historique.

Méthodologie

La quantité des différentes espèces est compilée à l'échelle de l'unité d'aménagement, puis les données historiques sont comparées aux données actuelles (à l'aide de tableaux comparatifs ou d'histogrammes de proportion). La comparaison des quantités actuelles et historiques permet de vérifier s'il y a eu diminution ou augmentation des quantités de bois marchand pour chacune des espèces. Il est également possible de calculer les proportions par rapport aux quantités totales et de les comparer pour caractériser des phénomènes d'augmentation ou de diminution relative.

Dans le cas de l'envahissement par les feuillus intolérants, les évaluations doivent d'abord être faites par espèce (bouleau à papier, peuplier faux-tremble, érable rouge), puis pour l'ensemble des feuillus intolérants. L'évaluation par espèce est fortement suggérée, notamment en raison des mécanismes de reproduction propres à chaque espèce qui peuvent avoir une incidence considérable sur la progression et la durée de l'envahissement.

1.4.1.3 Proportion relative des peuplements ou des grands groupements d'essences et mentions d'espèces par ordre d'abondance

ENJEUX — Tous les enjeux

Si l'information sur la forêt naturelle le permet, de grands groupements d'essences (ex. : pessières, sapinières, pinèdes, prucheraies, mixtes à feuillus intolérants, mixtes à feuillus tolérants, érablières, autres feuillus tolérants, mélangés à feuillus tolérants ou à feuillus intolérants) pourraient être sélectionnés, régionalement ou localement, pour être comparés à ceux de la forêt actuelle.

Pour les enjeux d'une essence donnée (pin blanc, chêne rouge, etc.), l'analyse des grands groupements devrait être orientée de façon à documenter trois cas de figure associés au statut de l'espèce en jeu : les peuplements purs de l'espèce concernée par un enjeu lié à la composition végétale, les peuplements mélangés où l'espèce visée domine en nombre par rapport aux autres espèces présentes et les peuplements mélangés où l'espèce concernée a le statut d'essence secondaire. Les définitions utilisées pour camper ces différents cas de figure sont celles employées pour la cartographie forestière. La prise en compte de la situation de l'espèce dans chacun des cas pourrait révéler un processus de raréfaction ou d'envahissement en cours et avoir une incidence sur les solutions. Une telle analyse pourrait démontrer qu'une certaine essence, qui composait des peuplements purs dans la forêt naturelle, ne se trouve plus qu'en association dans certains peuplements de la forêt aménagée.

À partir de données présentées sous forme de points d'observation où des mentions d'espèces par ordre d'abondance ont été enregistrées (ex. : certains carnets d'arpentage), des méthodes ont récemment été mises au point pour évaluer l'abondance relative, les proportions des fréquences ainsi que les dominances locales et régionales (Scull et Richardson, 2007). Ces méthodes peuvent être appliquées aux données du dernier inventaire décennal pour obtenir des résultats permettant de procéder à une analyse d'écart (Pinna et autres, 2009).

Méthodologie à partir de la cartographie forestière

Pour chacun des enjeux à analyser, les groupements d'essences sont d'abord classés selon les trois grandes catégories suivantes : les peuplements purs (ceux dont la surface terrière de l'espèce représente au moins 75 % de la surface terrière totale), les peuplements mélangés où l'espèce est dominante (ceux dont la surface terrière de l'espèce forme de 50 à 75 % de la surface terrière totale) et les peuplements où l'espèce est secondaire (ceux dont la surface terrière de l'espèce constitue de 25 à 50 % de la surface terrière totale).

Avec les cartes de l'inventaire décennal, il est possible d'utiliser la végétation potentielle pour identifier des groupements purs d'espèces qui ne peuvent être différenciées à partir de l'appellation des groupements d'essences (ex. : pessière sur RS5 pourrait indiquer la présence de pessières rouges; feuillus tolérants sur FC1 et FE6, la présence de chênaies rouges; résineux sur RT1, celle de prucheraies).

Les superficies de chacune des catégories de groupements d'essences sont ensuite compilées et les proportions par rapport à la superficie totale sont calculées. Afin de permettre une mesure des écarts, les grandes catégories retenues pourront varier pour correspondre aux catégories ayant pu être déterminées à partir des données historiques. Le calcul des proportions actuelles devrait néanmoins être fait pour les trois grandes catégories de groupements d'essences afin d'alimenter la réflexion et de mieux circonscrire l'enjeu.

Dans le cas de l'envahissement par les feuillus intolérants, les évaluations devraient être faites par espèce (bouleau blanc, peuplier faux-tremble, érable rouge, aulne rugueux et érable à épis), puis pour l'ensemble des feuillus intolérants. L'évaluation par espèce est fortement suggérée, notamment en raison des mécanismes de reproduction propres à chacune, qui peuvent avoir une grande incidence sur la progression et la durée de l'envahissement.

Selon les espèces, les groupements purs posent parfois une problématique différente dont on doit tenir compte lors de l'analyse des résultats. Ainsi, certaines espèces, telles que la pruche ou le pin blanc, peuvent naturellement former des peuplements purs qui représentent des entités particulières à l'échelle du paysage et dont la présence rehausse la diversité des habitats. En revanche, à l'instar de l'épinette blanche, d'autres espèces ne forment pas de peuplements purs dans la forêt naturelle, mais peuvent le faire lorsque des actions anthropiques se produisent telles que l'abandon de terres agricoles ou le reboisement.

En plus des évaluations par espèce, l'évaluation générale de l'importance relative des grandes catégories de groupements d'essences pourrait être pertinente pour caractériser la composition actuelle de l'unité d'aménagement. Cela permettrait d'en connaître les grands groupements communs et les groupements particuliers. Cette évaluation peut également être utilisée pour établir l'importance relative des superficies en régénération et fournir des indications sur la composition de ces superficies.

1.4.1.4 Proportion relative par type de couvert

ENJEUX — Envahissement par les feuillus intolérants **Raréfaction des forêts mixtes** **Enrésinement par voie de plantation**

Cette analyse permet de comparer la proportion relative des principaux types de couverts (R, M et F). La description de la forêt naturelle, à cet égard, est disponible pour la majorité des unités d'aménagement dans le registre des états de référence (Boucher et autres, 2011). La description de la forêt actuelle pourrait être faite à partir de la carte CFET-BFEC actualisée en 2014.

Méthodologie

Les superficies occupées par les différents types de couverts (R, M et F) sont comptabilisées tant pour les données historiques que pour les données actuelles. La proportion du territoire d'une unité d'aménagement occupée par chaque type de couvert est ensuite calculée, de manière à comparer la forêt naturelle et la forêt actuelle (tableau 2).

Tableau 2 Tableau comparatif démontrant la diminution des résineux au profit des feuillus

Couvert	Forêt naturelle (%)	Forêt actuelle (%)	Différence (%)
Résineux	70	50	– 20
Mélangé	10	15	+ 5
Feuilleux	20	35	+ 15

Cette évaluation générale devrait être complétée par des évaluations plus détaillées afin de distinguer les enjeux sous-jacents. À titre indicatif, la raréfaction des peuplements mixtes peut non seulement résulter d'un envahissement par les feuillus intolérants, ou d'un enrésinement par voie de plantation, mais elle peut également être causée par des interventions sylvicoles (ex. : éclaircies précommerciales résineuses) ou par des perturbations associées à certaines espèces végétales (ex. : maladies cryptogamiques ou épidémies d'insectes). Elle peut aussi être contrebalancée par un certain enfeuillage des peuplements résineux à la suite des coupes forestières. Une analyse plus approfondie est donc nécessaire pour comprendre les phénomènes en cause.

1.4.2 Autres cas (espèces exotiques, milieux ouverts et éricacées)

L'introduction d'espèces exotiques constitue un changement de composition végétale. L'analyse de cet enjeu pourrait porter sur le risque d'envahissement des écosystèmes par les espèces végétales exotiques introduites. Pour ce faire, il existe un système d'analyse, mis au point par des experts et testé dans plusieurs régions du monde (voir la méthode de Pheloung, Williams et Halloy [1999], utilisée pour l'épinette de Norvège en Gaspésie [Gasser, Langis et Côté, 2008]).

Des recherches sont en cours pour quantifier les enjeux liés à l'expansion des milieux ouverts et à l'envahissement des sites par les éricacées. À titre d'exemple, des recherches tentent de documenter l'évolution du couvert d'éricacées au cours des 40 dernières années à partir d'anciennes images satellitaires (1970). L'analyse de ces enjeux lors de l'élaboration des PAFI risque de s'avérer complexe. Si c'est le cas, les aménagistes locaux pourraient faire appel aux chercheurs et aux spécialistes dans le domaine pour évaluer les manifestations de ces enjeux sur leur territoire.

1.5 Évolution récente de la composition comme indicateur de la tendance d'un enjeu

En l'absence de données sur la forêt naturelle ou pour confirmer des tendances connues ou observées dans l'analyse d'écart, les données du premier inventaire décennal peuvent être comparées à celles des derniers inventaires. Cela permet de comprendre la tendance d'un enjeu lié à la composition végétale (ex. : y a-t-il accentuation de l'enfeuillage?) ou de mieux

comprendre un enjeu (ex. : l'enfeuillement se fait-il davantage par le peuplier faux-tremble ou par le bouleau à papier?).

Méthodologie

Les cartes et les données du premier inventaire forestier décennal peuvent fournir la description historique de certaines unités d'aménagement, particulièrement celles qui sont situées dans la forêt boréale. Ailleurs, même si les données du premier inventaire décennal ne peuvent pas être considérées comme représentatives de l'état naturel de la forêt, elles peuvent néanmoins indiquer une présence et fournir des quantités modifiées. La comparaison des données, tant cartographiques que dendrométriques, recueillies au cours des différents inventaires décennaux permet d'observer l'évolution récente. Cette analyse rend notamment possible l'évaluation de la trajectoire d'un enjeu (ex. : y a-t-il accentuation de l'enfeuillement?) afin de vérifier si les perturbations récentes ont aggravé ou amélioré la situation de l'espèce analysée.

À cet effet, les employés du MFFP peuvent consulter deux bases de données associées aux indicateurs de l'aménagement durable des forêts¹, soit les indicateurs 1.1.1 *Superficies des types de forêts* et 2.1.8 *Volumes sur pied des essences commerciales et non commerciales*. Les données y sont présentées sous forme de tableaux multidimensionnels, aussi appelés « cubes ». Ces cubes permettent de générer rapidement des analyses comparatives des superficies et des volumes provenant du système d'information forestière par tesselles (SIFORT) pour les trois premiers inventaires décennaux. Cette information figure dans le document intitulé *Portrait de l'évolution de la forêt publique sous aménagement du Québec méridional des années 1970 aux années 2000* (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2009).

1.6 Analyse de l'état actuel comme indicateur du degré d'altération de certaines essences

En l'absence de données sur la forêt naturelle, ou pour confirmer des tendances connues ou observées dans l'analyse d'écart, il est possible d'utiliser le taux de renouvellement des peuplements comprenant l'essence étudiée comme un indicateur de l'évolution récente et future de l'enjeu.

Méthodologie

On peut avoir une idée du renouvellement des groupements d'essences renfermant l'espèce concernée en ventilant, par classe d'âge, les superficies occupées par les trois catégories de groupements d'essences, incluant l'espèce concernée (calculées selon la méthode expliquée dans la section 1.4.1.3). Les proportions par classe d'âge sont ensuite calculées pour chaque catégorie de groupement d'essences (tableau 3).

1. D'autres données, servant à produire les indicateurs d'aménagement durable des forêts, sont accessibles dans l'intranet du MFFP, grâce au bouton « Accès direct à tous les cubes de l'entrepôt de données », sur la page « Outil de consultation des données », de la publication en ligne *Critères et indicateurs d'aménagement durable des forêts* (INDI), située à l'adresse suivante : www.intranet/indi/accueil.asp.

Tableau 3 Ventilation, par classe d'âge, des groupements d'essences où l'espèce concernée est présente

Classe d'âge	Groupe pur de l'espèce (% de superficie)	Groupe mélangé dominé par l'espèce (% de superficie)	Groupe mélangé où l'espèce est secondaire (% de superficie)
10			
30			
50			
70			
90			
120			
JIN			
VIN			
Total			

L'analyse a pour but de s'assurer de la présence d'un nombre suffisant de jeunes peuplements pour remplacer les vieux peuplements ou, si ce n'est pas le cas, de diagnostiquer un problème de renouvellement sous-jacent à un phénomène de raréfaction. À l'inverse, une surabondance de jeunes peuplements révélera un phénomène d'envahissement. Dans le cas de l'envahissement par les feuillus intolérants, une compilation préliminaire des espèces potentiellement concernées par cet enjeu facilitera leur repérage dans l'unité d'aménagement.

Cette analyse intègre des considérations relatives à la dynamique de la végétation et permet de cibler certains enjeux de manière proactive. Elle peut s'avérer utile non seulement pour détecter des problèmes de renouvellement de groupements d'essences en voie de raréfaction, mais aussi pour diagnostiquer les problèmes d'envahissement que l'on observe après une coupe et qui touchent plutôt les jeunes peuplements.

1.7 Estimation de la composition de la forêt naturelle à partir du système de classification écologique

En l'absence de données sur la forêt naturelle pour faire une analyse d'écart avec la forêt actuelle, ou pour confirmer des tendances connues ou observées dans l'analyse d'écart, il est possible d'estimer la composition de la forêt naturelle en fonction des types écologiques et des stades évolutifs. À ce sujet, vous pouvez consulter les travaux de la Direction des inventaires forestiers du MFFP.

Il est cependant important de savoir que la végétation potentielle, qui compose le type écologique, est susceptible dans certaines situations de ne pas correspondre à la composition réelle de la forêt naturelle. Des analyses menées dans certaines régions démontrent que l'utilisation du type écologique pour caractériser la forêt naturelle sans qu'il y ait d'interprétation locale peut introduire un biais dans la documentation des enjeux liés à la composition végétale. Des travaux de géoréférencement sont d'ailleurs en cours dans certains territoires pour joindre les données sur

la forêt naturelle (ex. : données tirées des carnets d'arpentage) aux types écologiques afin d'établir des corrélations.

1.8 Triangulation des sources d'information et interprétation des résultats

Pour déterminer et comprendre le mécanisme ainsi que pour évaluer l'ampleur d'un enjeu lié à la composition végétale, l'analyse de la convergence des tendances de l'historique des perturbations, de l'information disponible, des analyses quantitatives et des indices dérivés des types écologiques est essentielle. Parce qu'on détient peu d'informations précises sur la composition de la forêt naturelle, il n'est pas recommandé d'utiliser une seule source pour statuer sur un enjeu et établir des cibles et des seuils précis d'aménagement. Ainsi, une différence quantitative dans les analyses d'écart n'implique pas nécessairement la présence d'un enjeu. Il faut être en mesure d'évaluer si la description de la forêt naturelle est représentative de l'enveloppe de variabilité naturelle de l'enjeu. À l'inverse, l'absence de données quantitatives pour procéder à une analyse d'écart n'est pas suffisante pour affirmer qu'il n'existe pas d'enjeu.

Le niveau de précision des données de la forêt naturelle, le nombre de sources d'information et la précision des analyses d'écart devraient être pris en compte lors de l'établissement des seuils et des cibles d'aménagement. Cette analyse permettra aussi de définir les besoins en matière d'acquisition de connaissances.

1.9 Détermination des seuils d'alerte et évaluation de l'urgence d'agir

En fonction de l'analyse des données et de l'interprétation des résultats, voici quatre niveaux de gravité d'un enjeu qui serviront aux équipes d'aménagistes pour élaborer un plan d'action.

- **L'écart est faible et le demeurera** : il n'y a ni enjeu ni action à mettre en œuvre.
- **L'écart est faible, mais il est susceptible de se creuser si l'on perpétue les pratiques sylvicoles actuelles** : il faut trouver des solutions de remplacement et acquérir une expertise qui devra rapidement être utilisée à grande échelle.
- **L'écart est grand et il reste peu d'endroits où les conditions de la forêt naturelle existent encore** : il est urgent de circonscrire ces endroits et de mettre immédiatement en œuvre des pratiques permettant d'y maintenir les conditions naturelles. Ailleurs, il faut élaborer et expérimenter des actions de restauration à une échelle opérationnelle.
- **L'écart est grand et les conditions de la forêt naturelle sont disparues** : il faut élaborer et expérimenter des actions de restauration à une échelle opérationnelle.

Approche retenue pour répondre aux enjeux

Recommandations sur l'aménagement

- Colliger et analyser les informations sur les enjeux potentiels.
- Procéder à la détermination et à la documentation des enjeux liés à la composition végétale à l'échelle de l'unité d'aménagement.
- Retenir les enjeux les plus pertinents pour l'unité d'aménagement.
- Procéder à une analyse d'écart afin de confirmer l'existence et l'ampleur de l'enjeu à partir des données d'inventaire historiques et actuelles lorsqu'elles sont disponibles, ou de méthodes alternatives lorsqu'elles ne fournissent pas d'indications sur les espèces à analyser.
- Procéder à une analyse de la convergence des tendances dans l'historique des perturbations, l'information disponible, les analyses quantitatives et les indices dérivés des types écologiques afin de déterminer l'existence et l'ampleur de l'enjeu.
- Déterminer le niveau de gravité de chaque enjeu afin d'élaborer un plan d'action adéquat.





CHAPITRE 2

SOLUTIONS AUX ENJEUX

Ce chapitre propose des solutions potentielles sous forme de recommandations sur l'aménagement. Les aménagistes locaux pourront les prendre en compte dans les stratégies d'aménagement des PAFI. Il leur revient ensuite d'évaluer la pertinence et l'applicabilité des solutions proposées, en fonction des enjeux qui auront été déterminés pour leur unité d'aménagement. Dans bien des cas, les aménagistes locaux devront adapter et parfaire ces solutions pour qu'elles satisfassent pleinement aux enjeux liés à la composition végétale en répondant simultanément aux autres enjeux écologiques. On trouve également, en annexe de ce document (annexes B à Q), des fiches synthèses qui présentent des enjeux plus précis liés à la composition végétale et des pistes de solution pour y répondre. Les solutions qui se rapportent à l'aménagement écosystémique y figurent en caractères gras.

2.1 Détermination des objectifs locaux et des cibles à atteindre

Afin d'élaborer les stratégies d'aménagement des PAFI, les aménagistes locaux doivent déterminer clairement les objectifs et les cibles qu'ils désirent atteindre, à court, à moyen et à long terme, pour chacun des enjeux liés à la composition végétale. Si les problèmes de composition végétale ont pris plusieurs décennies à se manifester, on peut supposer que plusieurs décennies seront nécessaires pour modifier les pratiques qui en sont la cause. Pendant cette période, les cibles de maintien ou de restauration de la composition végétale devront être périodiquement revues. Non seulement les succès dépendront-ils d'interventions sylvicoles concrètes et soutenues (régénération, éducation, création de vétérans, gestion du bois mort, etc.), mais aussi des nouvelles connaissances acquises par les chercheurs et du suivi périodique des résultats.

2.2 Compréhension de l'autécologie et des phénomènes en cause (envahissement ou raréfaction)

L'autécologie regroupe l'information scientifique de base sur l'habitat des espèces (milieu physique et végétation associée), la reproduction et la croissance des arbres. Cette information est indispensable à l'élaboration de solutions sylvicoles susceptibles de répondre aux enjeux locaux. La compréhension de l'autécologie des espèces et de leur distribution préférentielle dans la toposéquence régionale, associée à la documentation sur l'historique des perturbations naturelles et anthropiques d'un territoire, permet, dans bien des cas, d'expliquer les phénomènes sous-jacents à un enjeu lié à la composition végétale et de déterminer, en conséquence, les actions correctives à préconiser. À cet effet, le *Guide sylvicole du Québec* fournit l'information essentielle sur l'autécologie des espèces commerciales et concurrentes qui jouent un rôle dans les enjeux liés à la composition végétale. Cette information peut être complétée par celle provenant des guides de classification écologique. Les fiches portant sur les solutions (présentées en annexe) rappellent les éléments importants de l'autécologie des espèces et permettent d'orienter les choix des aménagistes en matière de sylviculture.

2.3 Détermination des secteurs les plus propices à l'atteinte des objectifs

Les solutions susceptibles de répondre aux enjeux liés à la composition végétale doivent être appliquées là où les conditions de station sont adéquates et, idéalement, optimales pour les espèces concernées. On devrait donc tenir compte du type écologique, du stade évolutif du peuplement, actuel et désiré, du potentiel de croissance de la station, des risques de maladies et de perturbations naturelles, des prédateurs naturels et des changements climatiques.

On doit aussi exploiter pleinement le rôle de préservation de la composition végétale qu'offrent les forêts naturelles dans l'unité d'aménagement. Pour obtenir des résultats au cours des prochaines décennies, on devra ainsi rechercher une certaine synergie dans les objectifs de conservation des forêts, de maintien des structures d'âge et de maintien de la structure interne des peuplements. Il apparaît en effet plus efficace, plus simple et moins coûteux de protéger les espèces raréfiées à l'échelle de l'unité d'aménagement dans les couverts matures, diversifiés et stables de la forêt naturelle (c'est-à-dire les peuplements qui ont préservé une large part de leurs attributs de composition et de structure interne) que d'investir massivement dans la restauration de la composition naturelle des peuplements aménagés au moyen de correctifs coûteux qui ne produisent des résultats concrets qu'après une longue période. En ce sens, la priorité à l'échelle de l'unité d'aménagement devrait être de préserver ce qui peut l'être plutôt que de restaurer ce qui a été perdu.

Par ailleurs, bon nombre de forêts ne sont pas nécessairement conformes à cette division entre forêts « naturelles » et forêts « modifiées ». Plusieurs forêts aménagées ont des couverts arborescents diversifiés qui comportent leurs propres espèces en voie de raréfaction. Certaines de leurs caractéristiques (ex. : végétation concurrente, cohorte de semis préétabli, banque de graines) et la qualité de leurs lits de germination (ex. : épaisseur de l'humus, monticules, bois mort) ont été à ce point modifiées par les coupes que la pérennité de la composition végétale ne serait pas garantie à la suite d'une nouvelle perturbation naturelle ou anthropique. Dans un tel cas, on devrait accorder la priorité aux traitements sylvicoles qui permettront d'assurer le maintien de la composition arborescente actuelle.

En somme, lorsqu'il est question de veiller au maintien d'un certain type de peuplement à l'échelle du paysage, il faut, dans un premier temps, cibler les stations les plus propices à la croissance de l'espèce, puis sélectionner les peuplements dont la composition, le stade de développement et le stade évolutif permettront d'atteindre l'objectif le plus rapidement possible. En plus de ces efforts, il faudra aussi, dans plusieurs cas, achever l'aménagement des peuplements existants en adoptant des mesures de restauration qui produiront une amélioration graduelle de la situation (ex. : rétention de semenciers, préparation de terrain, enrichissement, création de nouveaux peuplements par plantation, assistance aux nouveaux peuplements par des traitements d'éducation). En fait, c'est le maintien de la composition végétale dans une partie du territoire forestier (aires protégées, reliquats de la forêt naturelle) ainsi qu'une amélioration de la situation dans les sites où la composition végétale a été profondément modifiée par le passé qui permettront de répondre progressivement aux enjeux liés à la composition végétale et d'améliorer les perspectives de production ligneuse durable avec des espèces qui se raréfient de façon accélérée.

2.4 Détermination du régime sylvicole, du scénario et du traitement pour atteindre les objectifs

Dans le cas où la réponse à un enjeu lié à la composition végétale nécessite des interventions sylvicoles, les aménagistes devront d'abord déterminer, en se basant sur les connaissances en autécologie, le meilleur régime sylvicole pour l'espèce considérée (régulier, irrégulier ou jardiné). Dans bien des situations, une gestion forestière basée sur un régime inadéquat est à la source des problèmes actuels en matière de composition végétale. On peut notamment mentionner l'utilisation abusive, dans le passé, des régimes régulier et jardiné pour des espèces qui sont davantage adaptées à un régime irrégulier.

Les différents régimes, et principalement le régime irrégulier, comportent plusieurs scénarios sylvicoles qui permettent de poursuivre des objectifs distincts. Le choix du scénario dépendra non seulement des objectifs de composition végétale, mais également d'enjeux écologiques et socioéconomiques liés à l'aménagement du territoire concerné. Le *Guide sylvicole du Québec* présente une liste de scénarios sylvicoles pour répondre aux principaux enjeux liés à la composition végétale et à la production ligneuse. Des arbres de décision ont été créés afin d'orienter le choix des scénarios sylvicoles. Dans certains cas, des modalités additionnelles pourraient devoir être intégrées aux scénarios proposés dans le *Guide sylvicole du Québec* afin de mieux répondre aux enjeux liés à la composition végétale (ex. : production d'arbres vétérans, maintien du bois mort).

C'est ensuite au sylviculteur qu'incombera le choix final des meilleurs scénarios sylvicoles et des traitements à appliquer au cours de la prochaine révolution, selon les objectifs poursuivis et l'état du peuplement établi lors du diagnostic sylvicole. Afin d'offrir une réponse adéquate aux enjeux liés à la composition végétale, le diagnostic sylvicole devrait être orienté sur les cohortes des espèces présentes. Cette approche exigera ensuite du sylviculteur qu'il définisse le niveau de rétention qu'il désire appliquer aux individus des différentes cohortes, aux arbres matures et aux tiges de fortes dimensions (vétérans). Le sylviculteur aura également à définir les modalités de régénération des espèces, d'éducation des gaules et de gestion du bois mort. De façon générale, on devra respecter le scénario sylvicole de façon rigoureuse afin qu'il produise les effets désirés sur le plan écologique et qu'on atteigne les objectifs de rentabilité économique des investissements.

2.5 Suivi des actions nécessaires à l'atteinte des objectifs

Le suivi des travaux sylvicoles est le seul moyen de confirmer l'atteinte des objectifs poursuivis à court, à moyen et à long terme. Paradoxalement, en général, peu de ressources sont investies dans les suivis. Dans la nouvelle approche de gestion par objectifs et résultats et dans le contexte de gestion adaptative inhérente à l'application des nouveaux traitements sylvicoles, des efforts accrus devront être investis dans les suivis sur la qualité d'application des traitements et sur les effets escomptés du traitement.

2.6 Grands axes de solutions

Le cahier 1 présente les grands axes de solutions qui permettent de répondre aux enjeux écologiques locaux (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, b). Certains de ces axes, qui répondent aux enjeux liés à la composition végétale, sont détaillés ci-dessous. Ce sont : la conservation, l'allongement des révolutions et les actions sylvicoles. Les fiches présentées en annexe y font également référence.

2.6.1 Forêts de conservation

Les mesures de conservation représentent un outil indispensable au maintien d'entités rares, difficilement remplaçables, de la biodiversité. Elles peuvent s'appliquer à des unités territoriales reconnues légalement (comme les aires protégées), mais également à toutes les forêts des territoires sous aménagement qui sont soustraites à la récolte de façon permanente (ex. : les sites forestiers inaccessibles, les habitats réglementés, certaines lisières boisées riveraines).

Les mesures de conservation prescrites dans de telles forêts peuvent favoriser le maintien de la composition végétale à l'échelle régionale, en protégeant certains écosystèmes naturellement rares ou sensibles (ex. : végétation naturelle des falaises) de même que des forêts résultant d'un long processus de développement (ex. : vieilles forêts). Il est aussi possible d'utiliser les forêts de conservation pour diminuer la raréfaction de certaines espèces. En réponse aux enjeux liés à la composition végétale, la conservation peut, en effet, s'appliquer à des peuplements en voie de raréfaction (ex. : pessières rouges, chênaies, pinèdes, ormaies) et même à des forêts mélangées renfermant des espèces en voie de raréfaction (ex. : sapinières à épinette blanche, sapinières à bouleau jaune et épinette rouge, érablières à feuillus nobles).

Lorsque ce sont de vieilles forêts qui renferment des espèces en voie de raréfaction, la conservation peut apporter une réponse simultanée à plusieurs enjeux écologiques, en permettant notamment le maintien des structures d'âge, de la structure interne du peuplement, du bois mort, des semenciers et des arbres vétérans d'espèces en voie de raréfaction. En particulier, le recrutement continu des vétérans de grande taille, des chicots et des gros débris ligneux dans la vieille forêt offre une combinaison de substrats et de conditions microclimatiques nécessaires au maintien de plusieurs espèces animales et végétales et propices à la régénération naturelle de plusieurs espèces arborescentes en voie de raréfaction (et notamment l'épinette blanche, l'épinette rouge, le thuya, la pruche et le bouleau jaune).

2.6.2 Allongement de révolution ou rotation

L'allongement des révolutions vise à favoriser la création d'attributs propres aux vieilles forêts, dont certaines espèces dépendent pour se régénérer efficacement. Dans les forêts équiennes, l'allongement des révolutions s'applique à l'échelle du peuplement et consiste à laisser vieillir le couvert forestier. Dans les forêts inéquiennes ou irrégulières, l'allongement des révolutions se traduit plutôt par l'allongement du temps de résidence des arbres dans la canopée. Dans les peuplements mélangés qui requièrent des interventions répétées, il est en effet souhaitable de hausser l'âge d'exploitabilité de certaines espèces, en particulier celles qui sont en voie de raréfaction. Cette approche favorise une pluie de semences plus abondante et laisse davantage de temps aux semenciers des espèces qui se reproduisent ainsi pour constituer une cohorte de semis préétablis.

2.6.3 Actions sylvicoles

2.6.3.1 Production d'arbres vétérans et maintien du bois mort au sol

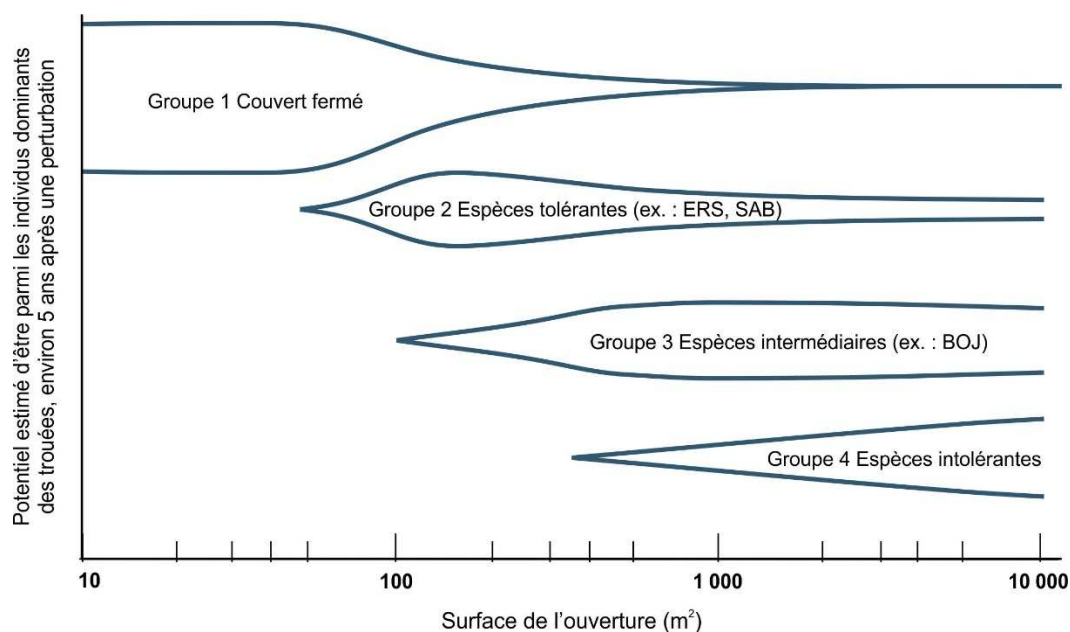
Les attributs des vieilles forêts sont des signes distinctifs qui relèvent de la complexité structurale (étagement vertical, hétérogénéité horizontale, trouées, gros arbres, chicots, débris ligneux au sol, etc.). Il est possible de recréer une partie de ces caractéristiques au moyen de la sylviculture. Toutefois, certaines de ces caractéristiques, comme la taille des arbres, peuvent prendre beaucoup de temps à se développer. C'est pourquoi il convient d'ajouter dans les scénarios sylvicoles des mesures spécifiques pour la rétention des vieux arbres et leur production accélérée quand cela s'avère possible. On peut, par exemple, faire des coupes préparatoires pour éclaircir la cime des grands arbres vigoureux et en accélérer la croissance. Appliquée de façon sélective, une telle mesure aurait pour effet de favoriser la régénération des espèces en voie de raréfaction, en assurant le maintien de leurs semenciers et le recrutement continu des gros débris ligneux, dont plusieurs de ces espèces en voie de raréfaction dépendent pour leur régénération sexuée.

2.6.3.2 Coupes à rétention variable

Les modalités de rétention variable peuvent être adaptées pour répondre aux enjeux liés à la composition végétale. Comme les interventions qui peuvent reproduire les attributs des vieilles forêts, ces modalités de rétention permettent de conserver des vétérans d'espèces en voie de raréfaction et favorisent l'action prolongée des semenciers de ces espèces sur le parterre de coupe. Elles favorisent également le recrutement ultérieur des gros débris ligneux et le maintien de la qualité des lits de germination. Des modalités similaires peuvent aussi être prévues dans les plans d'aménagement spéciaux des secteurs touchés par des perturbations naturelles (brûlis, épidémies ou chablis).

2.6.3.3 Contrôle de l'ouverture du couvert

La modulation de la lumière au sol à la suite d'une intervention forestière dépend largement de l'intensité de la coupe et du patron d'ouverture du couvert arborescent. Or, l'intensité des traitements et la taille des ouvertures dans le couvert influencent l'établissement, le recrutement et la croissance des différentes espèces en régénération. Elles déterminent, dans une large mesure, la composition du parterre forestier et celle des cohortes de régénération préétablie, en produisant un ombrage pour lequel les espèces présentent une tolérance différente selon leurs exigences écologiques (figure 1).



Adapté de F. H. Bormann et G. E. Likens, 1979

Figure 1 Colonisation des groupes d'espèces selon leur tolérance et la taille des ouvertures du peuplement

Ainsi, les trouées, susceptibles de répondre aux besoins des espèces intermédiaires à l'ombre (groupe 3) tout en ne convenant pas aux espèces intolérantes (groupe 4), fourniraient les conditions favorables à l'établissement du bouleau jaune et de la plupart des espèces en voie de raréfaction dans l'érablière, à condition toutefois qu'il y ait des semenciers et des lits de germination appropriés. Les trouées, dont la dimension convient aux espèces intolérantes du groupe 4, sont susceptibles d'exacerber le phénomène d'envahissement par les feuillus intolérants.

L'ouverture du couvert doit s'inspirer des processus naturels, car, dans la nature, les trouées se font généralement de manière progressive (Doyon et Bouffard, 2009). À défaut d'en contrôler l'ouverture, les risques d'obtenir une régénération non désirée entraînant des délais additionnels dans la reconstitution des peuplements s'accroissent fortement. Dans bien des cas, la raréfaction des espèces compagnes tolérantes à l'ombre et l'envahissement par les feuillus intolérants peuvent être attribués à un mauvais contrôle de l'ouverture du couvert.

2.6.3.4 Obtention d'une régénération acquise et éducation des jeunes arbres

Lors de la récolte des peuplements, il est recommandé d'utiliser des traitements sylvicoles qui favorisent l'obtention d'une régénération acquise, c'est-à-dire l'installation naturelle d'une régénération abondante et suffisamment développée avant de retirer les semenciers ou le couvert forestier protecteur (Comité d'experts sur les solutions, 2009). Différents traitements des régimes réguliers ou irréguliers permettent d'atteindre cet objectif.

Les mécanismes de compétition entre espèces et entre individus d'une même espèce font en sorte que la densité de la régénération établie varie avec le temps. En conséquence, avec la coupe totale, on devrait chercher à obtenir une régénération préétablie la plus dense et la mieux distribuée possible en espèces désirées afin de limiter l'espace disponible pour les compétiteurs

héliophiles après la coupe. Cette disposition permet d'agir sur la succession tout en laissant libre cours à la compétition intraspécifique pour favoriser l'émergence des meilleurs sujets. Il est aussi possible de favoriser une régénération acquise composée de différentes espèces en contrôlant l'ouverture du couvert au moyen de trouées de tailles diverses, afin d'obtenir un mélange d'espèces de tolérances diverses à l'échelle du peuplement.

À ce chapitre, les coupes progressives sont un bon choix pour produire une régénération acquise dont le délai d'installation dépendra des espèces. La coupe progressive permet généralement de bien anticiper l'effet des traitements et peut favoriser une diversification de la composition en permettant, par exemple, des interventions ponctuelles dans les secteurs moins bien pourvus en régénération préétablie. La coupe de jardinage est également un choix intéressant bien que les cibles de régénération, dans ce cas, ne soient pas toujours aussi évidentes.

Une fois la strate en régénération établie, la gestion de la composition se fait par l'éducation des gaules et des jeunes arbres. Les mesures d'éducation concernent aussi bien les jeunes peuplements de structure équiennne que les gaules et les jeunes arbres présents dans les peuplements de structure irrégulière ou inéquiennne. Les mesures d'éducation visent à améliorer la croissance et à accélérer le recrutement dans les étages supérieurs de végétation. En général, à l'exception des parterres densément régénérés en espèces désirées et des stations où la concurrence des espèces intolérantes à l'ombre est faible, il est nécessaire de recourir à des mesures d'éducation soutenues (c'est-à-dire des interventions récurrentes) afin d'assurer le maintien de la composition désirée.

L'éducation des jeunes arbres est notamment essentielle pour répondre aux enjeux liés à la raréfaction des espèces tolérantes qui croissent lentement en sous-étage (ex. : thuya, pruche, épinette rouge). Dans le milieu naturel, ces espèces atteignent le couvert supérieur grâce aux perturbations secondaires qui touchent les espèces dominantes (ex. : lorsque la tordeuse des bourgeons de l'épinette altère le couvert dominant du sapin). C'est le rôle de la sylviculture de reproduire cette dynamique par des mesures d'éducation appropriées à l'échelle du peuplement.

2.6.3.5 Gestion des peuplements mélangés

La raréfaction de plusieurs espèces résulte d'une gestion inadéquate de leur répartition dans les peuplements aménagés. On désigne par « gestion des peuplements mélangés » les mesures prises afin d'assurer la régénération simultanée de plusieurs espèces et de favoriser leur croissance dans un même peuplement. Une gestion appropriée des peuplements mélangés autorise, voire encourage la production d'espèces variées. Elle permet un ajustement de la longueur des révolutions aux paramètres physiologiques et autécologiques des différentes espèces désirées (âge de maturité sexuelle, temps requis pour constituer une réserve adéquate de semis préétablis, etc.). Elle permet également de tirer profit des microvariations des conditions stationnelles et de planifier les interventions à une échelle plus fine, de manière à satisfaire aux exigences des différentes espèces. Elle permet enfin d'éviter le choix de régimes et de scénarios sylvicoles conduisant à la disparition de certaines espèces.

La gestion des peuplements mélangés peut aussi être utilisée afin de restaurer la composition naturelle du paysage forestier et de ses différents stades évolutifs, en modifiant la proportion respective des différents peuplements au sein du paysage. Ainsi, dans le cas d'une surabondance locale de peuplements constitués d'essences de lumière, on peut, grâce à certains traitements sylvicoles, accélérer la succession végétale vers les stades ultérieurs (de faciès ou de stabilité) en privilégiant, dans les peuplements mélangés, le développement des espèces intermédiaires et tolérantes au détriment des espèces intolérantes (ex. : coupes de succession).

La gestion des peuplements mélangés représente enfin une mesure indispensable en réponse à la raréfaction des forêts mixtes de fin de succession (ex. : sapinière à bouleau jaune). Pour être efficace, elle doit toutefois s'accompagner d'un contrôle adéquat de l'ouverture du couvert afin de permettre une modulation de la taille des trouées et l'éducation des jeunes arbres.

Approche retenue pour répondre aux enjeux

Recommandations sur l'aménagement

- Déterminer les objectifs et les cibles à atteindre, à court, à moyen et à long terme pour chacun des enjeux de composition végétale.
- Vérifier périodiquement les cibles de maintien et de restauration de la composition végétale.
- Déterminer les secteurs les plus propices à l'atteinte des objectifs :
 - à l'échelle de l'unité d'aménagement, préserver ce qui peut être maintenu plutôt que de restaurer ce qui a été perdu;
 - cibler les stations les plus propices à l'espèce et sélectionner les peuplements dont la composition, le stade de développement et le stade évolutif permettront d'atteindre l'objectif le plus rapidement possible;
 - lorsque requis, accompagner l'aménagement des peuplements de mesures de restauration.
- Lorsque des actions sylvicoles sont requises, déterminer le meilleur régime sylvicole (régulier, irrégulier ou jardiné) pour l'espèce selon l'autécologie.
- Déterminer les meilleurs scénarios sylvicoles et les traitements à appliquer selon les objectifs poursuivis et l'état du peuplement lors du diagnostic sylvicole. En plus des actions sylvicoles, les axes de solutions que sont la conservation et l'allongement des révolutions peuvent également permettre de répondre aux enjeux liés à la composition végétale.
- Procéder à un suivi des travaux sylvicoles afin de confirmer l'atteinte des objectifs à court, à moyen et à long terme.

RÉFÉRENCES UTILES

- BLOUIN, D., A. PATRY et G. LESSARD, 2003. *Suivi de la coupe finale dans un dispositif de coupe progressive d'ensemencement du chêne rouge sur les sommets de l'aire commune 72-01*, Sainte-Foy, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc., 68 p. + annexes.
- BLOUIN, D., F. GRENON et G. LESSARD, 2008. *Comparaison de différents traitements sylvicoles (17) qui favorisent la régénération du bouleau jaune et de l'épinette blanche – Suivi 7 ans après intervention*, Sainte-Foy, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. et Groupement forestier de la Baie-des-Chaleurs, 91 p.
- BOUCHER, J.-F., et autres, 2007. "Growth and Physiological Response of Eastern White Pine Seedlings to Partial Cutting and Site Preparation", *Forest Ecology and Management*, vol. 240, n^{os} 1-3, p. 151-164.
- CAREY, A. B., 2003. "Biocomplexity and Restoration of Biodiversity in Temperate Coniferous Forest: Inducing Spatial Heterogeneity with Variable-Density Thinning", *Forestry*, vol. 76, n^o 2, p. 128-136.
- CHOKKALINGAM, U., et A. WHITE, 2001. "Structure and Spatial Patterns of Trees in Old-Growth Northern Hardwood and Mixed Forests of Northern Maine", *Plant Ecology*, vol. 156, n^o 2, p. 139-160.

- COMITÉ SCIENTIFIQUE SUR LES ENJEUX DE BIODIVERSITÉ, 2010. *Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides – Rapport du comité scientifique*, sous la direction de N. Thiffault, Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 147 p.
- CÔTÉ, S., D. BLOUIN et F. GUILLEMETTE, 2006. *Portrait de la régénération en pin blanc après coupe de régénération dans les strates de la production PIN sur les aires communes 071-01 et 071-21*, Sainte-Foy, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc., 133 p.
- CÔTÉ, S., D. BLOUIN et G. LESSARD, 2006. *Détermination des conditions de réussite de la CPE dans les peuplements à dominance résineuse de la forêt mixte : dispositif du lac Belettev – Suivi après 5 ans*, Sainte-Foy, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc., 38 p.
- CÔTÉ, S., Y. BOUCHER et N. THIFFAULT, 2009. « Le bois mort dans la sapinière à bouleau blanc : importance, caractéristiques et considérations pour l'aménagement écosystémique », *Le Naturaliste canadien*, vol. 133, n° 1, p. 65-72.
- D'AMATO, A. W., D. A. ORWIG et D. R. FOSTER, 2009. "Understory Vegetation in Old-Growth and Second-Growth *Tsuga canadensis* Forests in Western Massachusetts", *Forest Ecology and Management*, vol. 257, n° 3, p. 1043-1052.
- DÉRY, S., et M. LEBLANC, 2005a. *Lignes directrices pour l'implantation des îlots de vieillissement rattachées à l'objectif sur le maintien de forêts mûres et surannées – Partie 1 : intégration à la planification forestière*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 11 p.
- DÉRY, S., et M. LEBLANC, 2005b. *Lignes directrices pour l'utilisation des pratiques sylvicoles adaptées dans le cadre de la mise en œuvre de l'objectif 4*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.
- DUMAIS, D., et M. PRÉVOST, 2007. "Management for Red Spruce Conservation in Québec: The Importance of Some Physiological and Ecological Characteristics – A Review", *Forestry Chronicle*, vol. 83, n° 3, p. 378-392.
- GRENON, F., S. CÔTÉ et C. PATRY, 2010. *Élaboration d'une démarche de mise en œuvre de l'aménagement écosystémique des forêts du Québec*, Sainte-Foy, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc., 337 p.
- GRONDIN, P., et A. CIMON, 2003. *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, 200 p.
- HANSON, J. J., et C. G. LORIMER, 2007. "Forest Structure and Light Regimes Following Moderate Wind Storm Implications for Multi-Cohort Management", *Ecological Applications*, vol. 17, n° 5, p. 1325-1340.
- HÉBERT, B., 2007. *Dynamique de régénération de Thuja occidentalis L. dans de vieilles cédrières mésiques de la Gaspésie*, Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles, 43 p.
- HÉBERT, B., et S. PARENT, 2007. *Facteurs influençant le recrutement de la régénération de Thuja occidentalis L. et Abies balsamea (L.) Mill dans des parterres de coupe de la Gaspésie*, Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles, 36 p.
- HÉBERT, F., et autres, 2006. "Growth Response and Water Relations of 3-Year-Old Planted Black Spruce and Jack Pine Seedlings in Site Prepared Lichen Woodlands", *Forest Ecology and Management*, vol. 223, n°s 1-3, p. 226-236.
- HIX, D. M., C. A. MCNEEL et E. C. TOWNSEND, 1994. "Treatments for Enhancing Early Survival and Growth of Northern Red Oak Seedlings", *Tree Planters' Notes*, vol. 45, n° 4, p. 137-141.
- HOFMEYER, P. V., L. S. KENEFIC et R. S. SEYMOUR, 2009. "Northern White-Cedar Ecology and Silviculture in the Northeastern United States and Southeastern Canada: A Synthesis of Knowledge", *Northern Journal of Applied Forestry*, vol. 26, n° 1, p. 21-27.
- KEETON, W. S., 2006. "Managing for Late-Successional/Old-Growth Characteristics in Northern Hardwood-Conifer Forests", *Forest Ecology and Management*, vol. 235, n°s 1-3, p. 129-142.

- KLIMASZEWSKI, J., 2010. « Les staphylinidés : des témoins de l'effet de l'aménagement forestier en forêt mélangée », *Les Brèves*, n° 22, [En ligne], Service canadien des forêts. [scf.rncan.gc.ca/nouvelles/712].
- LAROUCHE, C., L. S. KENEFIC et J.-C. RUEL, 2010. "Northern White-Cedar Regeneration Dynamics on the Penobscot Experimental Forest in Maine: 40-years results", *Northern Journal of Applied Forestry*, vol. 27, n° 1, p. 5-12.
- LAZARUS, B. E., et autres, 2006. "Landscape-Scale Spatial Patterns of Winter Injury to Red Spruce Foliage in a Year of Heavy Region-Wide Injury", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 36, n° 1, p. 142-152.
- LINDENMAYER, D. B., P. J. BURTON et J. F. FRANKLIN, 2008. *Salvage Logging and its Ecological Consequences*, Washington, Island Press, 227 p.
- NORRIS, J. E., et autres, 2008. *Slope Stability and Erosion Control: Ecotechnological Solutions*, Springer, 287 p.
- NORTH, M., et autres, 2009. *An Ecosystem Management Strategy for Sierran Mixed-Conifer Forests*, Albany, CA, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 49 p.
- RAYMOND, P., et autres, 2009. "The Irregular Shelterwood System: Review, Classification, and Potential Application to Forests Affected by Partial Disturbances", *Journal of Forestry*, vol. 107, n° 8, p. 405-413.
- RAYMOND, P., et autres, 2003. "Group and Single-Tree Selection Cutting in Mixed Tolerant Hardwood-White Pine Stands: Early Establishment Dynamics of White Pine and Associated Species", *Forestry Chronicle*, vol. 79, n° 6, p. 1093-1106.
- RAYMOND, P., J.-C. RUEL et M. PINEAU, 2000. « Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec », *Forestry Chronicle*, vol. 76, n° 4, p. 643-652.
- ROWLAND, E. L., et A. S. WHITE, 2010. "Topographic and Compositional Influences on Disturbance Patterns in a Northern Maine Old-Growth Landscape", *Forest Ecology and Management*, vol. 259, n° 12, p. 2399-2409.
- WEYENBERG, S. A., L. E. FRELICH et P. B. REICH, 2004. "Loggin Versus Fire: How does Disturbance Type Influence the Abundance of *Pinus strobus* Regeneration?", *Silva Fennica*, vol. 38, n° 2, p. 179-194.



ANNEXE A Approches retenues pour répondre aux enjeux liés à la composition végétale

Recommandations sur l'aménagement

- Colliger et analyser les informations sur les enjeux potentiels.
- Procéder à la détermination et à la documentation des enjeux liés à la composition végétale à l'échelle de l'unité d'aménagement.
- Retenir les enjeux les plus pertinents pour l'unité d'aménagement.
- Procéder à une analyse d'écart afin de confirmer l'existence et l'ampleur de l'enjeu à partir des données d'inventaire historiques et actuelles lorsqu'elles sont disponibles, ou de méthodes alternatives lorsqu'elles ne fournissent pas d'indications sur les espèces à analyser.
- Procéder à une analyse de la convergence des tendances dans l'historique des perturbations, l'information disponible, les analyses quantitatives et les indices dérivés des types écologiques afin de déterminer l'existence et l'ampleur de l'enjeu.
- Déterminer le niveau de gravité de chaque enjeu afin d'élaborer un plan d'action adéquat.
- Déterminer les objectifs et les cibles à atteindre, à court, à moyen et à long terme pour chacun des enjeux de composition végétale.
- Vérifier périodiquement les cibles de maintien et de restauration de la composition végétale.
- Déterminer les secteurs les plus propices à l'atteinte des objectifs :
 - à l'échelle de l'unité d'aménagement, préserver ce qui peut être maintenu plutôt que de restaurer ce qui a été perdu;
 - cibler les stations les plus propices à l'espèce et sélectionner les peuplements dont la composition, le stade de développement et le stade évolutif permettront d'atteindre l'objectif le plus rapidement possible;
 - lorsque requis, accompagner l'aménagement des peuplements existants de mesures de restauration.
- Lorsque des actions sylvicoles sont requises, déterminer le meilleur régime sylvicole (régulier, irrégulier ou jardiné) pour l'espèce considérée selon l'autécologie.
- Déterminer les meilleurs scénarios sylvicoles et les traitements à appliquer selon les objectifs poursuivis et l'état du peuplement lors du diagnostic sylvicole. En plus des actions sylvicoles, les axes de solutions que sont la conservation et l'allongement des révolutions peuvent également permettre de répondre aux enjeux liés à la composition végétale.
- Procéder à un suivi des travaux sylvicoles afin de confirmer l'atteinte des objectifs à court, à moyen et à long terme.

ANNEXE B Raréfaction des peuplements mixtes

ENJEUX

Les peuplements mixtes sont composés d'un mélange de conifères et de feuillus. L'intégration des caractéristiques des espèces feuillues et des conifères produit une variété unique d'habitats favorables à une plus grande biodiversité (diversité structurale, microclimat, abondance et variété de la nourriture disponible). Des études sur la forêt boréale démontrent d'ailleurs que les forêts mixtes contiennent souvent plus d'espèces et des populations fauniques plus nombreuses que les peuplements purs, qu'ils soient résineux ou feuillus. Cette richesse s'observe aussi chez les plantes vasculaires de sous-bois, les peuplements mixtes abritant une combinaison d'espèces associées aux feuillus et aux conifères. Les peuplements résineux, particulièrement ceux d'épinette noire, abritent généralement moins d'espèces de plantes vasculaires. En revanche, la richesse et la diversité des plantes non vasculaires (mousses et hépatiques) sont plutôt associées à la composante résineuse, dont l'abondance produit un microclimat plus humide, favorable à leur implantation. La succession végétale conduisant à la formation de peuplements résineux comporte généralement un stade de forêt mixte qui influence le substrat d'établissement de plusieurs mousses et hépatiques (arbres morts et vivants de différentes espèces, de dimensions variées et parvenus à différents stades de décomposition). Aussi, la richesse des communautés microbiennes du sol, qui jouent un rôle indispensable dans la décomposition et la productivité forestière, est plus élevée dans les peuplements mixtes que dans ceux de composition pure, tant résineuse que feuillue. Les forêts mixtes abritent davantage d'espèces de coléoptères saproxyliques, puisqu'on y trouve les espèces associées aux feuillus et aux conifères. Les communautés de coléoptères staphylins (Staphylinidæ) sont plus riches dans les peuplements mixtes et feuillus que dans les peuplements résineux. Chez les passereaux, certaines espèces sont dites spécialistes des forêts mixtes (ex. : grive à dos olive, paruline à gorge orangée, sittelle à poitrine rousse, paruline à gorge noire, paruline à poitrine baie). Les populations de ces espèces sont plus abondantes dans les peuplements mixtes.

La problématique associée à la raréfaction des peuplements mixtes diffère selon les grands domaines bioclimatiques. Elle est intimement associée aux perturbations anthropiques récentes.

Domaines de l'érablière

Dans la forêt feuillue, la raréfaction des peuplements mixtes composés d'espèces de fin de succession résulterait principalement de l'écroulement des espèces résineuses qui a été fait sans égard à leur régénération ou au maintien de leur représentativité dans les peuplements. Cette situation influencerait particulièrement les végétations potentielles MJ1 et MJ2. D'ailleurs, il est possible qu'une partie des stations qui accueillent aujourd'hui des peuplements feuillus ait été intégrée aux végétations potentielles FE à la suite de la disparition des espèces résineuses, victimes de pratiques sylvicoles mal adaptées (annexe I).

Domaines de la sapinière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau blanc

Dans la forêt mixte, la raréfaction des peuplements mixtes des végétations potentielles MJ2 et MS1 serait le résultat de pratiques sylvicoles qui sont destinées à favoriser une production résineuse ou feuillue à l'échelle d'un peuplement (ex. : les éclaircies) et qui conduisent à l'extirpation locale de l'une des deux composantes initiales. Son effet sur la proportion de peuplements mixtes peut toutefois être masqué par l'enfeuillement des peuplements résineux (annexe L) et l'enrésinement par voie de plantation (annexe Q). Par contre, ces derniers

phénomènes peuvent toucher des espèces différentes de celles qui sont historiquement présentes.

Domaine de la pessière à mousses

Dans la forêt résineuse boréale, la raréfaction des peuplements mixtes serait également le fait d'interventions sylvicoles visant à obtenir un peuplement pur, et influencerait les végétations potentielles ME et MS. Théoriquement, l'enfeuilement après une coupe pourrait aussi contribuer à contrebalancer la raréfaction des peuplements mixtes, mais avec des espèces qui peuvent être différentes de celles qui étaient historiquement présentes.

La problématique des peuplements mixtes se pose différemment selon que l'on considère les peuplements qui appartiennent à un stade évolutif intermédiaire de la succession végétale, ou ceux qui se trouvent dans le stade stable, le stade final de la succession végétale. Ces derniers se composent souvent d'espèces différentes et possèdent des attributs structuraux caractéristiques particulièrement favorables à la biodiversité (ex. : structure interne diversifiée, arbres de grande taille, gros chicots, bois mort de forte dimension parvenu à différents stades de décomposition). Dans la sapinière, l'établissement et le maintien de la composante feuillue seraient associés à la mortalité périodique et synchrone du sapin, résultant des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette, ce qui permettrait la formation de peuplements mixtes multicohortes là où les conditions de station sont favorables. Dans la pessière à mousses, les peuplements mixtes sont associés à certains types écologiques plus riches, où les espèces feuillues se maintiendraient grâce à la dynamique des trouées résultant de la sénescence des arbres matures. Ces peuplements sont caractérisés par une grande diversité et une grande densité faunique qui en font des sites de chasse particulièrement importants pour les Autochtones.

L'aménagement devrait respecter la représentativité des différents stades évolutifs de la succession végétale (y compris les peuplements mixtes de stade stable), selon des proportions qui s'inspirent des niveaux naturels au stade de futaie, en prévoyant et en contrôlant l'évolution de la composition.

SOLUTIONS¹

Depuis plusieurs décennies, les pratiques forestières classiques ont produit une grande quantité de peuplements mixtes de stade évolutif intermédiaire, à la suite de l'envahissement des feuillus intolérants. Les peuplements mixtes en voie de raréfaction appartiennent davantage à la catégorie de fin de succession (stades de faciès et de stabilité). Leur composition varie en fonction des domaines bioclimatiques et des types écologiques. Au stade de faciès, des espèces intolérantes peuvent être présentes, mais ces dernières sont alors surtout confinées aux plus grandes trouées. Quant aux peuplements stables, ils sont régis par une dynamique des microtrouées qui n'est plus favorable qu'aux espèces opportunistes de trouées comme le bouleau jaune. En raison de cette dynamique des microtrouées, les peuplements mixtes de fin de succession sont aussi caractérisés par une structure irrégulière. Étant donné ces caractéristiques, la sylviculture devrait être orientée vers le régime irrégulier.

Objectifs à atteindre : gestion des peuplements mélangés qui permet le maintien ou la promotion de la mixité; éducation des jeunes axée sur le maintien de la mixité; régénération des diverses espèces.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

Solutions génériques

- **Mettre au point une sylviculture des forêts mixtes.** Explorer les coupes progressives irrégulières à couvert permanent et à régénération lente (Raymond et autres, 2009), en prévoyant des révolutions permettant l'expression du plein potentiel reproducteur de chacune des espèces présentes, et procéder à la restauration des espèces en voie de raréfaction (ex. : épinette rouge, épinette blanche). Prévoir des cibles de rétention par cohorte pour permettre la formation et le maintien de vétérans, d'une part, et assurer l'éducation des petites tiges afin de promouvoir leur progression jusqu'au couvert dominant, d'autre part. Ces différentes rétentions doivent être orchestrées de manière à contrôler la composition et ainsi maintenir la mixité.
- Éviter la disparition d'espèces en formulant des directives de récolte et de martelage qui limitent ce phénomène.
- Lors de la coupe, intégrer la rétention d'arbres matures vivants chez les espèces prioritaires, de manière à assurer le maintien de semenciers.
- Lors de l'éclaircie précommerciale, du dégagement ou du nettoyage, prévoir des dispositions pour assurer le maintien de la mixité ou adopter des méthodes alternatives (ex. : par puits de lumière) qui permettent de conserver des tiges d'espèces diverses entre les arbres d'avenir dégagés.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Forêts mixtes de la sous-zone décidue (végétations potentielles MJ1 et MJ2 et bouquets résineux des érablières) :
 - restaurer la présence de bouquets résineux : faire une préparation de terrain, suivie d'une plantation ou d'un ensemencement manuel sur de petites superficies, là où les conditions de station sont marginales pour l'érable à sucre et le bouleau jaune; privilégier le reboisement avec des espèces résineuses en voie de raréfaction (épinette blanche, épinette rouge, thuya) convenant aux conditions de la station;
 - procéder à l'enrichissement sous couvert de ces mêmes espèces;
 - se doter de cibles de rétention des bouquets résineux.
- Forêts mixtes du domaine de la sapinière à bouleau jaune :
 - **promouvoir la restauration de peuplements mixtes de fin de succession** : les peuplements mixtes de la sapinière à bouleau jaune sont caractérisés par une structure irrégulière intimement liée au mélange d'espèces dont la longévité est différente et qui sont diversement touchées par les perturbations naturelles, particulièrement par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Ces perturbations provoquent, dans le couvert, des ouvertures d'envergure variable qui sont favorables aux espèces non hôtes (notamment le bouleau jaune et le thuya dans certaines stations) ainsi qu'aux individus survivants des espèces résistantes (épinettes), leur permettant ainsi de progresser au sein du couvert et, éventuellement, de former des vétérans.

Les pics de mortalité dus à la tordeuse des bourgeons de l'épinette sont favorables à l'établissement de cohortes en régénération dans des microsites protégés par un couvert résiduel. Les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sont aussi responsables de chablis et d'un recrutement conséquent de débris ligneux, lesquels forment, dans le parterre, des lits de germination favorables à l'établissement de la régénération.

Dans des conditions naturelles, les peuplements mixtes de la sous-zone mélangée comportent une proportion importante de bouleau jaune, d'épinette blanche, d'épinette rouge, de thuya ou de pruche, qui sont aujourd'hui en voie de raréfaction dans les forêts aménagées. Il est souhaitable de concevoir un scénario sylvicole relevant du régime

irrégulier qui s'inspire de cette dynamique, en ayant soin d'y intégrer la rétention de gros débris ligneux afin de reproduire les conditions à l'origine de ces peuplements mixtes et stables;

- veiller à maintenir des cohortes denses de jeunes bouleaux jaunes (pour limiter les risques de descente de cime);
 - faire les interventions à l'automne, après la chute des feuilles, pour assurer un brassage du sol favorable à la régénération du bouleau jaune.
- Forêts mixtes de la zone boréale :
 - contrer l'enfeuillement par des interventions directes de dégagement ou de nettoyage;
 - contrôler l'ouverture du couvert avec des coupes progressives, dont la dynamique s'inspire des trouées qui existent dans les sapinières et les pessières mixtes de fin de succession.

RÉFÉRENCES UTILES

L'importance des forêts boréales mixtes

JACQMAIN, H., et autres, 2008. "Moose-habitat Relationships: Integrating Local Cree Native Knowledge and Scientific Findings in Northern Québec", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 38, n° 12, p. 3120-3132.

LECOMTE, N., et autres, 2009. *Growing Conditions and Tree Productivity in Boreal Mixedwoods: Hidden Opportunities for Forest Managers*, Réseau de gestion durable des forêts, Edmonton, 6 p. (Note de recherche; 46).

LECOMTE, N., et autres, 2010. *Boreal Mixedwood Management : Minimizing Risk in a Changing Climate*, Réseau de gestion durable des forêts, Edmonton, 6 p. (Note de recherche; 60).

MACDONALD, E., et autres, 2010. *La composition des peuplements et la biodiversité en forêt boréale mixte : différents toits-différents habitants?*, Réseau de gestion durable des forêts, Edmonton, 6 p. (Note de recherche; 59).

La dynamique des forêts mixtes subboréales

BOUCHARD, M., D. KNEESHAW et Y. BERGERON, 2006. "Tree Recruitment Puses and Long Term Species Coexistence in Mixed Forests of Western Québec", *Ecoscience*, vol. 13, n° 1, p. 82-88.

ANNEXE C Raréfaction de l'épinette blanche

ENJEUX

Au Québec, l'épinette blanche est l'une des espèces compagnes de fin de succession. Cette essence est associée à plusieurs végétations potentielles (MS2, MS1, RS1, RS2, MJ2, MJ1 et FE3). On la trouve principalement dans les domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau blanc de même que dans les domaines des érablières et des pessières. L'épinette blanche peut aussi former des peuplements purs sur les friches agricoles abandonnées (végétation potentielle RB1), mais ces peuplements purs sont différents des peuplements naturels où l'espèce est sous-dominante et mélangée à d'autres essences. La raréfaction de l'épinette blanche s'observe principalement dans les sapinières issues de coupes et résulterait de l'effet conjugué de la diminution des semenciers consécutive à l'exploitation forestière et de la rareté relative des lits de germination favorables. Elle est également manifeste dans les érablières où les épinettes blanches de bonne dimension ont souvent été récoltées lors de coupes successives sans que des dispositions soient prises pour en assurer la régénération.

Les sapinières naturelles étaient régies par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. L'action sélective de cet insecte y favorisait le maintien des espèces non hôtes, comme le bouleau, et résistantes, comme l'épinette blanche, qui bénéficiaient d'un effet d'éclaircie à la suite des épidémies. Les conditions d'ombrage partiel ainsi générées étaient favorables à l'établissement des semis d'épinette blanche, qui ont besoin d'humidité pour s'implanter. Les chablis subséquents engendraient des lits de germination favorables à l'établissement de semis d'épinette blanche. Ces lits de germination correspondent au sol minéral, au mélange de sol minéral et de matière organique ainsi qu'au bois mort en décomposition, dont les épidémies récurrentes assurent le recrutement. Les gros débris ligneux représentent d'ailleurs le meilleur substrat d'établissement pour l'épinette blanche. Le sapin jouerait donc un rôle important dans son maintien, grâce à une production rapide de gros débris ligneux résultant de sa vulnérabilité à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, à la carie et au chablis. Lors de la chute du sapin, ses branches ont tendance à se casser, permettant ainsi à la tige morte d'accéder plus rapidement à l'humidité du sol que celle de l'épinette, qui reste souvent perchée sur ses branches lors d'un chablis. Enfin, la mortalité résultante dans le couvert forestier permet de libérer la strate en régénération préétablie d'épinette blanche. Grâce à leur longévité, qui dépassait les 200 ans, les vétérans d'épinette blanche des sapinières naturelles pouvaient survivre à plusieurs épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Or, ces vétérans jouaient un rôle fondamental dans la structure verticale des habitats et dans la formation des vieilles sapinières de structure irrégulière.

Parmi les peuplements résineux, la proportion d'épinette blanche est beaucoup plus importante dans les peuplements ayant subi une épidémie légère (17,9 %), ou n'ayant pas été coupés (13,3 %), que dans ceux issus d'une coupe (6,4 %). La pratique d'un aménagement équienne sur de courtes révolutions a donc amplifié le problème de raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières, et pourrait même entraîner sa disparition dans certains sites, surtout si ce type d'aménagement est récurrent. En effet, la production semencière de l'épinette blanche, qui débute lorsque l'arbre a 30 ans et qui culmine lorsqu'il atteint 40 ans, a lieu essentiellement durant les bonnes années semencières qui reviennent tous les deux à six ans. Dans la forêt équienne de seconde venue, la banque de semis d'épinette blanche se constitue plus tardivement et plus lentement que celle du sapin, dont la production est plus hâtive, plus fréquente et surtout alimentée par un plus grand nombre de semenciers. Il est d'ailleurs possible que les coupes de récupération pratiquées à la suite de la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette aient contribué à aggraver le phénomène de raréfaction de l'épinette blanche. Ces

coupes de récupération ont retiré de la forêt des épinettes qui auraient pu survivre et faire office de semenciers quelques années plus tard, alors que les chablis subséquents à l'épidémie auraient engendré des conditions favorables à la régénération.

Dans les sapinières à bouleau blanc naturelles, la proportion d'épinette blanche pouvait représenter de 27 à 63 % du volume des bois. Les données du troisième inventaire décennal indiquent que l'épinette blanche représente maintenant de 10 à 20 % de la surface terrière des peuplements résineux de la végétation potentielle MS2 compris dans les sous-domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau blanc. Des proportions supérieures à 15 % ont été enregistrées dans des peuplements où la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette a considérablement réduit la proportion de sapin. En Gaspésie, où la proportion d'épinette blanche était historiquement plus élevée, la raréfaction de l'essence a été amplifiée par une épidémie du dendroctone de l'épinette qui a sévi de 1930 à 1934, et qui a été suivie par une épidémie du diprion européen de l'épinette de 1934 à 1940. Ces épidémies, associées au dépérissement du bouleau, avaient alors provoqué un ensapinage des peuplements, étant donné l'abondante régénération du sapin.

SOLUTIONS¹

Les semis d'épinette blanche ont besoin de conditions humides pour s'établir, et la germination est meilleure sous couvert partiel. La strate en régénération doit être bien établie et suffisamment haute pour faire face à la compétition résultant d'une ouverture du couvert. Bien que les jeunes épinettes puissent réagir après plusieurs années d'oppression, leur réaction à l'ouverture du couvert est meilleure lorsqu'elles sont jeunes. C'est pourquoi la sylviculture devrait être orientée vers les coupes progressives.

Par ailleurs, puisque les peuplements mélangés comportant de l'épinette blanche développent naturellement une structure irrégulière, la sylviculture devrait être orientée vers le régime irrégulier pour permettre la régénération naturelle de cette espèce. Toutefois, comme l'épinette blanche peut facilement être plantée après une coupe totale, il est aisé d'en assurer la régénération.

Objectifs à atteindre : maintien de semenciers; restauration de vétérans d'épinette blanche; régénération de l'espèce; formation et protection de gros bois mort en décomposition sous couvert partiel.

Solutions génériques

- **Mettre au point une sylviculture des forêts mixtes et mélangées.** Explorer la coupe progressive irrégulière à couvert permanent et des révolutions permettant l'expression du plein potentiel reproducteur de chacune des espèces présentes. Cela implique un **allongement de la révolution pour l'épinette blanche**.
- Intégrer la rétention d'épinettes blanches matures vivantes de manière à assurer le maintien de semenciers et restaurer la **représentativité des vétérans d'épinette blanche**. Il est souhaitable d'envisager la restauration active de ces vétérans en éclaircissant les épinettes blanches les plus imposantes (pour obtenir de grosses tiges plus rapidement).
- Dans les peuplements mélangés comportant de l'épinette blanche, éviter les coupes totales récurrentes sur de courtes révolutions. Sur les bons sites et en présence de semenciers, envisager des coupes progressives d'ensemencement pour assurer le maintien de l'épinette et ainsi favoriser la constitution d'une cohorte de semis préétablis. À défaut de semenciers, on

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

peut opter pour l'ensemencement manuel ou le regarni sous couvert. On peut également avoir recours au regarni après la coupe avec protection de la régénération et des sols.

- Certains peuplements aménagés présentent aujourd'hui une nette carence en épinette blanche en régénération à cause de la raréfaction des semenciers. En pareil cas, procéder, sur les sites favorables, à la restauration de l'épinette blanche en régénération en ayant notamment recours à un **enrichissement par plantation ou par ensemencement**, sous couvert ou dans les trouées.
- Assurer la disponibilité de lits de germination favorables à l'épinette blanche : bois mort en décomposition et sol perturbé. Lorsque l'humus est mince (≤ 5 cm), effectuer les opérations en été afin d'assurer un brassage du sol. Lorsque l'humus est plus épais (> 5 cm), prévoir des travaux de préparation de terrain pour que le brassage du sol permette la germination de l'épinette blanche. Porter une attention particulière au bois mort en décomposition qui représente le lit de germination le plus favorable à l'épinette blanche. Il convient donc de planifier le recrutement de bois mort au fil du temps.
- Lors des coupes de récupération consécutives à une perturbation majeure (ex. : épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette), éviter de récolter les épinettes blanches survivantes et conserver une partie du bois mort sur pied.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Épinette blanche dans les peuplements résineux (végétations potentielles RS1) :
 - explorer le régime irrégulier pour reconstituer, sur les stations les plus riches, des sapinières caractérisées par la présence de vétérans d'épinette blanche, ceux-ci jouant un rôle fondamental dans la restauration des vieilles sapinières à structure irrégulière. Des travaux d'éducation du peuplement pourraient être requis.
- Épinette blanche dans les peuplements mixtes (végétations potentielles MJ1, MJ2, MS1 et MS2) :
 - voir l'annexe B sur la raréfaction des peuplements mixtes (texte sur la dynamique des forêts touchées par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette);
 - orienter la sylviculture vers les coupes progressives en s'inspirant de la dynamique naturelle des sapinières mixtes à bouleau jaune ou à bouleau blanc. Des travaux d'éducation du peuplement pourraient être requis, notamment pour contrôler la régénération du sapin, de l'érable rouge et de l'érable à épis.
- Épinette blanche dans l'érablière (végétations potentielles débutant par FE) :
 - conserver des épinettes blanches lors du jardinage ou de la coupe progressive irrégulière et assurer leur régénération;
 - envisager la restauration de bouquets résineux dans les microsites de l'érablière qui sont moins favorables à l'érable à sucre et au bouleau jaune. On peut reconstituer de tels bouquets en procédant à la plantation ou à l'ensemencement de bouquets d'épinette blanche ou, mieux encore, de bouquets résineux composés d'un mélange d'espèces résineuses en voie de raréfaction, selon les conditions de la station (ex. : épinette blanche et épinette rouge sur les microsites convexes; thuya et pruche dans les petites dépressions humides).

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction de l'épinette blanche au Québec

GRONDIN, P., J. NOËL et D. HOTTE, 2003. « Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières de la forêt boréale », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*,

Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 67-92.

La sapinière de la forêt naturelle

BARRETTE, M., L. BÉLANGER et L. DE GRANDPRÉ, 2010. "Pre-industrial Reconstruction of a Perhumid Mid-boreal Landscape, Anticosti Island, Quebec", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 40, n° 5, p. 928-942.

COMITÉ SCIENTIFIQUE SUR LES ENJEUX DE BIODIVERSITÉ, 2007. *Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides : Rapport préliminaire du comité scientifique*, Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, VIII + 118 p. + annexes.

LEBLANC, M., et L. BÉLANGER, 2000. *La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte*, Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, 92 p. (Mémoire de recherche forestière; 136).

Les ravageurs exotiques ayant attaqué l'épinette blanche

DESROCHERS, P., Y. PROULX et J. VANACKER, 2006. *Les dangers des ravageurs exotiques pour les forêts de l'est du Canada (partie 1)*, [En ligne], Ressources naturelles Canada.

[http://www.exoticpests.gc.ca/pdf/Rav_Exo_2005_FR_partie1.pdf].

ANNEXE D Raréfaction de l'épinette rouge

ENJEUX

L'épinette rouge est l'une des espèces compagnes de fin de succession de certaines végétations potentielles des domaines bioclimatiques de l'érablière et de la sapinière. Dans ces domaines, on trouve les types feuillus d'érablières (végétation potentielle FE) où l'épinette rouge aurait été plus importante par le passé, des types mélangés de sapinières à bouleau jaune (végétations potentielles MJ et MS1), ainsi que d'autres types résineux de la sapinière (végétations potentielles RS5 et RS1) qui occupent des sites moins riches que les types précédents. Dans les trois cas, le régime de perturbations naturelles dominant est celui des microtrouées, engendrées par la mort d'arbres sénescents. On observe également un régime de perturbations modérées d'épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou de chablis partiels qui provoque des ouvertures un peu plus grandes. L'action combinée de ces régimes favorise le développement d'une structure irrégulière, alors que la tordeuse des bourgeons de l'épinette limite l'abondance du sapin dans le couvert dominant. Dans la sapinière à épinette rouge (RS5), les épinettes rouges sont souvent hybridées avec des épinettes noires, ce qui augmente leur amplitude écologique. Elles sont d'ailleurs plus susceptibles de survivre à de grandes ouvertures dans le couvert.

La raréfaction de l'épinette rouge a été reconnue dès les années 1940. Quoique moins dense, cette espèce est encore naturellement présente dans des peuplements particulièrement productifs qui ont déjà été exploités jusqu'à quatre fois. Par conséquent, les conditions actuelles sont passablement différentes de celles qui prévalaient lorsque la forêt était dans son état naturel, notamment en ce qui a trait à la densité de semenciers d'épinette rouge à l'échelle du paysage. Bien que la description de la forêt naturelle comporte souvent une incertitude liée au regroupement des différentes espèces d'épinette, une étude récente confirme que le taux actuel d'occupation de l'épinette rouge représente 20 % de ce qu'il était dans la forêt dynamisée par les perturbations naturelles.

La raréfaction de l'épinette rouge résulterait de l'effet conjugué de la diminution des semenciers consécutive à l'exploitation forestière et d'une sylviculture mal adaptée aux exigences écophysiologiques de cette espèce. Historiquement, il semble que l'épinette rouge ait pu se maintenir grâce à une moins grande vulnérabilité que le sapin à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, à la carie et au chablis. Les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sont responsables d'une ouverture partielle et progressive du couvert (ouvertures de dimension limitée à moins de 800 m²), apte à assurer la survie des semis d'épinette rouge qui sont très sensibles à l'insolation et qui requièrent des conditions humides, particulièrement au cours des premières années d'établissement. Toutefois, dans les trouées, les épinettes rouges croissent moins rapidement que les sapins, dont l'acclimatation morphologique est plus rapide à court terme. Par contre, une fois dégagées, les épinettes rouges préétablies ont généralement une très bonne reprise de croissance, et ce, malgré une longue période d'oppression antérieure. En fait, la dynamique naturelle des petites trouées permet aux épinettes rouges préétablies de s'acclimater à une ouverture progressive du couvert forestier, et d'atteindre l'étage dominant à la suite d'une succession de périodes de croissance en hauteur et d'oppression associée aux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. De plus, les chablis consécutifs aux épidémies favorisent la chute au sol de gros débris ligneux, dont la décomposition lente fournit un microsite et un substrat favorables à la germination et à l'établissement des semis d'épinette rouge. Dans la forêt naturelle, la présence de semenciers d'épinette rouge était assurée de manière durable grâce à la longévité de l'arbre qui dépassait les 200 ans et pouvait même aller au-delà de 400 ans. D'ailleurs, les sapinières à bouleau jaune primitives étaient caractérisées par de très grosses

tiges résineuses (diamètre à hauteur de poitrine [DHP] égal ou supérieur à 32 cm) composées majoritairement d'épinette rouge, qui pouvaient représenter près du tiers de la surface terrière.

Les coupes totales ont produit des résultats variables en fonction de la régénération résineuse préétablie. Lorsque celle-ci était clairsemée (c'est-à-dire lorsqu'elle ne formait pas un tapis continu), l'espace laissé vacant a rapidement été occupé par les espèces héliophiles. Par contre, là où la régénération résineuse était abondante, c'est plutôt le sapin qui a pris le dessus. D'ailleurs, la raréfaction de l'épinette rouge à la suite de coupes, souvent associée à celle de l'épinette blanche, se fait généralement au profit du sapin, du bouleau à papier, du peuplier et de l'érable à épis. Cette problématique n'est donc pas étrangère aux enjeux liés à la raréfaction de l'épinette blanche, à l'envahissement par le sapin et à l'envahissement par les feuillus intolérants. À l'instar de l'épinette blanche, la raréfaction de l'épinette rouge a possiblement été aggravée à la suite de la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette par les coupes de récupération ayant retiré du milieu des semenciers qui auraient pu survivre.

SOLUTIONS¹

La régénération de l'épinette rouge représente un défi sylvicole important, compte tenu de la faible amplitude écologique conduisant à la germination et à la croissance juvénile de cette espèce. Les semences d'épinette rouge ont besoin d'ombre (10 % de pleine lumière) et de fraîcheur pour germer. Les lits de germination favorables sont les gros débris ligneux en décomposition, les microsites surélevés, frais, humides et ombragés, les mousses humides, la litière résineuse ainsi qu'un mélange de sol minéral et de matière organique. Les jeunes semis ont de fines racines dont la croissance est lente, de sorte qu'ils ont un grand besoin d'humidité et sont très sensibles à la sécheresse. La cohorte de semis préétablis se forme très lentement, et ceux-ci requièrent une ouverture progressive et lente du couvert pour survivre et progresser dans les étages du peuplement. En conséquence, la régénération s'effectue essentiellement dans de petites trouées. Étant donné ces exigences, la sylviculture devrait être orientée vers les scénarios du régime irrégulier.

Objectifs à atteindre : maintien des pessières rouges, des sapinières à bouleau jaune et épinette rouge ainsi que des bétulaies jaunes à sapin et épinette rouge naturelles; maintien d'un couvert forestier incluant des semenciers d'épinette rouge; régénération de l'espèce; restauration des vétérans d'épinette rouge; production et protection de gros débris ligneux en décomposition; recrutement de la régénération d'épinette rouge dans le couvert forestier.

Solutions génériques

- **Mettre au point une sylviculture adaptée aux forêts mixtes et mélangées :** 1) explorer la coupe de jardinage par groupe d'arbres et la coupe progressive irrégulière à couvert permanent, en prévoyant des révolutions suffisamment longues pour permettre l'expression du plein potentiel reproducteur de chacune des espèces présentes, ce qui implique un allongement de la révolution pour l'épinette rouge; 2) expérimenter diverses méthodes pour favoriser la régénération de l'épinette rouge (ex. : enrichissement sous couvert, préparation de terrain et ensemencement sur monticules, maintien ou production de gros débris ligneux); 3) dégager partiellement la strate de régénération établie de l'épinette rouge en créant de petites trouées dans le peuplement.
- Intégrer la rétention d'épinettes rouges matures vivantes de manière à **assurer le maintien des semenciers et à restaurer la représentativité des vétérans d'épinette rouge**. Il est

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

également souhaitable d'envisager la restauration active de ces vétérans en éclaircissant les plus grosses épinettes rouges pour obtenir de grosses tiges plus rapidement.

- Assurer la disponibilité de lits de germination favorables à l'épinette rouge et expérimenter des mesures d'assistance sous couvert à la strate en régénération (ex. : préparation de terrain, contrôle de la compétition, création de monticules ou production de gros débris ligneux); procéder à un brassage du sol, tout en protégeant le bois mort en décomposition. Les gros débris ligneux constituent, en effet, un substrat plus propice à la régénération naturelle que le sol minéral.
- Faire les opérations en automne, après la chute des feuilles, dans les peuplements mixtes, en veillant toutefois à **protéger la strate de régénération de l'épinette rouge qui serait déjà présente** et les gros débris ligneux. Le couvert arborescent doit permettre de maintenir les lits de germination à l'ombre.
- Lors des coupes de récupération consécutives aux perturbations majeures (comme le feu et les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette), éviter de récolter les épinettes rouges survivantes.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Pessières rouges (végétation potentielle RS5) :
 - vérifier l'enracinement et limiter au besoin l'intensité des coupes partielles dans les stations du type écologique RS50 et planifier soigneusement la disposition des sentiers de manière à réduire les risques de chablis.
- Épinette rouge dans les sapinières à bouleau jaune et les bétulaies jaunes à sapin (végétations potentielles MJ1, MJ2 et MS1) :
 - consulter le cas des peuplements mixtes de la sapinière à bouleau jaune dans l'enjeu lié à la raréfaction des peuplements mixtes pour comprendre la dynamique lors des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette;
 - orienter la sylviculture vers le régime irrégulier au moyen de coupes progressives tout en évitant le retrait systématique des semenciers d'épinette rouge, et prendre des dispositions pour en assurer la régénération, notamment par la protection du bois mort en décomposition et par la préparation de terrain sous couvert dans les microsites adéquats. Une fois la strate en régénération installée et suffisamment développée, ouvrir progressivement le couvert pour dégager les cohortes de semis.
- Épinette rouge dans les érablières (végétations potentielles débutant par FE) :
 - éviter l'élimination des épinettes rouges lors des coupes de jardinage et des coupes progressives irrégulières; assurer leur régénération et leur recrutement dans les étages supérieurs de végétation.

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction de l'épinette rouge au Québec

FORTIN, M., 2003. « Raréfaction de l'épinette rouge », dans Grondin, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 45-66.

L'importance des caractéristiques écophysiologiques de l'épinette rouge

DUMAIS, D., et M. PRÉVOST, 2007. "Management for Red Spruce Conservation in Québec: The Importance of Some Physiological and Ecological Characteristics – A Review", *The Forestry Chronicle*, vol. 83, n° 3, p. 378-392.

L'écophysiologie et la croissance de la strate en régénération préétablie après des coupes partielles dans les peuplements mixtes à bouleau jaune (BjR)

DUMAIS, D., et M. PRÉVOST, 2008. "Ecophysiology and Growth of Advance Red Spruce and Balsam Fir Regeneration After Partial Cutting in Yellow Birch-conifer Stands", *Tree Physiology*, vol. 28, n° 8, p. 1221-1229.

Les régimes de perturbations dans différents types de forêts

NORTH, M. P., et W. S. KEETON, 2008. "Emulating Natural Disturbance Regimes: an Emerging Approach for Sustainable Forest Management", dans LAFORTEZZA, R., et autres (dir.), *Patterns and Processes in Forest Landscapes*, Springer Netherlands, p. 341-372.

La dynamique des peuplements mixtes à bouleau jaune

BARRETTE, M., 2004. *Caractérisation du paysage primitif de la région écologique des hautes collines du Bas-Saint-Maurice pour une gestion des écosystèmes du parc national du Canada de la Mauricie*, Thèse (M. Sc.), Université Laval, 129 p.

BARRETTE, M., et L. BÉLANGER, 2007. « Reconstitution historique du paysage préindustriel de la région écologique des hautes collines du Bas-Saint-Maurice », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 37, n° 7, p. 1147-1160.

DOYON, F., et B. LAFLEUR, 2004. *Caractérisation de la structure et du dynamisme des peuplements mixtes à bouleau jaune : pour une sylviculture irrégulière proche de la nature*, Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 57 p. + annexes. (Rapport technique).

ANNEXE E Raréfaction de la pruche du Canada

ENJEUX

La pruche du Canada se trouve dans les différents domaines bioclimatiques de l'érablière et, plus marginalement, dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Le phénomène de raréfaction de la pruche serait plus important dans l'érablière à bouleau jaune. Les pruches peuvent former des peuplements purs (végétation potentielle RT1) dans des stations souvent exposées au nord et situées près des plans d'eau (à l'abri des feux). Dans l'ouest du Québec, les peuplements à dominance de pruche occupent souvent des stations fragiles à dépôt mince et très pierreux. On trouve également la pruche comme essence compagne dans les peuplements de feuillus tolérants (végétations potentielles FE et FO) ainsi que dans les peuplements mélangés, en association avec le bouleau jaune (végétation potentielle MJ). La présence de conifères dans la forêt de feuillus tolérants, y compris celle de la pruche, permet une variété des habitats favorables à la biodiversité.

La pruche du Canada a été exploitée dès la fin du ^{xix}^e siècle alors que son écorce représentait une source de tanins utilisés dans l'industrie de la tannerie. Puis, au début du ^{xx}^e siècle, on en a fait des traverses de chemins de fer. De nos jours, la pruche est peu utilisée.

La raréfaction de la pruche serait le résultat de son exploitation et d'un défaut de régénération. Cette espèce, très tolérante à l'ombre, requiert des conditions constantes de température et d'humidité pendant la phase d'établissement des semis. Dans les forêts dynamisées par les perturbations naturelles, le renouvellement des prucheraies se fait par le recrutement d'une nouvelle cohorte d'arbres sous un couvert de vieux arbres. Ce recrutement n'est possible que lorsque les conditions climatiques sont favorables à la survie des semis (absence de hautes températures et d'assèchement des horizons supérieurs du sol). La température et l'humidité essentielles à sa régénération se répercutent sur le recrutement, qui se fait plutôt par cohorte. De plus, en l'absence de perturbation du sol, la régénération dépend du bois pourri, des souches et des monticules, qui présentent des conditions plus humides et plus chaudes que le parterre forestier. Par la suite, la croissance juvénile de la pruche est généralement très lente. La pruche a des besoins similaires à ceux du bouleau jaune pour assurer sa survie.

Les prucheraies denses constituent des abris hivernaux de choix pour le cerf de Virginie. Toutefois, le broutement de celui-ci peut limiter de façon importante la régénération de la pruche et son recrutement dans les étages supérieurs. La raréfaction de peuplements résineux matures à l'échelle du paysage a aussi pu contribuer à amplifier la pression exercée par le cerf sur les prucheraies.

Les prucheraies modifient les conditions des terres humides et des cours d'eau près desquels elles croissent, grâce à leur couverture dense, qui maintient l'eau à une température plus fraîche, favorable à l'omble de fontaine. Pendant l'été, les ruisseaux situés dans les prucheraies conservent un débit de base qui est non seulement propice à la survie de l'omble, mais également à la production des invertébrés aquatiques dont il se nourrit.

L'arbre est menacé par le puceron lanigère de la pruche, qui cause d'importants dégâts aux États-Unis. Cette menace pourrait s'étendre au Canada si les populations de cet insecte exotique parviennent à survivre aux hivers plus cléments associés au réchauffement climatique. Certaines plantes vivent en association avec la pruche, comme le platanthère à grandes feuilles (*Platanthera macrophylla*), qui est susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable.

SOLUTIONS¹

Les semis de pruche ont besoin d'humidité constante pour s'établir. Cet établissement se fait sous couvert partiel, sur des lits de germination favorables comme le bois mort décomposé ou un mélange de sol minéral et de matière organique. Les semis de pruche peuvent mourir de sécheresse et d'insolation à la suite d'une ouverture trop brutale du couvert. En revanche, ils survivent assez bien lorsque les conditions permettent leur acclimatation graduelle à l'ensoleillement. Par la suite, ils croissent lentement et supportent mal la compétition, notamment celle du sapin, qui envahit parfois le parterre des prucheraies. Étant donné ces exigences, la sylviculture devrait être orientée vers les régimes irréguliers et jardinés, selon une dynamique de petites trouées. Ces exigences soulignent la nécessité d'un suivi rigoureux des succès de régénération, surtout dans les peuplements mélangés.

Objectifs à atteindre : maintien des prucheraies et des peuplements mixtes composés de feuillus tolérants et de pruche; maintien de semenciers de pruche; régénération de l'espèce; restauration de vétérans de pruche; production et protection de gros débris ligneux en décomposition; recrutement des pruches dans le couvert forestier.

Solutions génériques

- Accorder la priorité aux **interventions d'intensité légère**, par pied d'arbres et par groupe d'arbres; prévoir la création et le maintien de **gros débris ligneux**.
- **Mettre au point une sylviculture des forêts mixtes et mélangées**; explorer notamment la coupe progressive irrégulière à couvert permanent.
- Exercer un **suivi rigoureux de la strate en régénération** et appliquer des **mesures d'éducation** de la strate en régénération et des jeunes tiges en recrutement afin de pallier la lente croissance de l'espèce.
- Étant donné les coûts engendrés par la nécessité d'application récurrente de mesures d'assistance à la strate en régénération et d'éclaircies à caractère jardinatoire, envisager d'orienter certaines prucheraies vers la conservation intégrale.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Prucheraies (végétation potentielle RT1) :
 - traiter les prucheraies par coupes progressives irrégulières et parfois même par jardinage par pied d'arbres et par groupe d'arbres; sur les stations à dépôt mince, réduire l'intensité des coupes partielles et planifier soigneusement la disposition des sentiers de manière à réduire les risques de chablis.
- Pruche dans les peuplements mélangés (végétations potentielles débutant par MJ, FE et FO) :
 - protéger la pruche lors de la coupe progressive irrégulière à couvert permanent et de la coupe de jardinage;
 - dans le cas de la coupe progressive irrégulière, limiter les prélèvements de manière à favoriser la régénération par groupe de pruches;
 - veiller à la disponibilité de lits de germination favorables et favoriser le recrutement des petites pruches.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction de la pruche

DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.

Les prucheraies, habitat irremplaçable

MCMANUS, K. A., K. S. SHIELDS et D. R. SOUTO (éds), 2000. *Proceedings Symposium on Sustainable Management of Hemlock Ecosystems in Eastern North America*, Newton Square, PA, USDA Forest Service, Northeastern Research Station, 237 p. [General Technical Report NE-267].

ORWIG, D., 2008. "Eastern Hemlock: Irreplaceable Habitat", [En ligne], *Massachusetts Sierran*, p. 3-5. [http://harvardforest.fas.harvard.edu/publications/pdfs/orwig_Sierran_2008.pdf].

Les caractéristiques des prucheraies au Québec

BÉDARD, S., et Z. MAJCEN, 2000. *Accroissement et régénération des prucheraies dix ans après une coupe de jardinage dans une aire d'hivernage de cerf de Virginie*, Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, 14 p. (Note de recherche forestière; 103).

MAJCEN, Z., et Y. RICHARD, 1993. *Composition et structure des prucheraies dans cinq secteurs forestiers du Sud-ouest québécois*, Québec, ministère des Forêts, Direction de la recherche, 67 p. [Mémoire n° 107].

Certaines espèces sensibles associées au milieu forestier

HARVEY, B.-P., et AUTRES, 2002. *Guide terrain : Espèces menacées ou vulnérables associées au milieu forestier – Région de Québec*, [En ligne], Association forestière Québec métropolitain. [http://www.af2r.org/pdf/guide_esp.pdf].

ANNEXE F Raréfaction du thuya

ENJEUX

Le thuya occidental est notre espèce la plus longévive. Il est tolérant à l'ombre et peut former des peuplements purs sur les stations mal drainées (végétation potentielle RC3) et les escarpements. On le trouve également mélangé à d'autres essences dans diverses stations forestières (végétation potentielle RS1 principalement, puis les autres RS; les MJ et MS; et parfois les RE, RP, MF et FE). Le thuya pousse dans tous les domaines bioclimatiques du Québec. La raréfaction du thuya résulterait de l'effet conjugué des actions anthropiques et de la pression exercée par les populations de cerfs de Virginie. Le phénomène de raréfaction s'observe dans tous les peuplements purs et mélangés, qu'ils soient à dominance feuillue ou résineuse. Le problème est toutefois plus prononcé dans les peuplements mélangés des stations mésiques et mésiques riches, où la compétition interspécifique est élevée et où la croissance du thuya ainsi que la qualité des tiges produites sont meilleures.

Les activités anthropiques à l'origine de la raréfaction du thuya comprennent l'exploitation forestière, une sylviculture mal adaptée à cette essence et un aménagement orienté vers la production d'autres essences, où l'on supprime généralement les essences compagnes tout en instaurant des conditions défavorables à leur régénération. Dans des conditions naturelles, la régénération et le maintien du thuya résultent d'une dynamique des petites trouées. La régénération de l'espèce nécessite des semenciers, un taux d'ensoleillement qui varie entre 25 et 50 % et une humidité élevée du substrat. Les conditions microclimatiques découlant des coupes totales et des grandes trouées empêchent donc l'établissement des semis et peuvent provoquer la dessiccation d'une portion de thuyas préétablis. Aussi, les courtes révolutions dans les forêts aménagées auraient contribué à aggraver le problème de renouvellement du thuya. En effet, sa régénération et le recrutement de ses tiges dans les étages supérieurs du couvert forestier résultent d'un processus qui s'opère très lentement, à la faveur de petites ouvertures créées par la chute de branches, la mortalité individuelle et les épidémies légères. Dans les peuplements mélangés vieillissants, ces petites ouvertures engendrent des conditions favorables au maintien et à l'augmentation de la proportion de thuyas. Grâce à sa longévité et à sa tolérance à l'ombre, le thuya remplace progressivement les essences moins longévives qui le surplombaient à mesure qu'elles meurent, alors que le couvert limite l'envahissement du parterre forestier par les espèces héliophiles. Des études américaines ont cependant démontré que le recrutement des petites tiges vers les étages supérieurs est rare lorsque le cerf de Virginie fréquente les lieux. Les faibles quantités de thuya en régénération, conjuguées à la compétition par des essences dont la croissance est plus rapide et à la pression exercée par le broutement des cervidés, risquent de compromettre sa présence dans les peuplements. D'ailleurs, le phénomène de raréfaction du thuya a vraisemblablement été aggravé localement par l'accroissement des populations de cervidés et leur déplacement vers le nord.

Les données d'inventaire indiquent que la diminution des volumes de thuya de dimension marchande aurait été importante dans les sous-domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc et de la pessière à mousses, soit à la limite nord de son aire de distribution. L'évolution des distributions diamétrales dans les placettes permanentes renfermant du thuya révèle une réduction du nombre de gaules de thuya sur une période de 30 ans dans les sous-domaines de l'érablière à tilleul de l'Est et de l'Ouest ainsi que dans l'érablière à bouleau jaune de l'Est. De façon générale, le déficit se situerait principalement dans la strate en régénération (qui mesure de 20 à 200 cm de hauteur) et ne pourrait pas encore être détecté à partir des données d'inventaire du bois marchand.

Le ptéropore à fleurs d'andromède est une plante associée aux vieilles forêts de conifères dominées par le pin blanc et le thuya dont le statut est menacé au Québec. Certaines plantes de cédrières telles que le cyripède royal et le cyripède tête-de-bélier, qui est désigné vulnérable au Québec, seraient également en déclin à la suite de la destruction de leur habitat.

SOLUTIONS¹

Le thuya se régénère par semis et par marcottage. Les semis ont besoin d'ombre et d'humidité pour s'établir, et l'humidité constante est un facteur indispensable à leur survie. Les lits de germination les plus favorables sont le bois mort décomposé et le sol minéral. La survie des semis est limitée sur l'humus non perturbé et la litière feuillue. Une fois bien établis, les semis croissent souvent plus lentement que la végétation de compétition, si bien que la pleine lumière avantagera souvent cette dernière au détriment du thuya. En général, cela se traduit par un envahissement des feuillus intolérants ou du sapin baumier. Étant donné ces considérations, la sylviculture devrait être orientée vers la création de petites ouvertures dans le couvert, pratiquées dans le contexte de régimes irréguliers ou jardinés afin qu'on se rapproche de la dynamique naturelle de renouvellement par petites trouées. Ces considérations font aussi ressortir la nécessité d'un suivi rigoureux de la strate en régénération et le besoin de traitements d'éducation pour assurer la progression du thuya dans le couvert.

Objectifs à atteindre : maintien de cédrières naturelles et de peuplements mélangés à thuya de fin de succession; maintien de semenciers de thuya; régénération de l'espèce; restauration de vétérans de thuya; maintien de gros débris ligneux en décomposition sous couvert; recrutement du thuya dans le couvert forestier.

Solutions génériques

- Restreindre l'ouverture du couvert : **privilégier les interventions d'intensité légère** susceptibles de libérer la strate en régénération préétablie du thuya (ex. : jardinage par pied d'arbres ou par groupe d'arbres², coupe progressive irrégulière à couvert permanent par petites trouées).
- Veiller à conserver des **semenciers à la cime bien développée** ainsi que de **gros débris ligneux sous couvert**. Favoriser le développement de **vétérans de thuya** en éclaircissant les thuyas les plus gros (pour obtenir de grosses tiges plus rapidement).
- Exercer un **suivi rigoureux** de la strate en régénération, **protéger la régénération préétablie** lors des travaux et lui appliquer des **mesures d'éducation** pour pallier la lenteur de la croissance de l'espèce. Les interventions d'éducation devraient être diversifiées.
- **Problème de broutement par les cervidés** : pour soutenir la régénération du thuya, combiner les efforts sylvicoles avec des mesures de contrôle des populations de cervidés (ex. : chasse, exclos) ailleurs que dans les ravages du cerf de Virginie.
- Lorsque la densité du cerf de Virginie empêche la régénération du thuya, envisager la conservation intégrale des thuyas présents.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

2. Les ouvertures créées par une récolte par pied d'arbres sont inférieures à une demi-hauteur des arbres matures (< 0,5 H). Celles créées par une récolte par groupes d'arbres varient en diamètre entre une demie et une fois la hauteur des arbres matures (de 0,5 à 1 H). Celles créées par une récolte par trouées varient entre une et deux fois la hauteur des arbres matures (de 1 à 2 H).

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Cédrières sur stations hydriques (végétation potentielle RC3) :
 - recourir au jardinage et à la coupe progressive irrégulière à couvert permanent, préférablement par pied d'arbres ou par groupe d'arbres; faire les interventions en hiver.
- Peuplements mélangés à thuya (végétations potentielles débutant par FE, MJ, MS et RS) :
 - **mettre au point une sylviculture des forêts mélangées** : explorer la coupe progressive irrégulière à couvert permanent, en veillant à limiter la taille des ouvertures à de petites trouées là où la régénération préétablie du thuya est présente afin de faciliter son recrutement sans trop favoriser la compétition; conserver ou restaurer l'hétérogénéité de la composition et de la structure;
 - **allonger les rotations** afin de laisser davantage de temps pour permettre au thuya de se constituer une cohorte de semis préétablis;
 - choisir une **gestion des peuplements mélangés** qui favorise les espèces de fin de succession comme le thuya;
 - favoriser l'établissement de la strate en régénération du thuya en préparant le terrain dans un rayon de 60 m des semenciers lors d'une bonne année semencière (la viabilité des graines se limite généralement à un an).

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction du thuya au Québec

LAROCHE, C., 2003. « Raréfaction du thuya », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, 32 p.

LAROCHE, C., 2009. *La régénération du thuya après coupes partielles en peuplements mixtes*, Thèse (Ph. D.), Université Laval, 155 p.

La sylviculture et l'écologie du thuya

HOFMEYER, P. V., L. S. KENEFIC et R. S. SEYMOUR, 2009. "Northern White-cedar Ecology and Silviculture in the Northeastern United States and Southeastern Canada", *Northern Journal of Applied Forestry*, vol. 26, n° 1, p. 21-27.

Les modifications induites par l'aménagement forestier dans le Bas-Saint-Laurent

BOUCHER, Y., D. ARSENAULT et L. SIROIS, 2006. "Logging-induced Change (1930-2002) of a Preindustrial Landscape at the Northern Range Limit of Northern Hardwoods, Eastern Canada", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 36, n° 2, p. 505-517.

Certaines espèces sensibles associées au milieu forestier

HARVEY, B.-P., et autres, 2002. *Guide terrain : Espèces menacées ou vulnérables associées au milieu forestier – Région de Québec*, [En ligne], Association forestière Québec métropolitain.
[http://www.af2r.org/pdf/guide_esp.pdf].

ANNEXE G Raréfaction des pins

Pin blanc

ENJEUX

Le pin blanc peut former des peuplements purs dans une large variété de stations. Ce sont souvent des peuplements transitoires qui, en l'absence de feu, évoluent vers les groupements de stades finaux propres à la station. Par contre, sur les dépôts sableux et les sommets à sol mince de l'ouest du Québec, le cycle de feux plus court aurait été propice au renouvellement des pinèdes, ce qui expliquerait leur plus forte représentativité historique dans cette portion du Québec. Actuellement, l'âge des pinèdes se situe entre 100 et 120 ans, et le déficit marqué de jeunes pinèdes s'avère symptomatique d'un sérieux problème de régénération de l'espèce. En plus de la réduction du nombre d'individus et du volume de l'espèce, la raréfaction des pinèdes blanches pures a aussi un effet à l'échelle du paysage, puisque leur présence rehausse la diversité des habitats disponibles.

Le pin blanc peut aussi se mélanger à d'autres espèces dans une très large variété de stations des domaines de l'érablière, de la sapinière à bouleau jaune ainsi que du sous-domaine de la sapinière à bouleau blanc de l'Est. La raréfaction du pin blanc s'observe également dans les peuplements où l'espèce a le statut d'essence secondaire. À titre indicatif, en Ontario, près de la rivière des Outaouais, la densité de pins blancs dans les peuplements mixtes et feuillus serait passée de 3 à 8 individus/ha dans les années 1800 à moins de 1 individu/ha de nos jours.

Dans la forêt aménagée, la raréfaction du pin blanc serait due à l'action conjuguée de plusieurs facteurs. L'exploitation forestière, qui a débuté au cours du XVIII^e siècle dans les pinèdes blanches, s'est poursuivie pendant le XIX^e siècle en s'étendant aux autres types de peuplements contenant des pins blancs. La rouille vésiculeuse du pin blanc venue d'Europe a ensuite été introduite vers le début des années 1900. Cette maladie provoque la mort d'un nombre parfois important de pins blancs en période d'établissement. Elle peut infecter l'arbre et causer progressivement sa mort. Puis, la coupe ayant remplacé le feu comme élément de perturbation majeur, cela a considérablement freiné l'apparition des conditions propices à son établissement et à sa survie. Enfin, il subit le broutement du cerf de Virginie et est aussi perturbé par d'autres agents nuisibles, notamment le charançon du pin blanc. Bref, l'agent de perturbation à l'origine du renouvellement naturel des pinèdes a été supprimé, et l'exploitation forestière pratiquée au Québec jusqu'à maintenant a privé les forêts d'un grand nombre de pins blancs ou éliminé les pinèdes existantes sans que leur régénération ait été assurée.

Les pinèdes blanches naturelles sont associées à un cycle de feux catastrophiques variant entre 150 et 300 ans. À la suite d'un feu intense, l'établissement de la nouvelle cohorte se produit lentement, sur une période de 20 à 40 ans, à partir des semences provenant de pins blancs ayant survécu au feu ou qui sont situés dans les environs. Le feu favorise l'établissement du pin blanc par une exposition du sol minéral, un ensoleillement important et la destruction de la végétation concurrente. Son établissement se fait souvent en même temps ou peu après celui d'espèces à croissance plus rapide telles que le peuplier, le bouleau, l'érable rouge ou le chêne rouge. Dans les forêts feuillues et mixtes, le pin blanc se perpétue grâce aux trouées naturelles. L'ombrage des espèces feuillues intolérantes qui s'établissent après un feu est moins important que celui des espèces tolérantes comme l'érable à sucre et convient mieux au pin blanc, qui est une espèce semi-tolérante. Dans des conditions naturelles, le pin blanc peut vivre longtemps grâce à sa tolérance modérée à l'ombre, à sa grande longévité et à la capacité qu'ont les arbres matures, dont l'écorce est suffisamment épaisse, de résister aux feux de surface, ce qui permet d'assurer le maintien des semenciers.

De nos jours, le contrôle des feux limite l'établissement de nouvelles pinèdes et favorise leur évolution, soit vers des peuplements d'épinettes et de sapins (voir l'annexe M sur l'enjeu lié à l'envahissement par le sapin baumier), soit vers des peuplements de feuillus tolérants, selon la station. De plus, elle réduit la possibilité de contrôle des populations d'hôtes alternes de la rouille vésiculeuse du pin blanc (*Ribes spp.*) et du charançon du pin blanc qui étaient fortement réduites par les feux.

Le pin blanc fournit des éléments caractéristiques d'habitats que nulle autre espèce de conifère ne peut produire. Sa longévité et les dimensions importantes qu'il peut atteindre, notamment sa hauteur qui surpasse celle de toutes les autres essences poussant sous nos latitudes, en font une espèce qui joue un rôle unique dans la structure verticale des habitats. D'ailleurs, les grands pins blancs servent à la nidification de plusieurs espèces d'oiseaux, dont certains rapaces comme le pygargue à tête blanche, une espèce désignée vulnérable au Québec, le balbuzard pêcheur, l'épervier brun, l'épervier de Cooper, l'autour des palombes et le grand-duc d'Amérique. De plus, les gros pins blancs (DHP de plus de 45 cm) dont le cœur est pourri fournissent un abri adéquat aux espèces qui sont dépendantes des cavités, particulièrement celles qui sont de grande taille comme le grand pic ou la chouette rayée.

Le ptéropore à fleurs d'andromède est une plante associée aux vieilles forêts de conifères dominées par le pin blanc et le thuya dont le statut est menacé au Québec. Il en va de même pour le cyripède tête-de-bélier désigné vulnérable au Québec, qui peut notamment se trouver dans les forêts mixtes de pin blanc et de chêne rouge situées en bas d'une pente, près d'un plan d'eau.

Pin rouge

ENJEUX

Le pin rouge est une espèce intolérante à l'ombre. Elle est plus rare que le pin blanc et se trouve plus souvent dans des peuplements purs ou mélangés au pin blanc. Elle forme aussi des associations avec les feuillus intolérants, les épinettes et le pin gris dans les stations pauvres. Sa distribution recoupe les domaines bioclimatiques de l'érablière à tilleul, de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau jaune. En l'absence de feu, la pinède à pin rouge évolue souvent vers la pinède à pin blanc. Comme pour le pin blanc, la régénération naturelle de cette espèce est dépendante du feu et les coupes forestières ne lui ont pas permis de se régénérer. Le pin rouge est associé à des cycles de feux variant entre 100 et 150 ans. Les forêts mixtes à pin rouge auraient aussi moins tendance à évoluer vers les feuillus tolérants que les forêts mixtes à pin blanc, en raison du cycle de feu plus court. Dans ces forêts mixtes, le pin rouge accompagne généralement le bouleau à papier, le sapin, le peuplier faux-tremble et le peuplier à grandes dents.

La raréfaction du pin rouge est plus préoccupante que celle du pin blanc en raison de la moins grande représentativité historique de cette espèce, de son remplacement naturel par le pin blanc, de la faible quantité de graines viables produites ainsi que de l'absence de compétition feuillue qu'exige cette espèce intolérante à l'ombre.

SOLUTIONS²

Le pin blanc se régénère au moyen de semis qui s'établissent à découvert ou sous un couvert partiel. Sa croissance est lente au début, si bien qu'il requiert des mesures d'éducation pour éviter d'être supplanté par la végétation concurrente. Par la suite, il a besoin de plus de lumière. Étant

2. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

donné ces considérations, la sylviculture devrait être orientée vers les coupes progressives régulières. Il est également possible de concevoir des scénarios de régénération des pinèdes à l'intérieur d'un régime irrégulier. Toutefois, la présence de la rouille vésiculeuse du pin blanc, une maladie introduite, limite les chances de régénération des pinèdes à pin blanc dans plusieurs types de stations.

Objectifs à atteindre : maintien des pinèdes naturelles pures et des peuplements mélangés dominés par le pin blanc; maintien de semenciers de pin blanc présents dans d'autres peuplements que les pinèdes; restauration de la présence de vétérans de pin blanc à l'échelle du paysage; restauration de pinèdes dans le paysage.

Solutions génériques

- Régénérer les pinèdes par des coupes progressives régulières. Expérimenter également les coupes progressives irrégulières à régénération lente ou par trouées agrandies.
- **Allonger la révolution** pour les pins afin d'assurer le maintien de semenciers sur une plus longue période. Dans les peuplements réguliers, il est possible d'envisager une éclaircie commerciale au profit du pin (et au détriment du sapin, le cas échéant).
- Compte tenu de l'importance des grands pins pour une multitude d'espèces, intégrer la rétention de gros pins vivants pour restaurer la représentativité des **vétérans de pin blanc**. Il est par exemple recommandé de conserver de 10 à 25 vétérans/ha afin de préserver l'habitat de la mésange à tête noire, qui est un prédateur du charançon du pin blanc. Il est aussi souhaitable d'envisager la restauration active de ces vétérans en dégagant les pins les plus gros (pour obtenir de plus grosses tiges plus rapidement).
- Concentrer les efforts de restauration du pin blanc dans les secteurs présentant moins de risques d'infection par la rouille vésiculeuse, soit principalement sur les platières sableuses et les hauts versants. Sur les sites comportant des *Ribes* (hôtes alternants de la rouille vésiculeuse), on ne devrait investir aucun effort dans la régénération du pin blanc. En attendant une solution au problème de la rouille vésiculeuse, il serait préférable de maintenir ces pinèdes en santé par des éclaircies commerciales, sans tenter de les régénérer. Les pins réagissent à l'éclaircie commerciale jusqu'à un âge avancé, 100 ans pour les pinèdes rouges et 130 ans pour les pinèdes blanches.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Pinèdes (végétation potentielle RP1 et autres stations appropriées) :
 - favoriser le renouvellement des pinèdes existantes exemptes de *Ribes* au moyen de coupes progressives régulières adaptées au pin blanc. Les voies suivantes peuvent être suivies pour **établir et faire croître une régénération naturelle** :
 - **ouvrir le couvert** et conserver idéalement entre 50 et 100 semenciers de pin blanc à l'hectare parmi les individus les plus gros et les plus vigoureux présentant une cime bien développée,
 - **éliminer les autres tiges de même que le sous-étage** de végétation, pour reproduire l'effet d'un feu de surface (il faut cependant éviter d'éliminer les bouquets de pin blanc, de pin rouge, d'épinette blanche et de chêne existants),
 - exposer le **sol minéral** en scarifiant ou en procédant à un brûlage contrôlé. Le brûlage constitue la solution idéale pour reproduire les conditions associées au feu. Elle offre aussi les meilleures chances de succès parce qu'elle permet de réduire la litière, en éliminant la compétition végétale, les *Ribes*, le charançon et les petits rongeurs, et d'améliorer la fertilité du sol. Il faut toutefois tenir compte du fait que les conditions

- météorologiques et l'état du combustible dans le sous-bois ne sont pas souvent favorables à ce genre d'opération,
- éliminer le sous-étage de végétation avant l'automne lors d'une bonne année semencière, et faire simultanément le scarifiage,
 - faire un **suivi** pour : 1) adopter rapidement des mesures d'**assistance à la régénération** au besoin (ex. : regarnis); 2) procéder aux **traitements d'éducation** (ex. : dégagements) et de **contrôle de la rouille** (ex. : assainissement, élagage) dès que cela est nécessaire,
 - procéder à un élagage phytosanitaire lorsque les gaules ont entre 7 et 12 ans,
 - prévoir la rétention de gros pins vivants lors de la coupe finale pour assurer la disponibilité de semences en cas d'incendie et la présence de vétérans pour la faune,
 - promouvoir une **régénération dense** afin de faciliter la constitution de pinèdes,
 - privilégier la plantation sous couvert pour régénérer les pinèdes comportant un sous-bois en espèces feuillues avec du pin blanc;
- favoriser l'amélioration des pinèdes mélangées où le pin blanc est davantage disséminé et **assurer le renouvellement continu de pinèdes de plus grand intérêt** en augmentant l'âge de révolution des pinèdes pures;
 - **restaurer les pinèdes**, par l'**ensemencement** ou la **plantation de pins blanc et rouge**, dans les stations à dépôts sableux (ex. : RP11, MJ21) ou sur les hauts de pente (ex. : RP10, MJ10). Bien que la croissance du pin blanc y soit moins bonne que dans les stations mésiques, la compétition y est aussi moins intense et les conditions moins propices à la propagation de la rouille vésiculeuse.
- Peuplements mixtes contenant du pin blanc (végétations potentielles débutant par MJ et FE) :
 - accorder une grande importance au choix des stations pour éviter que la rouille fasse échec aux efforts de régénération. A priori, peu de stations sont propices à la restauration du pin blanc, puisque les *Ribes* qui propagent la rouille vésiculeuse sont plus nombreux sur les sols riches des peuplements mixtes. La réintroduction du pin, là où elle est réalisable (sols minces des hauts de pente et platières sableuses), doit s'accompagner d'un suivi rigoureux pour détecter la présence de rouille, d'un élagage et du dégagement des jeunes pins dès que cela est nécessaire afin d'assurer leur recrutement rapide dans le couvert. Il serait donc judicieux de restreindre ces efforts aux peuplements où l'on prévoit maintenir un accès prolongé au site pour y faire des interventions répétées;
 - afin de restaurer la représentativité historique du pin blanc dans certains peuplements mixtes favorables (ex. : types MJ12 et MJ22 dans l'ouest du Québec), éviter l'abattage systématique des semenciers de pin blanc lors des coupes partielles et mettre l'accent sur les mesures d'assistance à la régénération (perturbation du sol près des semenciers) et sur l'éducation des jeunes pins et des bouleaux jaunes (dégagement) lors d'une sylviculture irrégulière adaptée aux cohortes d'arbres en présence;
 - pour restaurer les pinèdes dans une partie des peuplements favorables au pin blanc, mais appauvris en semenciers, reboiser avec du pin blanc dans des trouées ou des bandes totalement coupées sur une largeur correspondant à une hauteur d'arbres, de façon à diminuer la présence du charançon du pin blanc. Dans l'autre partie, expérimenter la réintroduction du pin blanc au moyen de la plantation ou d'un ensemencement dans des trouées ouvertes progressivement. Il convient alors d'appliquer le concept de régénération acquise et d'éviter de planter un pin blanc seul au milieu d'une trouée. Il faut plutôt s'inspirer de la nature qui utilise plusieurs semis pour obtenir un arbre mature.
 - Peuplements de feuillus intolérants ou peupleraies (végétations potentielles MJ2, MS1 et MS2 avec codes de milieu physique 0 ou 1) :

- favoriser l'installation du pin blanc sur les sites pauvres et secs ne convenant pas aux peupliers. Les conditions édaphiques de ces sites nuisent à la croissance du peuplier et le prédisposent aux infections par le chancre hypoxylonien. Ces peuplements de mauvaise venue occupent des sites où, très souvent, les pins prédominaient autrefois, avant d'être décimés par les coupes. De plus, les *Ribes* sont rares sur ces sites. Voici les scénarios proposés pour réinstaller le pin blanc :
 - planter les semis de pin blanc sous couvert partiel (ex. : dans des coupes par minibande). Maintenu jusqu'à ce que les pins atteignent 5 à 6 m de hauteur, le couvert partiel permet de limiter la concurrence de la végétation indésirable et les attaques du charançon du pin blanc,
 - planter ou ensemençer du pin blanc ou rouge après la récolte complète du peuplement. Ce scénario nécessite cependant des efforts pour contrôler la végétation indésirable.

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction du pin blanc au Québec

- ASSELIN, G., et J.-F. CÔTÉ, 2005. *Étude sur le pin blanc au Québec : marchés, perspectives d'avenir et analyse économique des plantations*, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 74 p.
- BLANCHETTE, M., et autres, 2005. *Le pin blanc au Québec : Portrait de l'industrie et de la ressource et recommandations visant son aménagement*, Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 25 p. [non publié].
- DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.
- FORTIER, G., 2004. *Le pin blanc en Gaspésie*, CÉGEP de la Gaspésie et des Îles, 153 p. [Volet 1 du Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier].
- MARSHALL, P., 2009. "The Problem of Eastern White Pine (*Pinus strobus* L.) in Southern New England: Ecophysiology, Site Restriction, and Historical Land-Use Change", *Journal of Sustainable Forestry*, vol. 28, n^{os} 1-2, p. 108-131.

La dynamique naturelle des peuplements de pin blanc

- ABRAMS, M. D., 2001. "Eastern White Pine Versatility in the Presettlement Forest", *BioScience*, vol. 51, n^o 11, p. 967-979.
- FRELICH, L. E., 1992. "The Relationship of Natural Disturbances to White Pine Stand Development", dans STINE, R. A. et M. J. BOUGHMAN (dir.), *The White Pine Symposium Proceedings: History, Ecology, Policy, and Management*, p. 27-37.
- QUINBY, P. A., 1991. "Self-replacement in Old-growth White Pine Forests of Temagami, Ontario", *Forest Ecology and Management*, vol. 41, n^{os} 1-2, p. 95-109.
- QUINBY, P. A., 1993. *White Pine Regeneration in Fragmented and Natural Old-growth Pine Stands in Temagami*, [En ligne], Ancient Forest Exploration and Research, Forest landscape baseline n^o 1. [<http://www.ancientforest.org/flb1.html>].
- QUINBY, P. A., 1993. *Old-growth Eastern White Pine Forest: An Endangered Ecosystem*, [En ligne], Ancient Forest Exploration and Research, Forest landscape baseline n^o 2. [<http://www.ancientforest.org/flb2.html>].

L'effet du feu comparativement à l'effet des coupes sur le pin blanc

- WEYENBERG, S. A., L. E. FRELICH et P. B. REICH, 2004. "Loggin Versus Fire: How Does Disturbance Type Influence the Abundance of *Pinus Strobus* Regeneration?", *Silva Fennica*, vol. 38, n^o 2, p. 179-194.

L'évaluation des quantités historiques de pin blanc dans les peuplements mixtes et feuillus

THOMPSON, I. D., J. H. SIMARD et R. D. TITMAN, 2006. "Historical Changes in White Pine (*Pinus Strobus* L.) Density in Algonquin Park, Ontario, During the 19th Century", *Natural Areas Journal*, vol. 26, n° 1, p. 61-71.

La régénération après coupe

BUCHERT, G. P., et autres, 1997. "Effects of Harvesting on Genetic Diversity in Old-growth Eastern White Pine in Ontario, Canada", *Conservation Biology*, vol. 11, n° 3, p. 747-758.

CÔTÉ, S., D. BLOUIN et F. GUILLEMETTE, 2006. *Portrait de la régénération en pin blanc après coupe de régénération dans les strates de la production PIN sur les aires communes 071-01 et 071-21, (Rapport 2006-2007)*, Québec, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie, 133 p. + annexes.

HUOT, M., 1987. *Régénération naturelle du pin blanc après coupe à diamètre-limite dans le Sud-ouest du Québec*, Mémoire de maîtrise, Université Laval, 75 p. [Non publié].

HUOT, M., et J. LEMIEUX, 2003. *Croissance et régénération naturelle du pin à la suite de coupes dans des peuplements à pin blanc de l'Outaouais : résultats sur 15 ans*, Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, 51 p. (Rapport interne; 476).

NIJENSOHN, S. E., et autres, 2005. "Genetic Subpopulation Structuring and its Implications in a Mature Eastern White Pine Stand", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 35, n° 5, p. 1041-1052.

Le pin blanc et la faune

JONES, S. L., et B. J. NAYLOR, 1993. *A Comparison of Small Mammal Communities in Old Pine Forests and Other Common Forest Types in Sault Ste. Marie District*, Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, 20 p. (Forest Fragmentation and Biodiversity Project Report; 12).

NAYLOR, B. J., 1994. "Managing Wildlife Habitat in Red Pine and White Pine Forests of Central Ontario", *Forestry Chronicle*, vol. 70, n° 4, p. 411-419.

QUINBY, P. A., et P. WITHNEY, 1997. *Characteristics of Snags Used by the Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*) in Old-Growth Red and Eastern White Pine Forests of Temagami*, [En ligne], Ancient Forest Exploration and Research, Forest landscape baseline n° 15. [<http://www.ancientforest.org/rr15.html>].

WELSH, D. A., T. CLARK et K. CLARK, 1992. *Fauna of Red and White Pine Old-growth Forests in Ontario: Issues and Recommendations for Research*, Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, 56 p. (Forest Fragmentation and Biodiversity Project Report; 3).

YAMASAKI, M., 2003. *White Pine as Wildlife Habitat*, dans *Managing White Pine in a New Millennium 2003 Workshop Proceedings; 2003 October 9-10; Hillsborough, NH. Durham, NH*, [En ligne], p. 33-36. [http://nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2003/ne_2003_yamasaki_001.pdf].

ANNEXE H Raréfaction du chêne rouge

ENJEUX

Le chêne rouge occupe les stations xériques situées principalement sur les sommets des collines du Québec méridional.

Il s'agit d'une espèce semi-tolérante qui peut se régénérer à l'ombre, mais dont les semis ont besoin de lumière pour survivre. En l'absence d'ouverture du couvert, les semis meurent après quelques années. Par contre, lorsqu'ils sont exposés au soleil, ils sont généralement supplantés par les semis d'érable à sucre et d'essences non commerciales qui croissent plus rapidement.

Les peuplements de chêne rouge sont liés au passage du feu. En son absence, les chênaies (végétation potentielle FE6) sont progressivement envahies par l'érable à sucre, dont l'ombrage empêche la survie des nouveaux semis de chêne rouge. L'érablière à ostryer (FE5) est le stade final de succession de l'érablière à chêne rouge. Toutefois, les peuplements plus ouverts situés sur des stations rocheuses très sèches ou sur des dépôts sableux offrent des conditions moins propices à l'érable à sucre, ce qui permet au chêne de s'y développer et de s'y maintenir (végétation potentielle FC1). Par contre, dans les stations plus riches, la concurrence est plus vigoureuse et la canopée plus dense empêche le chêne rouge de se régénérer.

La raréfaction du chêne rouge résulterait de l'activité anthropique. D'une part, l'exploitation forestière historiquement axée sur la récolte des essences à forte valeur commerciale, dont celle du chêne rouge, s'est traduite par une réduction de la quantité de semenciers. D'autre part, le contrôle des feux de forêt a fait en sorte que les conditions propices à la régénération du chêne ne sont plus réunies aussi souvent qu'auparavant.

La raréfaction du chêne rouge est appréhendée sur l'ensemble de son aire de distribution au Québec. Cette aire correspond essentiellement aux différents domaines bioclimatiques de l'érablière ainsi qu'au sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest.

SOLUTIONS¹

Le chêne rouge se régénère par semis et rejets de souche. À moins d'être disséminées par les écureuils, les graines ont un faible rayon de dispersion. Elles ont besoin d'ombre pour germer. Par contre, les semis ont besoin de lumière pour survivre. Étant donné ces considérations, la sylviculture devrait être orientée vers une coupe progressive régulière, avec ensemencement manuel au besoin, assortie d'un court délai de régénération avant la coupe finale. Le régime irrégulier peut également être exploré pour restaurer la représentativité des peuplements mélangés de chêne rouge.

Objectifs à atteindre : maintien des chênaies naturelles; maintien des semenciers de chêne et restauration des vétérans; régénération de l'espèce.

Solutions génériques

- Assurer le maintien des semenciers de chêne et restaurer la présence de vétérans en éclaircissant les plus gros chênes (pour obtenir de plus grosses tiges plus rapidement).
- Adopter les mesures d'**assistance à la régénération** suivantes : 1) débroussaillage et scarifiage léger si les semenciers sont présents en quantité suffisante; 2) débroussaillage accompagné d'un enrichissement sous couvert par ensemencement manuel sur sol scarifié s'il n'y a pas suffisamment de semenciers; 3) scarifiage léger, plantation ou ensemencement

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

manuel si les semenciers sont rares ou absents. Pour améliorer l'efficacité de l'ensemencement manuel, les glands devraient être enduits d'un répulsif contre les petits mammifères. Des essais sont en cours pour sélectionner les meilleurs répulsifs.

- L'entretien de la régénération du chêne se fait à l'aide d'un recepage ou d'un dégagement. Les jeunes chênes de mauvaise qualité sont coupés pour obtenir des rejets plus vigoureux et ceux qui sont de bonne qualité sont dégagés. Le recepage imite le feu qui est le mécanisme naturel de régénération du chêne. Ainsi, les feux de surface répétitifs éliminent la végétation concurrente, mais provoquent le recepage des chênes qui atteignent rapidement la hauteur qu'ils avaient avant le feu. C'est de cette façon que les chênes finissent par gagner la course vers la lumière.
- Effectuer un **suivi rigoureux** de la régénération et procéder promptement aux **traitements d'éducation** (ex. : recepage ou dégagement, éclaircie commerciale) dès qu'ils sont nécessaires.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Chênaies (végétation potentielle FC1) :
 - régénérer les chênaies par des **coupes progressives régulières** et procéder à une coupe finale après un court délai de régénération. Pour régénérer des peuplements de chênes rouges avec succès, la strate en régénération doit être établie avant le retrait du peuplement de couverture, puis dégagée dans un court délai pour assurer la survie des semis. À cet effet, les voies suivantes pourraient être explorées :
 - **contrôler l'environnement lumineux en cherchant à atteindre entre 60 et 70 % de couverture** résiduelle pour amorcer la régénération. Toutefois, dans les sites très riches, où la compétition est plus vive, plusieurs coupes partielles de faible intensité sont préférables à une seule coupe sur 40 % du couvert,
 - **conserver les semenciers** du chêne rouge (les plus vigoureux) et réaliser un scarifiage léger. Le couvert résiduel doit être principalement composé de semenciers de chêne rouge, car les semences ont un faible rayon de dispersion. Attention au chablis sur les sols minces,
 - appliquer les mesures d'**assistance à la régénération** proposées dans la section précédente,
 - procéder promptement aux **traitements d'éducation** dès qu'ils sont nécessaires. Dans les peuplements denses, la première éclaircie devrait être faite avant l'âge de 30 ans,
 - prévoir la rétention de gros chênes vivants, lors de la coupe finale.
- Peuplements mélangés de chêne rouge (végétation potentielle FE6 et types écologiques FE20, FE30 et FE32H) :
 - **gérer les peuplements mélangés** de manière à favoriser le maintien des espèces en voie de raréfaction, notamment les chênes et les pins;
 - le jardinage par pied d'arbres et la coupe totale ne permettent pas de régénérer le chêne rouge dans les peuplements mélangés de chêne rouge situés sur des sites riches. Le principal problème réside dans l'absence de strate en régénération préétablie. Pour pallier la rareté des semenciers et permettre l'établissement d'une strate de régénération préétablie de chêne rouge, procéder à l'enrichissement sous couvert par ensemencement manuel ou par plantation dans des sites préalablement débroussaillés et scarifiés. Procéder ensuite à l'ouverture du couvert, jusqu'à 40 % de couverture résiduelle, au moyen

de trouées mesurant entre 400 et 1 000 m² (Bormann et Likens, 1979), suivie d'un dégagement pour assurer la croissance des jeunes plants établis.

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction du chêne rouge au Québec

DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise* [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.

MAJCEN, Z., 2003. « Raréfaction des espèces compagnes de l'érablière », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 93-102.

L'écologie et la régénération du chêne rouge au Québec

MAJCEN, Z., 1989. *Composition et structure des tremblaies à érable à sucre et des chênaies à érable à sucre dans quatre secteurs forestiers du Sud-ouest québécois*, Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche et du développement, 114 p. (Mémoire; 95).

ANNEXE I Raréfaction des essences compagnes dans les érablières

ENJEUX

Les forêts naturelles des domaines bioclimatiques de l'érablière (érablière à bouleau jaune, érablière à tilleul et érablière à caryer), ainsi que les végétations potentielles de l'érablière (FE) du domaine de la sapinière à bouleau jaune, renferment plusieurs espèces compagnes ayant, pour la plupart, une grande valeur commerciale. Dans les végétations potentielles de l'érablière (FE), ces espèces compagnes sont principalement le bouleau jaune, le chêne rouge, le cerisier tardif, le tilleul, le frêne d'Amérique, l'ostryer de Virginie et le noyer cendré. À cela s'ajoutent les espèces des forêts feuillues humides (végétations potentielles FO) telles que l'orme d'Amérique et le frêne noir. Dans le domaine de l'érablière à caryer, d'autres espèces compagnes s'ajoutent à la liste, notamment le caryer à fruits doux, le caryer cordiforme, le charme de Caroline et le chêne à gros fruits (caractéristiques de la végétation potentielle FE1) de même que l'érable noir, le chêne bicolore, le chêne blanc, le micocoulier occidental, l'orme rouge et l'orme liège, ainsi que l'érable argenté dans les marécages riverains et dans les plaines inondables. Toutefois, dans le domaine de l'érablière à caryer, l'utilisation des terres a beaucoup changé, ce qui a fait disparaître bon nombre de territoires forestiers.

La problématique de raréfaction des essences compagnes dans les érablières touche une variété d'espèces qui s'élargit en progressant vers les érablières méridionales. Les principales espèces concernées par le phénomène de raréfaction sont le bouleau jaune (annexe J), le chêne rouge (annexe H), le frêne d'Amérique, le noyer cendré, l'orme d'Amérique et les espèces compagnes caractéristiques du domaine de l'érablière à caryer. Les autres essences compagnes peuvent également faire l'objet d'une raréfaction locale.

La diversité des espèces végétales dans l'érablière contribue à la qualité des habitats en offrant un large éventail de niches écologiques propices à la biodiversité en général. Or, plusieurs de ces espèces compagnes seraient aujourd'hui moins abondantes en raison de leur exploitation. De plus, leur renouvellement ne serait pas assuré, que ce soit en raison d'une sylviculture qui ne répond pas à leurs besoins ou de la prévalence d'une maladie qui menace leur survie. Dans les érablières aménagées à des fins de production ligneuse ou acéricole, l'exploitation de l'érable à sucre se fait souvent au détriment des espèces compagnes, qu'aucune mesure de régénération ne protège. Le retrait des semenciers d'espèces compagnes moins tolérantes, conjugué à l'absence de conditions adéquates pour permettre la régénération, pourrait avoir déjà provoqué la disparition de certaines de ces essences dans les érablières. Parmi celles-ci, on compte le bouleau jaune (annexe J), le chêne rouge (annexe H) et le frêne d'Amérique. Ce dernier est une espèce dioïque dont la pollinisation requiert la présence de quelques individus mâles et femelles (environ dix) à l'hectare. Ses semis sont tolérants à l'ombre, mais leur tolérance diminue avec l'âge et les arbres sont classés « semi-tolérants ». Dans les érablières dynamisées uniquement par les perturbations naturelles, le frêne d'Amérique se serait maintenu grâce à sa tolérance intermédiaire, qui lui permet d'attendre plusieurs années sous couvert, et à sa capacité à croître rapidement en réaction à l'ouverture du couvert lors de perturbations modérées.

En plus des essences dites nobles, la forêt de feuillus tolérants renferme des formations végétales résineuses qui occupent généralement des stations présentant des conditions moins favorables aux feuillus tolérants. Lorsqu'elles sont de dimensions suffisantes, ces formations sont cartographiées comme des peuplements distincts. Par contre, lorsqu'elles sont plus petites, on parlera plutôt de bouquets résineux dans les érablières. La forêt de feuillus tolérants dynamisée uniquement par les perturbations naturelles était parsemée de bouquets résineux dont la taille

variait entre 100 et 1 000 m². Ces bouquets jouent un rôle important dans le maintien de la biodiversité en fournissant habitat et nourriture à plusieurs espèces dépendantes des conifères et en favorisant leurs déplacements sur le territoire. En plus de leur réduction récente attribuable à la tordeuse des bourgeons de l'épinette, ces bouquets résineux sont systématiquement récoltés dans certaines régions et les priorités de production font en sorte qu'aucune attention n'est portée à leur maintien et à leur renouvellement.

La raréfaction des essences compagnes dans les érablières peut se traduire par une expansion des couverts forestiers dominés majoritairement par l'érable à sucre (transformation des érablières à bouleau jaune, érablières à feuillus tolérants et érablières à érable rouge en érablières dans les végétations potentielles FE et MJ1). D'ailleurs, il est possible qu'une partie des végétations potentielles ait été répertoriée FE3 ou FE2 à la suite du retrait des espèces compagnes caractéristiques dans les autres végétations potentielles jouxtant initialement les érablières typiques (telles que les MJ1 situées en contrebas des érablières ou les FE5 et FE6, situées respectivement sur le haut des pentes et sur les hauts versants).

Plusieurs des essences compagnes dans les érablières se sont aussi raréfiées à la suite d'invasions d'agents pathogènes exotiques. Parmi ces espèces, l'orme d'Amérique est pratiquement disparu des stations qu'il occupait naturellement (végétation potentielle FO1) en raison de la maladie hollandaise de l'orme, qui a été introduite sur le continent nord-américain en 1930. Dans l'état actuel des connaissances, la représentativité de cette espèce ne peut être maintenue que grâce aux jeunes ormes (DHP plus petit ou égal à 20 cm) qui ne sont pas encore sujets à la maladie, à condition qu'ils produisent des semences viables avant de mourir. La maladie hollandaise de l'orme touche aussi l'orme rouge, espèce peu commune au Québec, et l'orme liège, dont le statut est menacé au Québec. Le noyer cendré représente aussi une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, en raison du chancre du noyer cendré. Cette maladie est d'abord apparue aux États-Unis, où elle a déjà tué 90 % des noyers cendrés, puis s'est répandue en Ontario et au Québec. De plus, depuis 2002, les frênes sont menacés par l'agrile du frêne. Cet insecte ravageur exotique importé d'Asie a déjà causé la mort de millions de frênes en Amérique du Nord.

SOLUTIONS¹

Cet enjeu touche une large variété d'espèces comme le bouleau jaune, le chêne rouge, le frêne d'Amérique, le noyer cendré, l'orme d'Amérique et les résineux méridionaux. Dans les érablières aménagées, la production ligneuse ou acéricole se fait souvent au détriment de ces espèces, et cette situation se traduit généralement par une expansion des peuplements purs d'érables à sucre. Afin de corriger cette tendance, la sylviculture peut être orientée vers le jardinage ou la coupe progressive irrégulière, dont une partie de la récolte doit se faire par groupes d'arbres ou par trouées. Il est également possible de recourir à des mesures d'éducation du peuplement afin de soutenir le recrutement d'espèces compagnes.

Objectifs à atteindre : maintien des semenciers des espèces en voie de raréfaction; régénération de ces espèces.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

Solutions génériques

- **Gérer les peuplements mélangés** : établir des stratégies de production qui **respectent la diversité spécifique du couvert** et **s'inspirent de la dynamique naturelle des érablières**. Éviter l'élimination systématique des espèces compagnes afin d'assurer le maintien d'une certaine diversité des espèces.
- Intégrer des cibles de régénération par espèce lors des jardinages.
- Exercer un **contrôle de l'ouverture du couvert** adapté aux exigences de régénération de chacune des espèces compagnes. Il convient de procéder à la récolte de bouquets d'arbres et de créer ainsi des ouvertures de différentes tailles, inférieures à 1,5 H des arbres matures afin d'éviter l'établissement des espèces intolérantes. Les trouées devraient être créées à proximité des semenciers des espèces semi-tolérantes que l'on désire régénérer.
- Adopter des mesures d'**assistance à la régénération** adaptées aux exigences de chacune des espèces (ex. : préparation de terrain dans les trouées pour le bouleau jaune).

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Bouleau jaune et chêne rouge : voir les enjeux correspondants (annexes K et M).
- Frênes : les frênes sont des espèces dioïques qui ont besoin de plusieurs individus sexuellement matures (environ 10/ha) pour qu'une régénération par voie sexuée soit possible. Bien qu'ils puissent produire des rejets de souche après coupe, ils se régénèrent normalement, sous couvert partiel, au moyen de semis préétablis sur un mélange de sol minéral et de matière organique :
 - pour en assurer la régénération, dégager la cohorte de semis préétablis;
 - exercer un suivi serré pour réagir promptement en cas d'apparition de l'agrile du frêne afin de limiter la progression des zones infectées par l'insecte.
- Ormes :
 - le maintien de jeunes ormes dans le couvert permet le développement éventuel d'une souche résistante à la maladie hollandaise de l'orme;
 - les semis d'orme d'Amérique s'établissent bien sous couvert partiel (30 % d'ensoleillement), sur divers lits de germination, pourvu que ces derniers soient humides;
 - un dégagement après deux ou trois ans permet d'assurer leur croissance.
- Bouquets résineux :
 - éviter la conversion des peuplements mixtes en peuplements feuillus;
 - éviter la destruction des semenciers des espèces résineuses en voie de raréfaction (épinettes, pins, thuyas et pruches) et prendre des dispositions pour restaurer la représentativité des arbres vétérans de ces espèces;
 - favoriser la régénération des espèces résineuses en voie de raréfaction là où les conditions microtopographiques sont favorables (voir les enjeux correspondants aux annexes F à J).

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction des essences compagnes dans les érablières

- DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.
- MAJCEN, Z., 2003. « Raréfaction des espèces compagnes de l'érable », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 93-102.
- NORTHERN RESEARCH STATION, 2010. *Preserving and restoring tree species disappearing from our forests*, [En ligne], USDA Forest Service, (Research review; 9). [<http://www.fs.fed.us/nrs/news/review/review-vol09.pdf>].

ANNEXE J Diminution du bouleau jaune

ENJEUX

Le bouleau jaune est présent dans tous les domaines bioclimatiques du Québec, à l'exception de la pessière à mousses. Il s'agit d'une espèce compagne dans les érablières (végétations potentielles FE) et les sapinières à bouleau jaune (végétations potentielles MS1, MJ1 et MJ2), alors qu'elle a plutôt le statut d'espèce principale dans les bétulaies jaunes à sapin (végétations potentielles MS1, MJ1 et MJ2). Essence de grande valeur commerciale fortement prisée par l'industrie, le bouleau jaune, à l'instar des autres essences nobles compagnes de l'érable, a fait l'objet d'un écrémage intensif pour les tiges de déroulage à partir de la seconde moitié du ^{xx}^e siècle. En retirant les gros semenciers, ce type d'intervention aurait contribué à diminuer l'abondance de l'espèce. De plus, lorsque ces coupes étaient faites en hiver, elles ne produisaient pas les lits de germination favorables à sa régénération. Or, le bouleau jaune a besoin d'humidité pour germer et se régénérer, ce qu'il fait de préférence sur du bois pourri ou sur un mélange de sol minéral et de matière organique, qui constituent deux types de lits de germination naturellement produits par les chablis. Dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune, la problématique, plus récente, est associée au maintien du caractère mixte des peuplements qui a été modifié par une sylviculture orientée essentiellement vers une production résineuse (annexe B). Par ailleurs, le bouleau jaune est très sensible à certaines conditions climatiques (hiver sans neige entraînant un gel profond et une sécheresse printanière) qui peuvent provoquer un dépérissement susceptible de contribuer, du moins en partie, à la diminution de son abondance.

Le bouleau jaune est semi-tolérant à l'ombre et demande plus de lumière que l'érable à sucre ou le hêtre à grandes feuilles. Il est cependant plus tolérant aux stades de semis et de gaulis alors qu'un ensoleillement de 25 % lui suffit. Par la suite, sans avoir à être complètement dégagé il a besoin de plus de lumière. Par contre, lorsque les ouvertures sont trop importantes, l'ensoleillement peut provoquer un assèchement fatal des semis ou fournir des conditions favorables aux espèces pouvant supporter des conditions xériques (feuillus intolérants, feuillus non commerciaux ou framboisiers) qui le supplanteront. Dans les forêts régies par les perturbations naturelles, le bouleau jaune se régénérerait principalement dans des trouées créées par la mortalité de gros arbres ou de petits bouquets, résultant de la dynamique des microtrouées qui s'installe entre les perturbations plus importantes. Dans les forêts mixtes à l'état naturel (végétations potentielles MS1, MJ1 et MJ2), les bouleaux jaunes étaient davantage associés à des trouées mesurant environ 150 m² (de 80 à 500 m²) qui résultaient des effets d'agents de perturbation ne touchant que certaines espèces, comme la tordeuse des bourgeons de l'épinette. De plus, la fréquence des chablis de conifères, associés aux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, jouait un rôle important dans la régénération du bouleau jaune, en assurant le recrutement de bois mort et l'exposition du sol minéral consécutive au renversement d'arbres. Certaines bétulaies jaunes se sont également formées à la suite de feux.

Dans la forêt aménagée, les écrémages récurrents auraient engendré une diminution du volume de bouleau jaune par rapport au volume présent dans la forêt dynamisée uniquement par les perturbations naturelles, compte tenu des tiges de très forte dimension qu'on y trouve. Cependant, on ne dispose pas de données précises sur les densités historiques de bouleau jaune qui permettraient de vérifier dans quelle mesure cette diminution aurait aussi influencé le nombre de tiges à l'hectare. Par ailleurs, des problèmes de régénération du bouleau jaune sont appréhendés en raison d'une sylviculture mal adaptée aux exigences des diverses espèces dans les peuplements mélangés. Par le passé, les coupes à diamètre limite axées exclusivement sur la récolte ont engendré des conditions très variables. Ces dernières ont pu être favorables ou

défavorables à la régénération du bouleau jaune, selon le maintien de semenciers, le degré d'ouverture du couvert, la régénération préétablie et la saison de coupe. Bien qu'elles aient parfois fortuitement conduit à une régénération du bouleau jaune, ces coupes ont très fréquemment provoqué un envahissement de la végétation concurrente (ex. : érable à épis et viorne à feuille d'aulne), causant la dégradation des peuplements. Plus récemment, le jardinage par pied d'arbres, largement pratiqué dans la forêt de feuillus tolérants, aurait plutôt favorisé la régénération des espèces tolérantes. Les quelques ouvertures un peu plus importantes produites par le retrait d'un gros arbre ou de groupes de deux ou trois tiges auraient, tout au plus, permis d'assurer le maintien de la représentativité des espèces moins tolérantes, comme le bouleau jaune, sans toutefois en permettre l'augmentation. De plus, la saison de récolte est aussi importante, puisqu'un brassage du sol associé aux interventions qui ont eu lieu pendant l'été est susceptible de produire des lits de germination favorables à l'établissement du bouleau jaune. Dans les érablières de la forêt privée, une sélection des espèces axée sur l'acériculture pourrait avoir favorisé une diminution du nombre de bouleaux jaunes. Dans les érablières (végétation potentielle FE), la raréfaction du bouleau jaune fait partie du phénomène de raréfaction des essences compagnes dans les érablières (annexe I), qui se produit au profit de l'érable à sucre et se traduit par une expansion des couverts forestiers d'érable à sucre à l'échelle du paysage. Dans les forêts mixtes de la sapinière à bouleau jaune (végétations potentielles MJ et MS1), le scénario sylvicole de coupe avec protection de la régénération et des sols, suivi de dispositions pour orienter la production vers les conifères, n'aurait pas été favorable au maintien du bouleau jaune. Ainsi, les peuplements mixtes à dominance résineuse, souvent bien régénérés en conifères, ont fait l'objet d'éclaircies précommerciales orientées vers la production de résineux sur d'importantes superficies. Aujourd'hui, cela suscite des inquiétudes quant au maintien des peuplements mixtes à dominance résineuse contenant du bouleau jaune (ex. : RBJ) (annexe B). De plus, les peuplements mixtes à dominance feuillue (ex. : BJR), qui présentent souvent une régénération résineuse éparse après une coupe avec protection de la régénération et des sols, ont fréquemment été reboisés avec des conifères, ce qui a contribué à l'enrésinement par voie de plantation (annexe Q). Sans être en mesure de reconnaître une diminution générale avec certitude, on peut supposer que certaines dispositions prises lors de l'aménagement ont pu conduire à la disparition locale du bouleau jaune.

Le cerf de Virginie est particulièrement friand de bouleau jaune. Dans les régions où les populations de cerfs sont nombreuses, elles peuvent nuire à la régénération de l'espèce.

SOLUTIONS¹

Les semis de bouleau jaune s'installent en grand nombre sous couvert partiel, sur les lits de germination favorables (mélange de sol minéral et de matière organique, bois décomposé, litière et humus brûlés). Pour survivre, les jeunes bouleaux ont parfois besoin d'être ensuite dégagés de la végétation concurrente avant qu'elle les supplante. Cela dépend surtout du type de végétation concurrente et du stade de développement du peuplement.

Objectifs à atteindre : maintien de semenciers de bouleau jaune; régénération de l'espèce.

Solutions génériques

- Conserver des semenciers de bouleau jaune (gros arbres avec des cimes bien développées).
- **Contrôler l'ouverture du couvert.** Créer des ouvertures en récoltant des groupes d'arbres (ex. : jardinage par pied d'arbres ou par groupe d'arbres ou coupe progressive irrégulière); limiter la taille des ouvertures à 1,5 H.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

- Adopter des mesures d'assistance à la régénération : préparer le terrain, lors d'une bonne année semencière, en mélangeant horizons organiques et minéraux (un brassage du sol lors du passage de la machinerie est généralement suffisant). Toutefois, pour que la préparation du lit de germination soit efficace, **le brassage du sol doit idéalement être fait en automne**, après la chute des feuilles.
- Préconiser l'éducation des jeunes bouleaux jaunes en cohortes denses afin de prévenir une diminution de la qualité du bois consécutive à une descente de cime (un trop fort dégagement favoriserait la formation de branches adventives à l'origine des nœuds). Lorsqu'ils sont encore très jeunes (10-15 ans), procéder à une éclaircie précommerciale par puits de lumière (élimination de l'étage supérieur d'espèces concurrentes qui dominent le bouleau jaune) plutôt qu'à une réduction importante de la densité. Cette disposition permet d'éviter une homogénéisation des conditions du sous-bois et est favorable au maintien d'une certaine obstruction latérale en été.
- Porter une attention particulière aux populations de cervidés. Pour plus de succès, coordonner les efforts de régénération avec des mesures de contrôle des populations de cervidés (ex. : chasse, exclos).

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Sapinières à bouleau jaune ou bétulaies jaunes à sapin (végétations potentielles MJ1, MJ2 et MS1) :
 - éviter l'élimination d'espèces et **gérer les peuplements mélangés** de manière à favoriser le maintien des espèces en voie de raréfaction (dont le bouleau jaune, le pin blanc et l'épinette blanche);
 - orienter de préférence les interventions vers la formation de peuplements mélangés de structure irrégulière, à l'exemple de ceux qui prédominaient dans la forêt naturelle. La sylviculture irrégulière permet d'éviter d'appliquer les mesures d'assistance à la régénération à l'intérieur d'un peuplement;
 - **privilégier la sylviculture des forêts mixtes et mélangées** : la coupe progressive irrégulière à couvert permanent ou à régénération lente de même que la coupe progressive régulière (uniforme ou par petites trouées) sont des choix intéressants pour la sylviculture du bouleau jaune. Prévoir des révolutions permettant la production de gros bois, ce qui implique un allongement de la révolution pour le bouleau jaune. Dans les peuplements mélangés, la représentativité du bouleau jaune pourrait être assurée par les moyens suivants :
 - **conserver des semenciers** de bouleau jaune (les plus vigoureux),
 - régénérer le bouleau jaune **en ouvrant le couvert** au moyen de **trouées de 1 à 1,5 H**, puis en procédant à un **débroussaillage initial et en scarifiant le parterre** à l'automne lors d'une bonne année semencière,
 - faire un **suivi rigoureux** de la cohorte du bouleau jaune et procéder rapidement au retrait de la végétation concurrente qui le supplante (éclaircie par puits de lumière) si nécessaire,
 - éviter le dépressage dans la jeune cohorte du bouleau jaune;
 - envisager la formation de bétulaies jaunes régulières sur des superficies limitées. On peut régénérer les bétulaies jaunes par coupe progressive régulière, en visant au maintien de 50 à 60 % de couverture résiduelle pour assurer la régénération rapide du bouleau jaune. Assortir cette mesure d'une rétention de semenciers lors de la coupe finale;
 - envisager la réalisation d'éclaircies commerciales dans les bétulaies jaunes, mais limiter alors l'intensité de prélèvement (20 %) pour favoriser l'obtention de bois de qualité.

- Érablières (végétations potentielles débutant par FE) :
 - éviter l'élimination d'espèces et **gérer les peuplements mélangés** de manière à favoriser le maintien de semenciers d'espèces en voie de raréfaction, dont le bouleau jaune, et mettre en place les conditions favorables à leur régénération;
 - privilégier la coupe de jardinage par pied d'arbres et par groupe d'arbres, la coupe progressive irrégulière à couvert permanent ou la coupe de jardinage par trouées, suivie de mesures d'éducation des jeunes tiges dans le peuplement.

RÉFÉRENCES UTILES

La raréfaction du bouleau jaune au Québec

DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.

MAJCEN, Z., 2003. « Raréfaction des espèces compagnes de l'érablière », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 93-102.

La régénération de bouleau jaune après divers types de coupes

ARCHAMBAULT, L., et autres, 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, n° 11, p. 2745-2755.

MAJCEN, Z., S. BÉDARD et S. MEUNIER, 2005. *Accroissement et mortalité quinze ans après la coupe de jardinage dans quatorze érablières du Québec méridional*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, 39 p. [Mémoire de recherche forestière; 148].

L'effet du climat sur le bouleau jaune

ZARNOVICAN, R., 2000. "Climate and Volume Growth of Young Yellow Birch (*Betula alleghaniensis* Britton) at Three Sites in the Sugar Maple-yellow Birch Forest Region of Quebec", *Ecoscience*, vol. 7, n° 2, p. 222-227.

ZARNOVICAN, R., 2000. "Temporal Relationship Between Yellow Birch (*Betula alleghaniensis* Britton) Volume Increment and Climate in Southern Quebec, Canada", *Lesnický Casopis – Forestry Journal*, vol. 46, n° 2, p. 203-208.

La dynamique des sapinières à bouleau jaune

DOYON, F., et B. LAFLEUR, 2004. *Caractérisation de la structure et du dynamisme des peuplements mixtes à bouleau jaune : pour une sylviculture irrégulière proche de la nature*, Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 57 p. + annexes (Rapport technique).

La dynamique des forêts de feuillus tolérants

HANSON, J. J., et C. G. LORIMER, 2007. "Forest Structure and Light Regimes Following Moderate Wind Storm Implications for Multi-cohort Management", *Ecological Applications*, vol. 17, n° 5, p. 1325-1340.

Les régimes de perturbations naturelles

NORTH, M. P., et W. S. KEETON, 2008. "Emulating Natural Disturbance Regimes: an Emerging Approach for Sustainable Forest Management", dans LAFORTEZZA, R., et autres (dir.), *Patterns and Processes in Forest Landscapes*, Springer Netherlands, p. 341-372.

ANNEXE K Plantation d'espèces exotiques en milieu forestier

ENJEUX

L'introduction d'espèces végétales exotiques en milieu forestier peut susciter certaines inquiétudes quant à leurs éventuelles répercussions sur la biodiversité et le bon fonctionnement des écosystèmes. Bien qu'il y ait très peu de cas où des conséquences graves se sont produites à la suite de l'introduction d'espèces arborescentes exotiques, la complexité des interactions entre les espèces en inquiète plusieurs. Les répercussions peuvent être de trois types : écologiques, génétiques et pathologiques. Sur le plan écologique, les plantes exotiques entrent en compétition avec les espèces indigènes pour l'espace, l'eau, les éléments nutritifs et la lumière. De plus, lorsqu'elles sont envahissantes, les espèces exotiques changent la structure ou la composition des habitats et peuvent les rendre inadéquats pour d'autres espèces. En réduisant le nombre d'espèces indigènes, l'envahissement des plantes exotiques peut conduire à une homogénéisation des écosystèmes. Sur le plan génétique, l'introduction d'espèces exotiques comporte des risques d'hybridation avec les espèces indigènes. Enfin, il y a des effets pathologiques potentiels lorsque les plantes introduites sont porteuses de maladies.

Il existe un gradient croissant du risque associé à l'introduction d'espèces exotiques, selon que l'espèce demeurera temporairement dans l'écosystème, se naturalisera, deviendra envahissante ou modifiera les écosystèmes où elle a été introduite. Les espèces naturalisées sont des espèces qui se reproduisent par elles-mêmes et qui sont capables de maintenir des populations pendant plusieurs générations. Une espèce naturalisée n'est pas nécessairement envahissante. Le pouvoir envahissant d'une espèce résulte de l'interaction entre la biologie de sa reproduction, les caractéristiques de l'habitat, l'aménagement du territoire, les caractéristiques du paysage et la flore locale. Toutefois, les espèces qui se reproduisent par voie sexuée doivent avoir atteint la maturité sexuelle avant que l'on soit en mesure d'évaluer leur capacité de reproduction dans leur nouvel environnement, ce qui peut prendre quelques décennies pour les espèces arborescentes.

Les principales espèces arborescentes touchées par cet enjeu sont : l'épinette de Norvège, le pin sylvestre, le peuplier hybride et le mélèze hybride.

Selon certains auteurs, l'épinette de Norvège présenterait un risque élevé de naturalisation, et un risque moyen d'envahissement des écosystèmes, en raison de son taux de propagation relativement lent (Gasser, Langis et Côté, 2008). Toutefois, d'autres auteurs arrivent à la conclusion que l'espèce ne peut être considérée comme envahissante, compte tenu du faible rayon de propagation observé autour des plantations de la Gaspésie (Mottet et autres, 2011). L'évaluation du risque réel repose donc sur l'appréciation de la vitesse et de l'étendue de la propagation ainsi que de leurs conséquences à long terme. Compte tenu des hauts rendements ligneux pouvant être obtenus avec cette espèce, et considérant son taux de propagation relativement lent, la plantation de l'épinette de Norvège devrait demeurer une option dont disposent les forestiers pour la production de bois. Par contre, le risque de naturalisation oblige à gérer cette option avec prudence en circonscrivant son usage à des endroits bien définis (zonage) et en faisant des suivis à long terme qui permettront de mesurer l'évolution de la situation. Par ailleurs, cette espèce ne peut se croiser avec les épinettes indigènes (*P. glauca*, *P. mariana* et *P. rubens*) présentes au Québec et ainsi former des hybrides.

La naturalisation du pin sylvestre a été observée et il peut être envahissant dans certaines conditions, mais de nos jours, cette espèce n'est plus utilisée dans les reboisements.

Le peuplier hybride, obtenu à partir de l'hybridation d'espèces de peupliers indigènes et exotiques, peut présenter un risque sur le plan génétique. Il est possible d'assister à une modification du flux génique d'une espèce indigène à la suite de croisements répétés de l'hybride avec les espèces indigènes utilisées dans l'hybridation du cultivar initialement planté, ce qui produit une introgression (infiltration durable de gènes exotiques dans le génome des espèces indigènes). Actuellement, un certain flux de gènes aurait été observé, mais on ignore toujours l'effet de l'utilisation des différents cultivars de peuplier hybride sur l'intégrité génétique des populations naturelles. Quant à l'utilisation d'espèces de peupliers exotiques, des recherches sont en cours afin d'évaluer les risques qu'elles pourraient représenter pour nos forêts naturelles.

Des phénomènes d'hybridation ont déjà été observés dans des plantations mélangées composées de différentes espèces de mélèzes. Le mélèze hybride est obtenu à partir du croisement du mélèze d'Europe et du mélèze du Japon qui sont deux espèces peu susceptibles de s'hybrider naturellement en raison du décalage phénologique existant entre elles. Il y aurait un faible taux d'hybridation de ce mélèze hybride avec le mélèze indigène, mais aucun suivi de la régénération pouvant être issue de ces semences hybrides n'a encore été fait.

RÉFÉRENCES UTILES

L'envahissement par les plantes exotiques

RACETTE, B., 2008. *Gare à l'envahisseur! Des plantes exotiques à caractère envahissant en Abitibi-Témiscamingue*, Rouyn-Noranda, Conseil régional de l'environnement de l'Abitibi-Témiscamingue, 59 p.

RICHARDSON, D. M., et M. REJMANEK, 2004. "Conifers as Invasive Aliens: a Global Survey and Predictive Framework", *Diversity and Distributions*, vol. 10, nos 5-6, p. 321-331.

Les risques associés à l'épinette de Norvège

GASSER, D., M.-H. LANGIS et M. CÔTÉ, 2008. *L'épinette de Norvège (Picea abies (L.) Karst) : risque de naturalisation et d'envahissement des écosystèmes en Gaspésie*, Gaspé, Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles, 43 p.

Les risques associés aux peupliers hybrides

GAGNÉ, P., 2010. *La culture du peuplier hybride : la dispersion de gènes exotiques est-elle un risque?*, [En ligne], Québec, Réseau Ligniculture Québec, (Fiche d'information).
[http://www.rlq.uqam.ca/cartable/fiche_tech/Fiche_dispersion_genes.pdf].

RESSOURCES NATURELLES CANADA. « Impact des peupliers exotiques sur les forêts naturelles », [En ligne], *Nouvelles en santé et biodiversité des forêts*, vol. 13, n° 1. [http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/mcan-ncan/Fo102-1-13-1-fra.pdf].

ANNEXE L Envahissement par les feuillus intolérants

ENJEUX

Dans la forêt naturelle, le développement et le renouvellement de la végétation sont influencés par des perturbations dont les conséquences dépendent : 1) de la nature de la perturbation (agent en cause) et de ses attributs (gravité, fréquence et superficie); 2) de ses effets à brève échéance sur le couvert forestier, le sous-bois et les horizons supérieurs du sol; et 3) de la végétation initialement présente sur le site et dans les environs, en raison notamment de son influence sur la strate préétablie en régénération et sur la disponibilité de semences ou de propagules dans le sol. Dans certains cas, la combinaison de tous ces facteurs fera en sorte qu'un type de végétation pourra se perpétuer. Toutefois, dans d'autres circonstances, il peut y avoir une modification de la succession végétale, caractérisée par une augmentation des espèces intolérantes à l'ombre (souvent feuillues). Le risque que se produise un tel envahissement augmente avec l'abondance de niches adéquates qui reçoivent suffisamment de lumière pour permettre l'établissement d'espèces héliophiles. La quantité d'espèces intolérantes à l'ombre diminue ensuite en fonction du temps écoulé depuis la dernière perturbation à l'origine de la formation du nouveau peuplement. C'est pourquoi on les trouve davantage dans l'ouest, où la pluviométrie moins élevée contribue à induire des cycles de feux plus courts. Bien qu'il ne constitue pas un passage obligé de la succession végétale, le stade des essences de lumière fait partie de l'évolution naturelle des forêts.

Dans la forêt aménagée, l'envahissement par les feuillus intolérants et les autres espèces héliophiles peut être observé dans tous les domaines bioclimatiques. Ce phénomène est problématique en raison de l'importance des superficies coupées où l'on assiste à une modification de la succession végétale au profit des espèces intolérantes. Dans ce contexte, le risque d'envahissement par les feuillus intolérants dépend du type et de la saison de la récolte, de la composition avant la coupe, de la régénération en cours et de la fréquence des perturbations (y compris celle des coupes). Les principales essences en cause, à savoir le bouleau à papier, le peuplier faux-tremble, l'érable rouge (espèce semi-tolérante ayant un comportement d'espèce pionnière après une perturbation majeure), l'érable à épis et l'aulne, peuvent différer selon les domaines bioclimatiques et les types écologiques. Les conséquences à plus long terme de leur envahissement seront également différentes, puisque les arbustes envahissants peuvent compromettre le retour éventuel d'une strate arborescente.

Quant au peuplier, il pose une problématique très particulière. Cette espèce s'installe, souvent de manière ponctuelle, à partir de graines qui peuvent germer sur un sol minéral récemment mis à nu. Cela survient généralement à la suite d'un feu, d'un chablis ou de perturbations anthropiques comme la construction de chemins forestiers et de sentiers de débardage. Une fois installé dans une station, le peuplier peut rapidement envahir le parterre forestier grâce à une reproduction par drageons très vigoureuse si une nouvelle perturbation provoquant l'ouverture du couvert forestier survient avant que les peupliers ne dégénèrent. L'envahissement par le peuplier résulterait donc de l'effet cumulatif de perturbations successives, et les coupes auraient agi comme catalyseur de l'importante expansion qu'a connue cette espèce au cours des dernières décennies. L'envahissement par le peuplier se manifeste davantage dans les pessières du sous-domaine de la pessière noire de l'Ouest qui sont situées sur des dépôts dont la texture est fine. L'envahissement par le peuplier est également important dans les portions des sous-domaines de la sapinière à bouleau jaune de l'Est et de la sapinière à bouleau blanc de l'Est qui sont situées au sud du fleuve Saint-Laurent.

Dans les formations résineuses et mixtes, l'augmentation de la quantité de feuillus intolérants peut être assez importante pour provoquer un changement du type de couvert au profit des

formations mixtes et feuillues. Ces modifications peuvent se traduire, à l'échelle du paysage, par une perturbation du gradient altitudinal original. À titre indicatif, dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Est, les peuplements résineux occupaient les basses terres, alors que les peuplements mixtes et feuillus se trouvaient plutôt sur les hauts de pentes. En raison des coupes qui ont été faites au ^{xx}e siècle, plus de la moitié des stations qui accueillait jadis des peuplements résineux sont maintenant constituées de peuplements mixtes ou feuillus, ce qui modifie le gradient altitudinal original.

Les mécanismes sous-jacents au phénomène d'envahissement par les feuillus intolérants diffèrent selon que l'on considère la sapinière ou la pessière. Dans la sapinière, la régénération résineuse se fait principalement à partir de la banque de semis résineux préétablis qui se garnit progressivement (sur le plan de la quantité et du développement des semis) avec l'âge des peuplements (le temps écoulé depuis la perturbation d'origine). La présence d'une strate résineuse abondante en régénération couvrant la grande majorité de la surface du parterre forestier, comme celle qui existait généralement dans la sapinière dynamisée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette, limitait la régénération des espèces intolérantes. Par contre, l'aménagement par peuplements équiennes sur courtes rotations interrompt la constitution de la banque de semis, ce qui se traduit pour certains types forestiers (notamment les types à herbacées) par une banque de semis très faiblement garnie. De surcroît, les individus y sont de petite taille, ce qui laisse amplement d'espace pour la prolifération des espèces héliophiles advenant le retrait du couvert. Dans la sapinière, les risques d'envahissement par les feuillus intolérants augmentent avec la proportion du parterre forestier bénéficiant d'un ensoleillement important à la suite des perturbations. Ces risques sont évidemment accrus dans les peuplements comportant déjà une certaine proportion de feuillus (comme c'est le cas des végétations potentielles MS et MJ).

Dans la pessière, la régénération des épinettes se produit après un feu, grâce à de nouveaux semis provenant de la banque de graines contenue dans les cônes. En l'absence de feu, les peuplements qui contenaient initialement du sapin (pessière noire à sapin et sapinière à épinette noire) peuvent parfois se régénérer en sapin et conduire à un ensapinage (annexe M). Cependant, dans les pessières pures, la régénération se produit plutôt à partir de la banque de marcottes préétablies. Ce mode de régénération est plus fréquent dans les peuplements ouverts (puisque'il faut des branches basses pour que le marcottage soit possible) et produit généralement moins d'épinettes que le feu. Les pessières plus denses sont d'ailleurs souvent moins bien régénérées après une coupe, faute de marcottes. Dans la pessière, le risque d'envahissement par les plantes héliophiles s'accroît aussi avec l'espace laissé vacant par l'absence de régénération établie avant et peu après la perturbation. Toutefois, dans ce cas, la problématique diffèrera selon les espèces envahissantes en cause, selon qu'il s'agit d'éricacées (annexe O), de lichens (annexe P) ou d'espèces feuillues intolérantes. À la suite d'une coupe, ces dernières peuvent proliférer dans des pessières où elles étaient marginalement présentes au départ. C'est notamment le cas du peuplier faux-tremble, dont le drageonnement subséquent à la coupe engendre un envahissement au détriment de l'épinette (comme pour la végétation potentielle ME1).

L'envahissement par les feuillus intolérants s'observe également dans les domaines de l'érablière, aussi bien dans les peuplements de feuillus tolérants que dans les peuplements mixtes. Dans ce cas, il résulterait du défrichage, de coupes ayant produit des ouvertures trop importantes ainsi que des récoltes répétitives.

L'envahissement par les feuillus intolérants à la suite de coupes orientées exclusivement vers le prélèvement n'est pas un phénomène nouveau. Déjà en 1922, M. Whiley, forestier à l'université d'Oxford, critiquait les pratiques forestières de l'époque et dressait brièvement le bilan historique qui en découlait pour les forêts du Bas-Saint-Laurent : « Ces forêts, jadis remplies de pins blancs

et d'épinettes blanches, ont ensuite contenu seulement de l'épinette blanche et du sapin, puis du sapin et du bouleau et, maintenant, dans bien des cas, seulement du bouleau et des espèces non commerciales. »

SOLUTIONS¹

Les risques d'envahissement par les feuillus intolérants augmentent avec l'ouverture du couvert et la quantité de lumière disponible pour l'établissement des espèces héliophiles. Les principales espèces en cause sont le bouleau à papier, le peuplier faux-tremble, l'érable rouge, l'érable à épis et l'aulne. Il est possible de combattre directement ces essences en pratiquant des traitements de dégagement et de nettoyage. Toutefois, lorsque la concurrence des espèces de lumière est élevée, ces traitements s'avèrent souvent coûteux, aussi est-il préférable de procéder à des coupes progressives. Globalement, ces considérations devraient pousser les aménagistes à augmenter la proportion des superficies traitées au moyen de coupes progressives favorables aux espèces tolérantes ou longévives.

Objectif à atteindre : mise en place de conditions défavorables à l'établissement des espèces intolérantes : contrôle de l'ouverture du couvert et de la quantité de microsites disponibles pour l'établissement des espèces intolérantes.

Solutions génériques

- Favoriser l'obtention d'une strate en **régénération préétablie en espèces désirées** avant le retrait du couvert arborescent. L'allongement des révolutions peut permettre l'obtention d'une strate en régénération préétablie, puisqu'il favorise une pluie de semences d'espèces désirées plus abondante et, surtout, l'accumulation de débris ligneux qui constituent un important lit de germination.
- Exercer un **contrôle de l'ouverture du couvert** selon les espèces intolérantes présentes : mise en lumière progressive d'aires densément régénérées en espèces désirées pour contrer l'envahissement par le bouleau à papier et par le peuplier faux-tremble; procéder concurremment aux traitements d'éducation sous couvert qui sont requis pour contrôler l'envahissement par l'érable rouge et installer une strate en régénération d'espèces désirées.
- Lorsque les objectifs de répartition par stades évolutifs requièrent une augmentation de la représentativité des stades de fin de succession, prévoir une **gestion des peuplements mélangés** favorable aux espèces de fin de succession lors des traitements d'éducation et des coupes partielles. Il est également possible de faire des coupes de succession permettant de retirer les espèces intolérantes lorsqu'il y a présence d'un sous-étage dense d'espèces de fin de succession.
- Une strate en régénération dominée par les espèces tolérantes résultant de l'application d'un régime régulier requiert le respect de hauts standards de régénération et peut exiger des dégagements récurrents, dont la quantité sera proportionnelle à la fertilité de la station et dépendra des espèces concurrentes présentes. Pour limiter l'expansion de cette problématique, envisager l'utilisation de régimes sylvicoles permettant d'assurer le maintien d'un couvert forestier permanent.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Sapinières boréales (végétations potentielles MS2 et RS2) :
 - adopter le régime irrégulier pour une partie des peuplements résineux de la sapinière à bouleau blanc, en privilégiant ceux qui renferment une certaine proportion d'épinettes, puisque ces dernières permettront d'assurer la présence d'un couvert partiel en attendant le recrutement des cohortes préétablies de sapin (cela permet aussi de répondre à l'enjeu lié à la raréfaction de l'épinette blanche);
 - examiner la possibilité de recourir à des traitements d'éducation du peuplement au stade de semis ou de gaulis afin de maîtriser la régénération du bouleau à papier, des peupliers et de l'érable rouge sur les sites les plus riches;
 - envisager le reboisement ou le regarni après une coupe totale pour établir la régénération, surtout si l'humus est épais, car il est alors plus difficile de régénérer le peuplement par des coupes progressives.
- Sapinières à bouleau jaune et bétulaies jaunes à sapin (végétations potentielles MJ1, MJ2 et MS1) :
 - **promouvoir la restauration de peuplements mixtes de fin de succession de la sapinière à bouleau jaune** par la promotion des coupes progressives irrégulières à couvert permanent (annexe B);
 - favoriser la régénération du bouleau jaune (par ouvertures non synchrones afin de promouvoir l'irrégularité);
 - limiter la taille des trouées lors des jardinages et des coupes progressives par trouées (idéalement, $\leq 1,5$ H), sauf s'il y a présence d'une strate en régénération d'espèces tolérantes désirées formant un tapis continu;
 - restaurer les forêts dégradées en privilégiant la régénération du bouleau jaune et la réintroduction des épinettes.
- Peuplements de feuillus tolérants (végétations potentielles débutant par FE) :
 - limiter la taille des trouées lors des jardinages (idéalement, $\leq 1,5$ H); prendre en considération que le jardinage par trouées présente davantage de risques d'envahissement par les feuillus intolérants, puisqu'il n'est pas toujours possible de disposer les trouées de manière à favoriser les cohortes de feuillus tolérants ou de conifères en régénération;
 - lorsqu'il y a présence de peupliers épars, éviter de les récolter lors des coupes partielles si cela conduit à des ouvertures supérieures à 1,5 H afin d'éviter qu'ils drageonnent et prennent de l'expansion. Préconiser plutôt leur rétention, ce qui répondra aux besoins des espèces fauniques dépendantes de cavités.

RÉFÉRENCES UTILES

L'envahissement des parterres de coupe par les feuillus de lumière

- DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.
- GRONDIN, P., et autres, 2003. « Envahissement des parterres de coupe par les feuillus de lumière (enfeuillement) », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 131-174.

L'envahissement par le peuplier faux-tremble

FORTIN, S., 2008. *Expansion postcoloniale du tremble (Populus tremuloides) dans le bassin de la rivière York en Gaspésie*, Thèse (Ph. D.), Université du Québec à Chicoutimi, 103 p.

Les changements de composition dans les forêts du Québec méridional

BOUCHER, Y., 2008. *Dynamique de la forêt du Bas-Saint-Laurent depuis le début de l'exploitation forestière (1820-2000)*, Thèse (Ph. D.), Université du Québec à Rimouski, 113 p.

BOUCHER, Y., et autres, 2009. "Logging Pattern and Landscape Changes Over the Last Century at the Boreal and Deciduous Forest Transition in Eastern Canada", *Landscape Ecology*, vol. 24, n° 2, p. 171-184.

DUCHESNE, L., et R. OUIMET, 2008. *Une histoire de perturbations! Les changements de composition dans la forêt du Québec méridional au cours des 30 dernières années*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, 2 p. (Avis de recherche forestière; 11).

ANNEXE M Envahissement par le sapin baumier

ENJEUX

L'envahissement par le sapin baumier, ou ensapinage, peut d'abord être observé au stade de la régénération, à la suite de la coupe d'un peuplement composé d'épinettes ou d'autres résineux (particulièrement s'il s'agit d'une coupe avec protection de la régénération et des sols). Ce phénomène serait plus important dans la forêt boréale, où il se fait au détriment de l'épinette noire, que dans la forêt tempérée, où il se produit surtout aux dépens des essences compagnes plutôt tolérantes et longévives (épinette rouge, épinette blanche, pin blanc, pruche et thuya, selon les stations [végétations potentielles RS, RP, RT et RC]). Dans la partie nord, l'ensapinage toucherait surtout les peuplements comportant déjà une proportion de sapin (strates de pessière noire à sapin) et ayant parfois subi une modification de la dominance au profit de celui-ci. Il serait aussi plus important dans les paysages bien pourvus de sapins des domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc et de la sapinière à bouleau jaune ainsi que dans le sous-domaine de la pessière à mousses de l'Est. Par contre, le sapin y serait davantage touché par la tordeuse des bourgeons de l'épinette, ce qui réduit les risques d'envahissement.

La question de l'ensapinage de la pessière ne fait pas consensus dans la communauté scientifique, certains considérant que l'augmentation du sapin n'est que passagère et qu'elle sera tôt ou tard contrebalancée par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Il doit toutefois y avoir une quantité d'épinettes suffisante pour que cela se produise. Par ailleurs, les peuplements résineux en régénération ont souvent fait l'objet d'éclaircies précommerciales privilégiant l'épinette lorsque cette essence était présente. Cependant, on ignore toujours quel sera le profil de ces peuplements après une nouvelle épidémie. Dans la forêt tempérée, l'envahissement par le sapin pourrait ne pas être contrebalancé après d'éventuelles épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, en raison de la raréfaction des espèces compagnes susceptibles d'en bénéficier (épinette, pin, thuya et pruche). En pareil cas, il est possible que la diminution du sapin, consécutive à une nouvelle épidémie de l'insecte, exacerbe le phénomène d'envahissement par les feuillus intolérants.

À l'échelle du Québec, il existe un gradient croissant de précipitations allant de l'ouest vers l'est, alors que sur le plan topographique, le relief de plaine laisse successivement place à un relief de coteaux, de collines et de hautes collines. Ces gradients influencent les régimes de feux, qui sont moins fréquents en allant vers l'est. Cela se répercute sur la végétation en favorisant les espèces qui exigent des conditions d'humidité élevée comme le sapin. Les risques d'ensapinage seraient donc plus importants à mesure que l'on progresse vers l'est, ce qui concorde avec l'augmentation de la proportion de pessières à sapin.

Les peuplements de pessière noire à sapin et sapinière à épinette noire de la sapinière à épinette noire (végétation potentielle RS2) seraient plus sujets à l'ensapinage. Les secteurs où l'on trouve une forte concentration de ces peuplements se situent principalement dans le sous-domaine de la pessière à mousses de l'Est ainsi que dans les domaines de la sapinière. Si l'envahissement par le sapin était réel, il pourrait, à la limite, engendrer une expansion de la sapinière au détriment de la pessière.

Dans certains cas, notamment dans les peuplements résineux situés sur des dépôts dont la texture est fine, les strates en régénération installées à la suite des coupes dans les pessières sont sujettes à une dynamique d'enfeuilletement (annexe L) qui peut parfois être accompagnée d'une augmentation de l'abondance du sapin.

SOLUTIONS¹

L'envahissement par le sapin baumier se fait généralement au détriment de l'épinette noire dans la forêt boréale ou des espèces compagnes dans la forêt mixte (épinette rouge, épinette blanche, pin blanc, pruche et thuya). Les sites envahis par le sapin seraient particulièrement vulnérables aux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et à l'envahissement subséquent des feuillus intolérants. Étant donné ces considérations, la sylviculture devrait d'abord être orientée vers des mesures préventives, telles que la rétention de semenciers ou la coupe progressive irrégulière, pour maintenir un mélange d'espèces et vers des traitements correctifs pour contrôler la prolifération du sapin (éducation des peuplements). Les traitements correctifs se font au besoin seulement.

Objectifs à atteindre : régénération d'autres espèces que le sapin dans les peuplements résineux; maintien d'un couvert diversifié dans les peuplements sujets à l'envahissement par le sapin baumier; maintien et production de gros débris ligneux.

Solutions génériques

- Effectuer une **gestion des peuplements mélangés** de sapins et d'autres espèces dominantes ou compagnes, particulièrement celles qui sont en voie de raréfaction (épinette blanche, épinette rouge, pins, thuya et pruche) ou en diminution (bouleau jaune, épinette noire). L'adoption d'un scénario sylvicole prévoyant un **allongement des révolutions** pour ces espèces représente un moyen de favoriser le maintien de leurs semenciers et leur abondance dans la strate en régénération.
- Éviter le retrait systématique des semenciers d'épinettes et de pins. En effet, le maintien de semenciers de ces espèces permettrait de favoriser leur régénération dans les sentiers d'abattage et dans les parterres incendiés. Il convient, à cet égard, de prendre des dispositions particulières lors des coupes avec protection des petites tiges marchandes afin de prévenir la disparition des espèces compagnes. On peut, par exemple, assurer la rétention de bouquets contenant des épinettes, des pins ou des thuyas.
- Maintenir ou produire de gros débris ligneux pour favoriser l'établissement d'une régénération préétablie d'épinette blanche, d'épinette rouge, de thuya et de pruche.
- Procéder à des traitements d'éducation pour promouvoir les épinettes, les pins, le chêne, le thuya et la pruche.
- Sur les bonnes stations, envisager de faire des coupes progressives afin d'accroître la proportion d'espèces autres que le sapin. Cette disposition permet, en plus, de maintenir les semenciers d'espèces en voie de raréfaction.

Dispositions appropriées aux cas particuliers

- Pessières noires à sapin et sapinières à épinette noire (végétation potentielle RS2) :
 - mettre au point une sylviculture irrégulière dans les pessières noires à sapin et les sapinières à épinette noire afin de conserver un couvert d'épinette noire dont les tiges marchandes seront bien représentées et de favoriser sa régénération. Toutefois, la régénération sexuée de l'épinette noire nécessite un sol minéral et, en général, l'épaisseur de l'humus ne permet pas la création d'un grand nombre de lits de germination lors de la récolte. Un scarifiage par poquets est nécessaire, mais la quantité de poquets doit être limitée pour ne pas blesser les racines. En maintenant une distance d'un mètre avec les arbres résiduels, il est possible d'aménager environ 300 poquets par hectare. La présence

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

de semenciers d'épinette noire constitue un avantage important pour l'établissement d'une végétation naturelle en cas d'incendie.

- Peuplements d'épinette rouge (végétation potentielle RS5), de thuya (RS1, RC3), de pruche (RT1) ou de pin (RP1) :
 - explorer la coupe progressive irrégulière par petites trouées à couvert permanent pour les peuplements purs, mixtes ou mélangés d'épinette rouge, de thuya, de pruche ou de pin, en portant attention à la disposition des sentiers pour réduire les risques de chablis.

RÉFÉRENCE UTILE

L'envahissement des parterres de coupe par le sapin baumier

GRONDIN, P., J. NOËL et D. HOTTE, 2003. « Envahissement des parterres de coupe par le sapin en forêt boréale », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 15-44.

ANNEXE N Problématique du hêtre à grandes feuilles dans les érablières

ENJEUX

On trouve le hêtre à grandes feuilles dans les domaines bioclimatiques de l'érablière ainsi que dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Généralement associé aux érablières (végétations potentielles FE), il est plus abondant dans les érablières situées sur les sommets ou sur le haut des pentes où le drainage varie de bon à excessif (type écologique FE3H).

La problématique du hêtre à grandes feuilles dans les érablières présente deux phénomènes distincts quant à leur époque et à leur nature : la diminution, dans certaines régions, de la quantité de hêtres dans la canopée depuis la période précoloniale et son augmentation importante dans la strate en régénération de certaines stations, qui, elle, est plus récente. Sur le plan écologique, les effets de ces deux phénomènes sur la biodiversité (composition et structure d'habitat) devraient être évalués. Sur le plan économique, le remplacement de l'érable à sucre par le hêtre (phénomène plus contemporain) s'avère problématique en raison de la valeur moindre du hêtre.

Certaines études ont constaté que le hêtre à grandes feuilles aurait été plus abondant par le passé (période précoloniale) dans la canopée des forêts de feuillus tolérants. On ignore dans quelle mesure sa diminution au profit de l'érable à sucre serait le résultat des activités de récolte antérieures qui auraient plutôt avantagé des espèces moins tolérantes à l'ombre. Par ailleurs, il est possible que la maladie corticale du hêtre puisse être responsable, du moins en partie, de la diminution de l'abondance du hêtre. Cependant, de telles réductions par rapport aux niveaux historiques ont aussi été observées dans des régions où la maladie ne sévissait pas.

Plus récemment, un envahissement par le hêtre a été enregistré dans la strate en régénération de plusieurs peuplements de feuillus tolérants. Cette recrudescence du hêtre en régénération a soulevé certains questionnements relatifs au statut d'espèce climacique dominante de la forêt de feuillus d'ombre du nord-est de l'Amérique du Nord conféré à l'érable à sucre. Il semblerait toutefois que les deux essences fassent partie des espèces de fin de succession de certaines stations et que leur abondance relative ait fluctué dans le temps sous l'effet combiné des différents régimes de perturbations naturelles. La forêt naturelle de feuillus tolérants est principalement régie par une dynamique de trouées engendrées par la sénescence des arbres. Dans les trouées, il peut y avoir remplacement aussi bien par une espèce que par l'autre. La position hiérarchique du remplaçant au moment de l'ouverture serait déterminante, peu importe s'il s'agit d'un érable ou d'un hêtre.

L'analyse de l'envahissement contemporain par le hêtre en sous-étage doit tenir compte des changements climatiques, de la pollution atmosphérique et de l'exploitation des forêts. Une relation a d'ailleurs été établie entre les bas indices de qualité de station (pauvre et peu fertile) pour l'érable à sucre et la densité de gaules de hêtre. De plus, la réduction de la disponibilité d'éléments nutritifs dans le sol et la toxicité aluminique engendrée par les précipitations acides contribueraient à une mortalité importante de l'érable à sucre. Les pertes en calcium et l'acidification des sols nuiraient également à la régénération de l'érable à sucre alors que le hêtre présenterait une meilleure résistance à ces conditions.

Par ailleurs, certains chercheurs ont avancé l'hypothèse que l'augmentation de la quantité des gaules de hêtre résulterait d'un aménagement forestier essentiellement axé sur le jardinage par pied d'arbres, qui aurait avantagé le hêtre, plus tolérant à l'ombre que l'érable. Or, force est de constater que l'envahissement du sous-étage par le hêtre ne s'observe pas partout dans les forêts

jardinées et qu'on le rencontre également dans les forêts non aménagées, ce qui suggère l'existence d'autres mécanismes. Par contre, lorsque le hêtre est présent en sous-étage, il est reconnu qu'un jardinage par pied d'arbres peut favoriser son augmentation en stimulant le drageonnement et en fournissant des conditions d'ombrage favorables à son développement. Il est donc possible que l'aménagement ait contribué à accentuer cet envahissement.

L'envahissement par le hêtre à grandes feuilles en régénération est un phénomène très complexe. Dans la littérature, les divers facteurs susceptibles de l'influencer font état de l'abondance du hêtre dans la canopée, des conditions lumineuses résultant de l'effet combiné des perturbations naturelles et anthropiques ainsi que de ses capacités de reproduction végétative, qui lui confèreraient un avantage compétitif sur l'érable grâce à la croissance très rapide de ses drageons. Il existerait aussi un lien avec les propriétés du sol (qualité de station), la pollution atmosphérique et les conditions climatiques extrêmes qui peuvent avoir une incidence sur la croissance ou la reproduction des différentes espèces en présence.

SOLUTIONS¹

L'envahissement par le hêtre est un phénomène très complexe. On reconnaît qu'un jardinage par pied d'arbres peut favoriser la prolifération du hêtre en sous-étage et accélérer son recrutement dans le couvert arborescent. La capacité du hêtre à drageonner lui confère alors un net avantage compétitif sur l'érable à sucre. Il est donc possible que l'aménagement forestier ait contribué par le passé à accentuer cet envahissement. Étant donné ces considérations, la sylviculture des érablières devrait être orientée vers une pratique mieux ciblée du jardinage.

Objectifs à atteindre : meilleure compréhension du phénomène et plus juste évaluation de son étendue, meilleure caractérisation des stations à risque; définition de solutions appropriées.

Solutions génériques

- Adapter les objectifs de production aux conditions de la station : la présence du hêtre doit être contrôlée dans la plupart des érablières, mais elle est normale dans les érablières sèches de haut versant (végétations potentielles FE4, FE5 et FE6 et type écologique FE32H, par exemple) où le sol est moins fertile.
- Tenir compte de la position hiérarchique des arbres et éviter d'avantager le hêtre dans son occupation des ouvertures générées par la récolte. Il convient, à cet égard, d'envisager le retrait de certaines perches de hêtre plutôt que de les favoriser lors de la création des ouvertures dans le couvert dominant.
- Selon les besoins, **inclure la récolte de petites tiges lors du jardinage** afin de rééquilibrer la structure des peuplements touchés, en tentant de favoriser le plus possible l'érable et les autres espèces appropriées pour la station. Évaluer dans quelle mesure certaines espèces compagnes pourraient supplanter les drageons du hêtre.
- Envisager le chaulage pour répondre au problème de faible croissance de l'érable à sucre. Toutefois, lorsqu'il est fait par épandage en surface, cet amendement provoque un déséquilibre de la chimie du sol. Un épandage suivi d'une incorporation par brassage prévient ce déséquilibre et peut potentiellement détruire la cohorte du hêtre.
- Envisager l'introduction d'une coupe partielle plus intense avec le scénario de jardinage pour favoriser une cohorte d'espèces semi-tolérantes (chênes, bouleau jaune, frênes) au détriment d'espèces tolérantes comme le hêtre. Toutefois, pour qu'elle soit efficace, cette mesure doit être réservée aux peuplements où l'envahissement par le hêtre n'est pas déjà amorcé, sinon elle risquerait de l'amplifier.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

- Expérimenter la coupe progressive irrégulière par trouées agrandies comme mesure préventive. La flexibilité associée à la coupe progressive irrégulière en fait une option attrayante, car elle permet de disposer les trouées de manière à dégager les jeunes tiges d'espèces désirées, puis d'en agrandir progressivement la superficie. Elle permet, de plus, d'éviter le rajeunissement systématique des peuplements en n'obligeant pas à traiter toute la surface en une seule révolution, comme c'est le cas pour le jardinage par trouées, par exemple.
- Comme mesure correctrice dans les peuplements envahis par le hêtre, explorer l'utilisation du brûlage dirigé.

RÉFÉRENCES UTILES

La problématique du hêtre à grandes feuilles

- BEAUDET, M., et autres, 2007. "Effect of a Major Canopy Disturbance on the Coexistence of *Acer Saccharum* and *Fagus Grandifolia* in the Understorey of an Old-growth Forest", *Journal of Ecology*, vol. 95, n° 3, p. 458-467.
- BOUFFARD, D., P. NOLET et F. DOYON, 2005. *L'abondance du hêtre à grandes feuilles dans les érablières : le rôle combiné de l'historique des perturbations et de la qualité des sols*, Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 33 p.
- BRISSON, J., et A. BOUCHARD, 2003. "In the Past Two Centuries, Human Activities Have Caused Major Changes in the Tree Species Composition of Southern Quebec, Canada", *Ecoscience*, vol. 10, n° 2, p. 236-246.
- COGBILL, C. V., J. BURKET et G. MOTZKIN, 2002. "The Forests of Presettlement New England, USA: Spatial and Compositional Patterns Based on Town Proprietor Surveys", *Journal of Biogeography*, vol. 29, n°s 10-11, p. 1279-1304.
- DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.
- DUSCHESNE, L., et R. OUMET, 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.
- DUSCHESNE, L., J.-D. MOORE et R. OUMET, 2006. « Envahissement du hêtre dans les érablières dépeissant au Québec », *Le naturaliste canadien*, vol. 130, n° 1, p. 56-59.
- DUSCHESNE, L., et autres, 2005. "Changes in Structure and Composition of Maple-beech Stands Following Sugar Maple Decline in Quebec, Canada", *Forest Ecology and Management*, vol. 208, n°s 1-3, p. 223-236.
- FORRESTER, J. A., et J. R. RUNKLE, 2000. "Mortality and Replacement Patterns of an Old-growth *Acer-Fagus* Woods in the Holden Arboretum, Northeastern Ohio", *The American Midland Naturalist*, vol. 144, n° 2, p. 227-242.
- GRAVEL, D., M. BEAUDET et C. MESSIER, 2009. "Large-scale Synchrony of Gap Dynamics and the Distribution of Understorey Tree Species in Maple-beech Forests", *Oecologia*, vol. 162, n° 1, p. 153-161.
- NOLET, P., et autres, 2007. "Relationship Between Canopy Disturbance History and Current Sapling Density of *Fagus Grandifolia* and *Acer Saccharum* in a Northern Hardwood Landscape", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 38, n° 2, p. 216-225.
- PAQUIN, R., et J. NOËL, 2003. « Envahissement des érablières par le hêtre », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs), *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 191-200.
- POULSON, T. L., et W. J. PLATT, 1996. "Replacement Patterns of Beech and Sugar Maple in Warren Woods, Michigan", *Ecology*, vol. 77, n° 4, p. 1234-1253.

Le statut de l'érable à sucre dans la succession végétale

NOLET, P., et autres, 2008. "The Successional Status of Sugar Maple (*Acer Saccharum*), Revisited", *Annals of Forest Science*, vol. 65, n° 2, p. 208.

Les effets du climat

TARDIF, J., J. BRISSON et Y. BERGERON, 2000. "Dendroclimatic Analysis of *Acer Saccharum*, *Fagus Grandifolia*, and *Tsuga Canadensis* From an Old-growth Forest, Southwestern Quebec", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 31, n° 9, p. 1491-1501.

ANNEXE O Envahissement par les éricacées

ENJEUX

Les pessières noires continues de la forêt boréale, historiquement dynamisées par les feux, sont formées d'une juxtaposition de pessières à mousses et de pessières à éricacées (végétation potentielle RE2). Le développement des éricacées serait notamment lié à la quantité de lumière qui parvient jusqu'au parterre forestier. Une hypothèse suggère que les pessières issues de feux qui ne présentent pas de problèmes de régénération évolueraient vers des pessières à mousses, alors que celles qui sont moins bien régénérées formeraient plutôt des pessières ouvertes, pourvues d'un parterre dense d'éricacées. Lors du passage du feu, la majorité des éricacées est souvent détruite et l'épaisseur de l'humus, réduit. La recolonisation du site par les éricacées prend alors du temps et le couvert peut se refermer lorsque la régénération est suffisamment dense, limitant ainsi l'établissement des éricacées.

Dans la pessière noire aménagée, les coupes avec protection de la régénération et des sols créent une ouverture du couvert qui équivaut à celle engendrée par les feux, mais elles ont un effet différent sur le sous-bois ainsi que sur le parterre forestier et les horizons supérieurs du sol. L'effet limité de cette coupe sur les éricacées et sur le sol s'apparente davantage à celui produit par une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, sauf dans les sentiers où la perturbation plus importante permet une réduction temporaire de la densité d'éricacées. La régénération naturelle d'épinette noire est constituée de marcottes et sa densité est inversement proportionnelle à la fermeture du couvert du peuplement récolté. La croissance de cette régénération peut parfois être fortement ralentie par les éricacées.

Le kalmia, le thé du Labrador et les bleuets sont les principales espèces d'éricacées poussant dans la forêt boréale québécoise qui ont un impact documenté sur la régénération forestière. Elles profitent d'une régénération essentiellement végétative (par rhizomes, marcottage et rejets). Leur litière, dont la décomposition est difficile, favorise l'accumulation d'un humus brut où les éléments nutritifs sont peu accessibles aux conifères. De plus, le kalmia facilite le développement de pseudomycorhizes sur les racelles de l'épinette noire. Leur présence limite le pouvoir d'association avec les mycorhizes bénéfiques. Cette colonisation nuit à la nutrition des semis d'épinette. Par ailleurs, les plantes éricacées libèrent des acides phénoliques dans l'environnement. Leur rôle est toutefois difficile à préciser dans des conditions naturelles étant donné la multitude de facteurs en cause. Des tests en laboratoire montrent néanmoins que ces composés inhibent la germination des graines d'épinette noire, qu'ils diminuent la croissance des racines fines (importantes pour l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs) et qu'ils nuisent à la croissance des mycorhizes bénéfiques. Enfin, grâce à leur importante biomasse racinaire, les éricacées absorbent la majorité des nutriments du sol, livrant ainsi une forte compétition aux conifères pour les ressources environnementales. Toutefois, des travaux récents démontrent que les effets des éricacées sur la physiologie des conifères sont indépendants de la fertilité intrinsèque des stations.

En résumé, bien que les éricacées puissent causer des ralentissements de croissance, l'ampleur de ces ralentissements peut être très variable, les mécanismes qui les provoquent sont encore mal connus et on ignore leur interaction avec les caractéristiques des stations. Les éricacées ont généralement une couverture plus importante sur les sols acides, pauvres en éléments nutritifs ou dont la texture est grossière. De façon générale, on considère que le risque d'envahissement par les éricacées serait élevé dans la végétation potentielle RE, modéré dans la RS et faible dans la MS.

SOLUTIONS¹

Dans des conditions naturelles, après un feu suffisamment intense, l'épinette noire se régénère à l'aide de graines qui germent sur le sol minéral mis à nu. La coupe forestière, mise elle, sur la présence de marcottes. Les éricacées, comme le kalmia et le thé du Labrador, profitent de la lumière après une perturbation. Ils favorisent l'accumulation d'humus et peuvent nuire à la nutrition des semis d'épinette. Un défaut de régénération peut alors entraîner la conversion de pessières productives en landes à éricacées.

Objectifs à atteindre : établissement et croissance de la régénération dans les pessières; maintien de pessières après une perturbation.

Solutions génériques

- Lorsque la régénération est déficiente dans les stations mésiques ou subhydriques, on peut procéder au reboisement après avoir préparé le terrain. Dans les stations à humus épais, un double scarifiage est nécessaire, autrement un simple scarifiage suffit. Bien entendu, la préparation de terrain idéale serait un brûlage de forte intensité afin de détruire les rhizomes et d'amincir l'humus.
- Les essences à reboiser sont l'épinette noire et le pin gris en fonction du type de station. La plantation de mélèzes laricins semble également une voie prometteuse, car la croissance de cette espèce est peu affectée par les éricacées, et sa litière améliore la fertilité du site.
- Lorsque la régénération n'est pas déficiente, mais que l'on constate plusieurs années après une coupe que la croissance est très ralentie, on peut procéder à un reboisement pour récupérer le peuplement. Le reboisement doit cependant être précédé d'une préparation de terrain; autant les plants mis en terre que la régénération préétablie profiteront de l'amélioration des conditions de croissance que procure le scarifiage.
- Sur les stations hydriques où la préparation de terrain n'est pas envisageable, combiner la coupe avec protection de la régénération et des sols avec le maintien de bouquets de semenciers d'épinette noire. La rétention de bouquets favorise l'ensemencement naturel des parterres de coupe, mais permet également de limiter l'uniformisation de la structure du futur couvert forestier. La présence de sphaigne dense constitue un lit de germination adéquat pour l'épinette noire.
- Expérimenter la coupe progressive irrégulière à couvert permanent, en supposant que le maintien d'un couvert partiel permet parfois de contrôler la prolifération des éricacées, mais en sachant aussi que, dans certains cas, les éricacées peuvent quand même répondre positivement à une faible ouverture du couvert.

RÉFÉRENCES UTILES

L'envahissement des parterres de coupe par les éricacées

HÉBERT, F., et autres, 2010. "Ericaceous Shrubs Affect Black Spruce Physiology Independently From Inherent Site Fertility", *Forest Ecology and Management*, vol. 260, n° 2, p. 219-228.

HÉBERT, F., et autres, 2010. "Comparative Physiological Responses of *Rhododendron groenlandicum* and Regenerating *Picea mariana* Following Partial Canopy Removal in Northeastern Quebec, Canada", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 40, n° 9, p. 1791-1802.

MORONI, M. T., et autres, 2009. "Controlling Kalmia and Re-Establishing Conifer Dominance Enhances Soil Fertility Indicators in Central Newfoundland, Canada", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 39, n° 7, p. 1270-1279.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

- THIFFAULT, N., B. D. TITUS et M. T. MORONI, 2010. "Silviculture and Planted Species Interact to Influence Reforestation Success on a *Kalmia*-dominated Site – A 15-year Study", *Forestry Chronicle*, vol. 86, n° 2, p. 234-242.
- THIFFAULT, N., et R. JOBIDON, 2006. "How to Shift Unproductive *Kalmia angustifolia*–*Rhododendron groenlandicum* Heath to Productive Conifer Plantation", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 36, n° 10, p. 2364-2376.
- THIFFAULT, N., et autres, 2005. « La relation éricacées – conifères. Bonheur d'oppression? », *Le naturaliste canadien*, vol. 129, n° 2, p. 57-61.
- THIFFAULT, N., B. D. TITUS et A. D. MUNSON, 2004. "Black Spruce Seedlings in a *Kalmia-Vaccinium* Association: Microsite Manipulation to Explore Interactions in the Field", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 34, n° 8, p. 1657-1668.
- THIFFAULT, N., et P. GRONDIN, 2003. « Envahissement des parterres de coupe par les éricacées », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs). *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 103-130.
- THIFFAULT, N., et autres, 2015. "Ecological Gradients Driving the Distribution of Four Ericaceae in Boreal Quebec, Canada", *Ecology and Evolution*, vol. 5, n° 9, p. 1837-1853.

ANNEXE P Expansion des milieux ouverts à lichens dans la pessière

ENJEUX

Les forêts fermées sont moins résilientes aux perturbations à mesure que l'on progresse vers le nord. Le phénomène de conversion des forêts fermées dans les forêts ouvertes à lichens s'observe principalement sur les stations sèches situées au nord (en allant vers la limite de la forêt exploitée située au 52^e parallèle) où l'épinette noire domine.

Dans la pessière noire aménagée, les coupes seraient à l'origine d'une diminution de la proportion des peuplements de densité forte à moyenne. Elles auraient également provoqué une augmentation de la proportion des peuplements de faible densité ainsi que des superficies en régénération.

Les pessières à lichens (végétation potentielle RE1) sont composées d'une strate arborescente ouverte dominée par l'épinette noire et accompagnée d'une strate de lichens principalement constituée de *Cladina spp.* Ces formations végétales caractéristiques de la taïga apparaissent aussi en zone de forêt continue, dans le domaine de la pessière à mousses, là où les perturbations en rafales peuvent être à l'origine de leur expansion. Les pessières à lichens sont considérées comme une forme régressive de la pessière à mousses.

Le succès de la régénération des épinettes noires à la suite de ces perturbations dépend de la disponibilité de graines viables et de lits de germination adéquats (annexe O). L'absence de graines viables peut résulter du jeune âge du peuplement, du parasitisme ou de la prédation des graines. Pour l'épinette noire, la production semencière optimale ne débute pas avant l'âge de 50 ans. Certains insectes peuvent parasiter les cônes ou, à l'instar de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, inhiber leur formation. Enfin, un certain nombre de rongeurs et d'oiseaux se nourrissent des cônes et des graines, ce qui réduit la quantité disponible de graines viables. D'autre part, les mousses, les lichens et les surfaces non perturbées constituent de piètres lits de germination qui limitent la régénération sexuée de l'épinette noire. La régénération par marcottage est possible dans les peuplements ouverts, mais sa densité est moindre par rapport à la régénération sexuée pouvant être obtenue après un feu.

Dans des conditions naturelles, lorsque les feux sont espacés au fil du temps, certains considèrent que la pessière à cladonie évoluerait progressivement vers la pessière à mousses. D'autres perçoivent plutôt l'envahissement par le lichen comme un phénomène unidirectionnel, en se basant sur la tendance observée pendant les 50 dernières années et sur le fait qu'aucun cas de reforestation naturelle de ces milieux n'a été répertorié à ce jour.

Lorsque l'action concurrente de certains de ces facteurs produit un déficit en régénération résineuse, la lumière et l'espace disponibles favorisent l'apparition d'espèces héliophiles. En l'absence d'une régénération de ces espèces, comme le bouleau à papier ou le peuplier, ce sont plutôt les éricacées qui envahissent le parterre forestier. Celles-ci peuvent graduellement être remplacées par les lichens, à la faveur de nouvelles perturbations dont les caractéristiques feront en sorte d'accentuer le déficit de régénération de l'épinette noire. C'est notamment le cas lorsqu'un feu survient dans un peuplement immature ou dans un peuplement ayant récemment subi une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Par ailleurs, une fois qu'ils sont établis, les lichens nuiraient à la croissance et à la nutrition des conifères, en raison des composés allélopathiques qu'ils libèrent.

L'expansion des milieux ouverts à lichens survient à la suite de perturbations en cascade produisant une réduction importante du couvert forestier et une régénération déficiente de

l'épinette noire. L'ajout des perturbations anthropiques aux autres perturbations (ex. : feux, épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette) risque d'accroître le phénomène d'expansion des milieux ouverts à lichens. En effet, la coupe des arbres ouvre le couvert et retire les semenciers en bas âge (par rapport à leur longévité) dans les forêts de seconde venue, et ne produit pas toujours des lits de germination adéquats.

Le problème des milieux ouverts à lichens, qui sont par ailleurs importants pour la biodiversité, et notamment pour le caribou forestier qui se nourrit de lichens, réside dans leur expansion.

SOLUTIONS¹

L'expansion des milieux ouverts à lichens peut résulter de la raréfaction des semenciers à la suite de perturbations en rafales. Cette situation pourrait se présenter de différentes façons, entre autres : 1) lorsque deux perturbations naturelles se suivent de trop près (ex. : une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette suivie d'un feu ou de deux feux successifs); 2) lorsqu'un feu touche un jeune peuplement en régénération après une coupe; 3) lorsqu'une coupe de récupération trop intense est faite à la suite d'un feu ayant généré des lits de germination de mauvaise qualité. Par ailleurs, la coupe des arbres entraîne souvent l'ouverture du couvert et le retrait d'une grande partie des semenciers sans produire de lits de germination adéquats. Enfin, les milieux ouverts à lichens sont essentiels dans l'habitat du caribou forestier, et leur maintien dans son aire de fréquentation constitue un enjeu très important.

Objectifs à atteindre : maintien de la densité des pessières après une coupe; remise en production rapide d'une partie des superficies ayant subi des perturbations en rafales.

Solutions génériques

- Pour éviter la création de nouveaux milieux ouverts à lichens dans les sites à forte récurrence de feux, et dans tout milieu susceptible d'être gravement perturbé par le feu, procéder à des coupes avec rétention de bouquets d'arbres et d'arbres isolés afin de permettre le maintien de semenciers bien distribués dans le peuplement, au cas où le site devrait être à nouveau incendié dans un court intervalle. Ce traitement permet également de rehausser la complexité structurale du futur peuplement.
- Planifier soigneusement la coupe de récupération après le passage du feu, car elle comporte un risque réel d'amplifier les problèmes de régénération. Dans les sites comportant des lits de germination inadéquats, procéder à une récupération partielle des tiges, puis à une préparation de terrain visant à améliorer les lits de germination. On peut aussi laisser les arbres survivants sur place.
- Assurer la remise en production d'une partie des milieux ouverts à lichens au moyen d'une préparation de terrain, suivie d'un reboisement de base. Explorer aussi l'utilisation des semenciers présents en limitant son intervention à une préparation de terrain. Une évaluation des risques de feux devrait toutefois précéder ces travaux afin de ne pas faire de tels investissements dans les sites à forte récurrence de feux. Une évaluation de la fréquentation du secteur par le caribou forestier devrait aussi être faite à cette étape pour éclairer la décision des aménagistes.
- Pour accroître la résilience des couverts forestiers restaurés dans les milieux ouverts à lichens, envisager la plantation d'un mélange d'épinette noire et de pin gris. Le pin gris produit des cônes plus rapidement que l'épinette noire au cours de sa maturation, et la présence de semenciers précoces constitue un net avantage pour la régénération du couvert forestier dans les sites les plus risqués.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

RÉFÉRENCES UTILES

L'expansion des milieux ouverts dans le domaine de la pessière à mousses

CÔTÉ, D., 2003. « Expansion des milieux ouverts à lichens dans le domaine de la pessière à mousses », dans GRONDIN, P., et A. CIMON (coordonnateurs). *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, p. 175-190.

GIRARD, F., S. PAYETTE et R. GAGNON, 2008. "Rapid Expansion of Lichens Woodlands Within the Closed-crown Boreal Forest Zone Over the Last 50 Years Caused by Stand Disturbances in Eastern Canada", *Journal of Biogeography*, vol. 35, n° 3, p. 529-537.

La dynamique naturelle des pessières noires

FOSTER, D. R., 1985. "Vegetation Development Following Fire in *Picea Mariana* (Black Spruce) – Pleurozium Forests of South-Eastern Labrador, Canada", *Journal of Ecology*, vol. 73, n° 2, p. 517- 534.

SIMON, N. P., et F. E. SCHWAB, 2005. "Plant Community Structure After Wildfire in the Subarctic Forests of Western Labrador", *Northern Journal of Applied Forestry*, vol. 22, n° 4, p. 229-235.

ANNEXE Q Enrésinement par voie de plantation

ENJEUX

Les plantations essentiellement résineuses ont pris un essor important au début des années 1980 alors que les stocks de bois résineux connaissaient une diminution appréciable à la suite de la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, et que les aires de coupe totale d'essences résineuses mal régénérées représentaient une superficie notable. Ces plantations auraient, dans certains cas, conduit à un enrésinement à l'échelle du paysage. Des reboisements avec des conifères ont été faits dans plusieurs stations où se trouvaient auparavant des forêts de feuillus tolérants (végétation potentielle FE) ou des peuplements mixtes (végétations potentielles MJ et MS) (annexe B), ce qui a modifié le patron d'occupation du territoire par les peuplements résineux à l'échelle du paysage. L'enrésinement qui en résulte pourrait s'observer dans les domaines de la sapinière à bouleau jaune et dans ceux de l'érablière. Bien que ce phénomène touche particulièrement les milieux agroforestiers, il est également possible de l'observer en milieu forestier. L'enrésinement a toutefois été plus mitigé dans certaines stations riches où, faute de soins récurrents, les plantations résineuses se sont transformées en peuplements mixtes à la suite d'un envahissement par les feuillus intolérants.

Les coupes sur de grandes superficies, le scarifiage et le reboisement massif sous forme de monoculture peuvent provoquer des modifications dans la structure, la composition et le dynamisme des communautés végétales. Ces modifications peuvent être à l'origine de la dégradation des habitats, associée à une perte d'abris, de nourriture ou de sites de reproduction pour la faune.

SOLUTIONS¹

Au début des années 1980, des travaux de plantation résineuse ont été exécutés dans plusieurs stations qui accueillait auparavant des forêts de feuillus tolérants ou des peuplements mixtes à feuillus tolérants. L'enrésinement qui en résulte aujourd'hui s'observe dans les domaines de la sapinière à bouleau jaune et des érablières. Certains correctifs devraient être envisagés.

Objectif à atteindre : freiner l'enrésinement par voie de plantation.

Solutions génériques

- Éviter les plantations pures de résineux dans les stations naturellement occupées par des forêts de feuillus tolérants. Dans les stations occupées par des peuplements mixtes à feuillus tolérants (MJ, MS1), promouvoir le plus possible la régénération des feuillus tolérants.
- Pour pallier les problèmes de régénération dans les forêts dégradées ou envahies par des espèces non commerciales, envisager la plantation de feuillus nobles en voie de raréfaction dans les stations naturellement occupées par des forêts de feuillus tolérants.
- Pour atténuer le phénomène d'enrésinement dans les plantations résineuses existantes, autoriser la présence d'espèces compagnes feuillues lors des travaux d'éducation, de manière à recréer des peuplements mixtes.

1. Les solutions préconisées dans l'approche d'aménagement écosystémique sont en caractères gras.

RÉFÉRENCES UTILES

L'enjeu a été mentionné dans :

COMITÉ SCIENTIFIQUE SUR LES ENJEUX DE BIODIVERSITÉ, 2010. *Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides : Rapport du comité scientifique*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 147 p.

DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, [pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts], Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 63 p.

BIBLIOGRAPHIE

- BORMANN, F. H., et G. E. LIKENS (1979). *Pattern and Process of a Forested System*, New York, NY, Springer-Verlag, 253 p.
- BOUCHER, J.-F., et autres (2011). *Le registre des états de référence : intégration des connaissances sur la structure, la composition et la dynamique des paysages forestiers naturels du Québec méridional*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, 21 p.
- COMITÉ D'EXPERTS SUR LES SOLUTIONS (2009). *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides – Fiches techniques*, [En ligne]. [www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/amenagement/solutions-fiches-techniques.pdf].
- DOYON, F., et D. BOUFFARD (2009). *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 63 p.
- GASSER D., M.-H. LANGIS et M. CÔTÉ (2008). *L'épinette de Norvège (Picea abies (L.) Karst) : risque de naturalisation et d'envahissement des écosystèmes en Gaspésie*, Gaspé, Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles, 43 p.
- GRONDIN, P., et A. CIMON (2003). *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*, Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, 200 p.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (a). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 3, Les scénarios sylvicoles*, ouvrage collectif sous la supervision de P. Beaupré, É. Boileau et P. Fontaine, [En préparation].
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (b). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 1 – Concepts généraux liés à l'aménagement écosystémique des forêts*, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, [En préparation].
- 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, Québec, Les Publications du Québec, 709 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, Québec, Les Publications du Québec, 709 p.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (2009). *Portrait de l'évolution de la forêt publique sous aménagement du Québec méridional des années 1970 aux années 2000*, [En ligne], Québec, gouvernement du Québec, Direction des inventaires forestiers, 135 p. [www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/evolution-foret-publique.pdf].
- MOTTET, M.-J., et autres (2011). *L'épinette de Norvège au Québec : performante sans être envahissante*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, 2 p. (Avis de recherche; 30).
- PINNA, S., et autres (2009). *Portrait forestier historique de la Gaspésie*, Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles, 204 p.

- PHELOUNG, P. C., P. A. WILLIAMS et S. R. HALLOY (1999). "A Week Risk Assessment Model for Use as a Biosecurity Tool Evaluating Plan Introductions", *Journal of Environmental Management*, vol. 57, n° 4, p. 239-251.
- QUÉBEC. *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, RLRQ, chapitre A-18.1, à jour au 1^{er} février 2015, [En ligne], Éditeur officiel du Québec.
[www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/A_18_1/A18_1.html].
- RAYMOND, P., et autres (2009). "The Irregular Shelterwood System: Review, Classification, and Potential Application to Forests Affected by Partial Disturbances", *Journal of Forestry*, vol. 107, n° 8, p. 405-413.
- SCULL, P., et J. L. RICHARDSON (2007). "A Method to Use Ranked Timber Observations to Perform Forest Composition Reconstructions from Land Survey Data", *American Midland Naturalist*, vol. 158, p. 446-460

