



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



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



Coordination

Marie-Andrée Vaillancourt, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers

Rédaction

Jean-Pierre Jetté, ing.f., Marc Leblanc, ing.f., M. Sc., Josée Pâquet, géogr., M. ATDR et Marie-Andrée Vaillancourt, biol., M. Sc., Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers

Collaboration

Sylvie Delisle et Lyne Giasson

Photos

Jacques Duval, Hugo Jacqmain, Sébastien Méthot et Pierre Pouliot

Production

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, juin 2017

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-0360

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_1_General.pdf

Référence : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2017). *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*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 30 p.

Mots clés : aménagement écosystémique, enjeu écologique, ligne directrice, planification forestière, Québec

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

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2018
ISBN 978-2-551-26364-6
© Gouvernement du Québec, 2017

TABLE DES MATIÈRES

L'aménagement écosystémique en bref.....	1
Introduction.....	3
Regard sur les enjeux à différentes échelles d'analyse	4
Orientations ministérielles en matière d'aménagement écosystémique dans les PAFI	5
Chapitre 1 Objectifs d'aménagement et cibles	7
1.1 Approches de détermination des cibles	7
1.1.1 Approche par degrés d'altération.....	10
1.1.2 Approche basée sur les besoins en habitat des espèces focales.....	12
1.2 Démarche à préconiser pour l'établissement d'objectifs et de cibles au regard des enjeux écologiques dans les PAFI	14
1.3 Indications pour la détermination des cibles quantitatives	16
1.3.1 Conserver prioritairement les zones où les attributs naturels sont encore présents	16
1.3.2 Acquérir la capacité opérationnelle à déployer des solutions sylvicoles novatrices à grande échelle.....	17
1.3.3 Augmenter l'effort ou améliorer le déploiement des solutions connues.....	18
1.4 Conséquences socioéconomiques.....	19
Chapitre 2 Grands axes de solutions	21
2.1 Actions de conservation.....	21
2.2 Mode de répartition spatiale et temporelle des interventions forestières	22
2.3 Actions sylvicoles.....	23
2.3.1 Coupes partielles.....	23
2.3.2 Coupes à rétention variable	26
Bibliographie	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Variabilité de la fréquence des feux en Abitibi au cours des 7 600 dernières années	9
Figure 2	a) Proportion du territoire occupé par les peuplements de différentes classes d'âge en fonction d'une variété d'intervalles moyens entre deux feux. Les plages de variabilité indiquent l'étendue probable des variations historiques; b) Comparaison entre les conditions actuelles et l'étendue de la variabilité historique montrant des écarts significatifs.	9
Figure 3	Réponse des espèces spécialistes à la diminution de la quantité de son habitat en comparaison avec des espèces généralistes.....	10
Figure 4	Degrés d'altération par rapport à la moyenne historique	11

L'AMÉNAGEMENT ÉCOSYSTÉMIQUE EN BREF

PRINCIPAL OBJECTIF

Réduire les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle

L'aménagement écosystémique est au cœur du régime forestier québécois. Il représente un outil privilégié pour mettre en œuvre l'aménagement durable des forêts. Son rôle est de diminuer les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle en vue d'assurer le maintien de la biodiversité et la viabilité des écosystèmes. Cette réduction des écarts à l'intérieur des limites de risques acceptables pour la biodiversité constitue donc l'objectif à atteindre. Pour y parvenir, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a retenu sept enjeux écologiques qui englobent la plupart des préoccupations liées à la modification de la forêt naturelle.

ACTION POUR RÉPONDRE À L'OBJECTIF

Intégrer à la planification forestière des actions visant à réduire les écarts observés

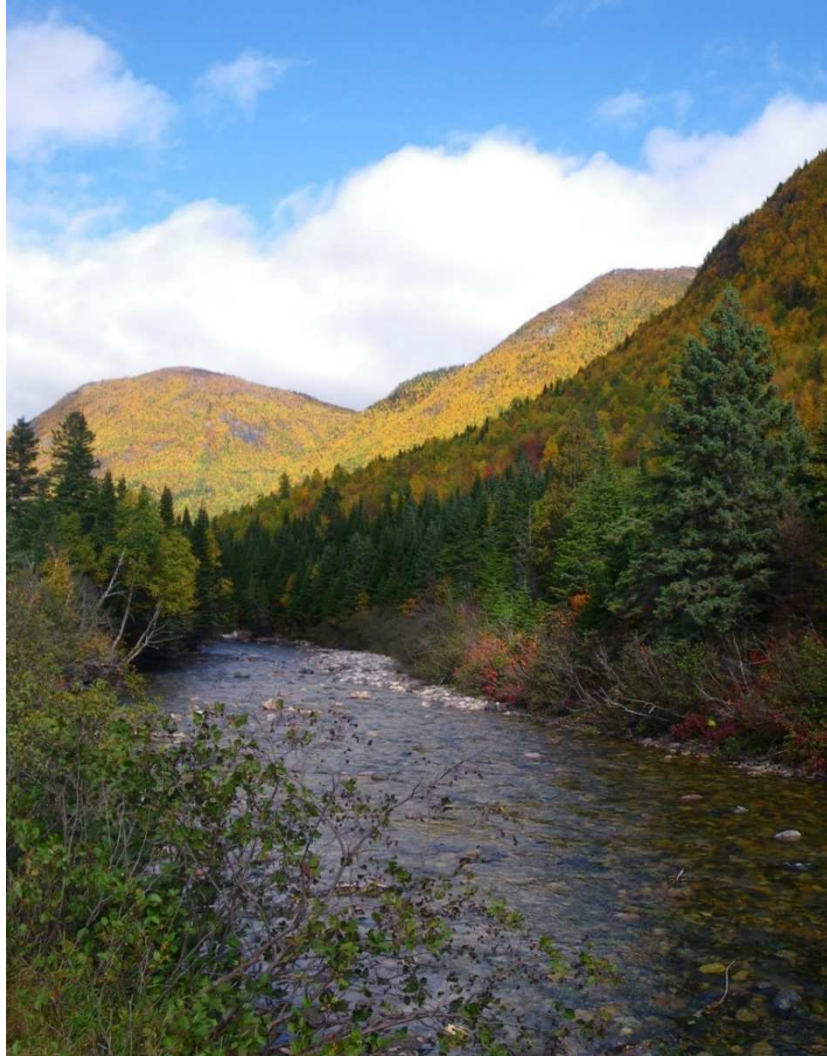
L'aménagement écosystémique consiste à faire des choix d'aménagement pour diminuer les écarts qui existent par rapport à la forêt naturelle tout en répondant aux besoins de la société. Ces choix sont basés sur les connaissances de la dynamique des perturbations naturelles, du climat et du milieu physique et de leurs effets sur la forêt naturelle.

Pour que la planification se fasse en fonction d'un aménagement écosystémique, la démarche suivante a été retenue : décrire la forêt naturelle, la comparer à la forêt aménagée pour mettre en lumière les principaux écarts induits par l'aménagement forestier et, finalement, traduire ces écarts en enjeux écologiques pour les intégrer au plan d'aménagement forestier intégré (PAFI) de manière à ce que la stratégie d'aménagement prévoie les actions contribuant à la réduction des écarts observés.

PRINCIPAUX ENJEUX ÉCOLOGIQUES

Les sept principaux enjeux écologiques retenus par le MFFP

- Les changements dans la structure d'âge des forêts
- Les changements dans l'organisation spatiale des forêts
- Les changements de composition végétale des forêts
- La simplification de la structure interne des peuplements
- La raréfaction de certaines formes de bois mort
- L'altération des fonctions écologiques des milieux humides et riverains
- Les espèces nécessitant une attention particulière pour assurer leur maintien



INTRODUCTION

Au Québec, 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). L'aménagement écosystémique y est défini comme un aménagement qui vise à réduire les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle en vue d'assurer le maintien de la biodiversité et la viabilité des écosystèmes (article 4). Ce concept repose sur l'hypothèse que le maintien des forêts dans un état proche des conditions naturelles est la meilleure façon d'assurer le maintien de la biodiversité, puisque les espèces sont adaptées à ces conditions et aux fluctuations qu'elles connaissent habituellement. La forêt naturelle a évolué selon une dynamique générée par les perturbations naturelles, le climat et le milieu physique en l'absence d'intervention humaine à grande échelle. Dans le nord du Québec, la forêt boréale vierge constitue encore une forêt naturelle alors qu'au sud il faut étudier les variations historiques survenues avant l'industrialisation pour comprendre et décrire la forêt naturelle. L'aménagement écosystémique consiste à faire des choix d'aménagement, basés sur ces connaissances, qui feront en sorte de diminuer les écarts de la forêt aménagée par rapport à la forêt naturelle tout en répondant aux besoins de la société.

Afin d'assurer la mise en œuvre de ce concept dans les pratiques forestières, l'article 53 de la loi stipule que les PAFI doivent être basés sur l'aménagement écosystémique. Aussi, en vertu de l'article 58, le MFFP doit voir à ce que la planification se fasse selon un aménagement écosystémique tout au long du processus d'élaboration des plans. En raison de ces dispositions légales, le MFFP s'est assuré que, lors de la préparation des PAFI tactiques (PAFIT) et des PAFI opérationnels (PAFIO), les aménagistes suivent la démarche suivante : décrire la forêt naturelle, la comparer à la forêt aménagée pour mettre en lumière les principaux écarts induits par l'aménagement forestier, et enfin traduire ces écarts en enjeux écologiques pour les intégrer au PAFI de manière à ce que la stratégie d'aménagement prévoie les actions qui réduiront les écarts observés.

L'aménagement écosystémique repose en grande partie sur des hypothèses et les connaissances sur les enjeux écologiques sont en constante évolution. C'est pourquoi le MFFP s'engage à appliquer une gestion adaptative de l'aménagement écosystémique de manière à améliorer la gestion forestière en y intégrant de nouvelles connaissances.

CONCRÈTEMENT

L'aménagement écosystémique ne consiste pas à reproduire la forêt du passé, mais plutôt à comprendre les processus liés aux écosystèmes forestiers et à déterminer les éléments clés qui permettent d'assurer leur fonctionnement et qui, fort probablement, lui confèrent une capacité d'adaptation dans un contexte de changements climatiques.

Regard sur les enjeux à différentes échelles d'analyse

Perception globale des enjeux

Les principaux écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle sont déjà relativement connus et documentés en termes généraux dans la littérature scientifique. Plusieurs ouvrages traitent de ces enjeux et peuvent être consultés pour en approfondir la compréhension. En se basant sur ces connaissances, le MFFP a retenu sept principaux enjeux écologiques¹ :

- Les changements observés dans la **structure d'âge des forêts**, plus particulièrement la raréfaction des vieilles forêts et la surabondance des peuplements en régénération.
- Les changements observés dans l'**organisation spatiale des forêts**, c'est-à-dire la taille des peuplements et des massifs forestiers, leur répartition dans l'espace et leur connectivité.
- Les changements de **composition végétale** qui peuvent entraîner des modifications dans les types de couverts forestiers de certains paysages ainsi que la raréfaction ou la prolifération de certaines espèces.
- La simplification de la **structure interne des peuplements forestiers** ou leur homogénéisation.
- La raréfaction de certaines formes de **bois mort** (chicots et débris au sol, en particulier ceux de fort diamètre).
- L'altération des fonctions écologiques remplies par les **milieux humides et riverains**.
- Les **espèces nécessitant une attention particulière** pour en assurer le maintien.

État de la situation à l'échelle régionale ou locale

Si les principaux enjeux sont universels, il en va autrement de leur manifestation qui peut varier en qualité ou en quantité à l'échelle régionale ou locale. À l'échelle locale, chacun des enjeux est analysé de façon à dresser un état de la situation selon des critères d'ordre qualitatif, quantitatif et spatial. Un travail rigoureux de documentation, basé sur des données factuelles, permet de comprendre la nature précise des enjeux (ainsi que leurs causes sous-jacentes), d'en confirmer l'existence ou d'en évaluer la gravité, de déterminer les sites névralgiques où ils s'expriment davantage, et enfin de détecter les interrelations qui existent avec les enjeux socioéconomiques du territoire.

L'étape de l'analyse est essentielle pour capter la complémentarité et la synergie qui existent entre les différents enjeux d'aménagement (par exemple, la protection des paysages sensibles et le maintien des vieilles forêts). C'est sur cette base que les actions prévues dans la stratégie d'aménagement pourront être conçues de manière véritablement intégrée afin d'en maximiser les bénéfices (écologiques, économiques et sociaux) et d'en minimiser les conséquences négatives.

Dans le contexte d'une gestion participative basée sur une approche par enjeux et solutions comme le préconise le MFFP (Desrosiers et autres, 2010; Québec, 2016; Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015), une analyse factuelle rigoureuse permet aux parties prenantes de bien comprendre les enjeux et de se les approprier pour favoriser les consensus et stimuler la recherche de solutions innovantes à l'échelle locale. Les discussions menées à la table locale de

1. Ici, le terme « enjeux écologiques » est associé aux écarts qui constituent les principaux enjeux de biodiversité. D'autres enjeux qui auraient pu être qualifiés d'écologiques, comme la conservation des sols et de l'eau, sont traités par le MFFP dans le processus de planification ou dans la réglementation.

gestion intégrée des ressources et du territoire (TLGIRT) favoriseront aussi la prise en compte des connaissances et du savoir-faire de tous les participants.

Orientations ministérielles en matière d'aménagement écosystémique dans les PAFI

Pour que la démarche d'aménagement réalisée dans le contexte des PAFI conduise effectivement à une réduction des écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle, le MFFP énonce des orientations ministérielles qui guident le travail des aménagistes dans la préparation de la stratégie d'aménagement. 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 mettre en œuvre. Elles constituent l'engagement ministériel en matière d'aménagement écosystémique, tant envers la population qu'envers les personnes et les différents groupes intéressés par l'aménagement forestier. Cet engagement vise aussi à affermir la position du Québec sur les marchés des produits du bois dans le contexte de la demande de produits du bois issus de pratiques responsables sur le plan environnemental.

Pour traduire cet engagement ministériel en orientations concrètes, le MFFP distingue trois types d'approches :

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 pour répondre aux enjeux écologiques. Généralement, les lignes directrices regroupent plusieurs modalités qui satisfont plus d'un objectif. Leur **application est obligatoire**, mais les praticiens disposent d'une **certaine marge de manœuvre** pour en adapter les modalités à la réalité locale, dans la mesure où ces adaptations sont justifiées et permettent l'atteinte des objectifs.

Les recommandations sur l'aménagement. Elles constituent des **suggestions de bonnes pratiques** dont l'application n'est pas obligatoire. Les aménagistes pourront s'inspirer de ces recommandations pour répondre aux enjeux écologiques. Les recommandations et les solutions retenues pourront être adaptées au contexte local en les arrimant aux autres enjeux d'aménagement.

Cahiers sur l'intégration des enjeux écologiques dans les PAFI

Différents cahiers renferment les indications destinées aux aménagistes chargés de l'application de l'article 53 de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier lors de la préparation des PAFI. Ces indications s'appliquent à la première étape de la démarche qui consiste à procéder à l'analyse des enjeux. Il s'agit de dresser un état de la situation pour chacun des enjeux à l'échelle de l'unité d'aménagement. Cette étape correspond à l'activité 2.2 du *Manuel de planification forestière 2018-2023* (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015) et elle constitue une base essentielle pour l'étape suivante qui consiste à élaborer des solutions en réponse aux diagnostics posés (activité 6 du *Manuel de planification forestière 2018-2023*). Ainsi, les équipes d'aménagistes trouveront des outils et des pistes de réflexion dans chacun des cahiers qui les aideront à préparer une stratégie d'aménagement qui répondra adéquatement aux enjeux écologiques décrits dans les analyses locales et qui sera susceptible de réduire les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle.

La publication *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023* est constituée des cahiers suivants :

- 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

En plus d'une introduction à l'aménagement écosystémique, le Cahier 1 porte sur la détermination des objectifs d'aménagement et des cibles en rapport avec les enjeux écologiques ainsi que sur les grands axes de solutions potentielles qui pourront être mis à profit dans la définition des solutions.

Parmi les enjeux écologiques retenus par le MFFP, ceux liés à la structure d'âge des forêts (Cahier 2.1, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs [2016]) et à l'organisation spatiale des forêts (cahiers 3.1.1 et 3.1.2) sont les plus lourds de conséquences sur le plan écologique, économique ou social. En outre, les solutions mises de l'avant pour répondre à ces enjeux sont celles qui auront le plus d'influence sur le choix des stratégies d'aménagement forestier. Pour ces raisons et en vue d'assurer une certaine cohérence à l'échelle nationale, le MFFP a défini des orientations plus précises en ce qui concerne ces deux enjeux. Pour ceux-ci, il détermine des méthodes d'analyse obligatoires, fixe des objectifs et des cibles quantitatives et prescrit certains aspects des solutions à intégrer à la stratégie d'aménagement. Il est donc important que les étapes d'analyse des enjeux soient réalisées intégralement, suivant la manière prescrite. Les données doivent être compilées dans les formats numériques standards présentés à l'activité 2.2 du *Manuel de planification forestière 2018-2023*.

Pour ce qui est des autres enjeux, les orientations répondent surtout à un objectif général de réduction des écarts dont les solutions sont essentiellement constituées de recommandations sur l'aménagement. Différentes avenues sont suggérées pour réaliser les analyses. Les cahiers qui traitent de ces enjeux ont été conçus de façon à fournir aux aménagistes locaux le plus grand éventail possible de méthodes d'analyses et de solutions. Toutes les méthodes n'ont pas à être utilisées. Il revient aux aménagistes locaux de choisir celle qui convient le mieux à leurs besoins en fonction de leur territoire et des réalités régionales et locales. Les étapes des analyses suggérées ont été ramenées à des actions relativement simples pouvant s'appliquer dans toutes les unités d'aménagement. Dans plusieurs cas, il se peut que les équipes d'aménagistes locaux mènent des analyses plus détaillées; nous les encourageons d'ailleurs à le faire. Enfin, les enjeux présentés dans ces cahiers pour lesquels on demande une analyse sont les plus susceptibles de se manifester dans la plupart des unités d'aménagement du Québec. Il n'est toutefois pas exclu que d'autres enjeux puissent apparaître localement.

CHAPITRE 1

OBJECTIFS D'AMÉNAGEMENT ET CIBLES

1.1 Approches de détermination des cibles

Pour déterminer des objectifs et des cibles en aménagement écosystémique, il faut se référer à la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier qui stipule que l'aménagement écosystémique « [...] consiste à assurer le maintien de la biodiversité et la viabilité des écosystèmes en diminuant les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle » (article 4). Cette réduction des écarts à l'intérieur des limites de risque acceptable pour la biodiversité constitue donc l'objectif général à atteindre.

Comme les écosystèmes sont dynamiques, ils changent au gré des perturbations naturelles qui les touchent périodiquement ainsi qu'en fonction des oscillations climatiques qu'ils subissent. Ces phénomènes influencent directement l'arrangement de la plupart des attributs des écosystèmes et génèrent des conditions d'habitat qui fluctuent dans le temps. Les espèces qui ont survécu au fil des siècles dans les écosystèmes se sont adaptées à leur dynamique naturelle et à leurs variations historiques. Un des principes de base souvent évoqué en aménagement écosystémique des forêts consiste à maintenir les écosystèmes à l'intérieur de l'étendue de cette variabilité naturelle afin que les espèces puissent continuer à trouver les habitats essentiels à leur survie dans les forêts aménagées. Cependant, bien que cette cible soit considérée comme idéale – car elle sous-entendrait que le risque pour la biodiversité serait nul – elle n'est pas toujours concrètement réalisable (voir l'encadré à la page suivante). Par conséquent, maintenir les principaux attributs des écosystèmes dans un état le plus près possible des limites de la variabilité naturelle constitue un compromis raisonnable pour les aménagistes forestiers.



LA VARIABILITÉ NATURELLE : DU CONCEPT À L'APPLICATION

La variabilité naturelle se définit comme étant l'étendue des différentes valeurs associées à un attribut écologique important au sein d'un écosystème pour une période de temps et une échelle spatiale donnée.

Pour bien utiliser cette information, il faut d'abord définir l'échelle spatiale à laquelle elle s'applique. En effet, plus la superficie d'un territoire d'analyse augmente, plus la variabilité associée à un paramètre (ex. : l'abondance de vieilles forêts) diminue, ce qui laisse peu de marge de manœuvre pour son utilisation comme cible d'aménagement. Inversement, plus la superficie d'analyse est faible, plus la variabilité augmente, parfois jusqu'à un point tel que toutes les valeurs possibles font partie de l'intervalle de variabilité. L'étendue de variabilité devient alors peu informative pour guider l'aménagement écosystémique. Définir la bonne échelle d'application est donc une tâche délicate. Au Québec, la superficie d'une unité d'aménagement sera parfois trop grande pour évaluer la variabilité de la structure d'âge des forêts par exemple.

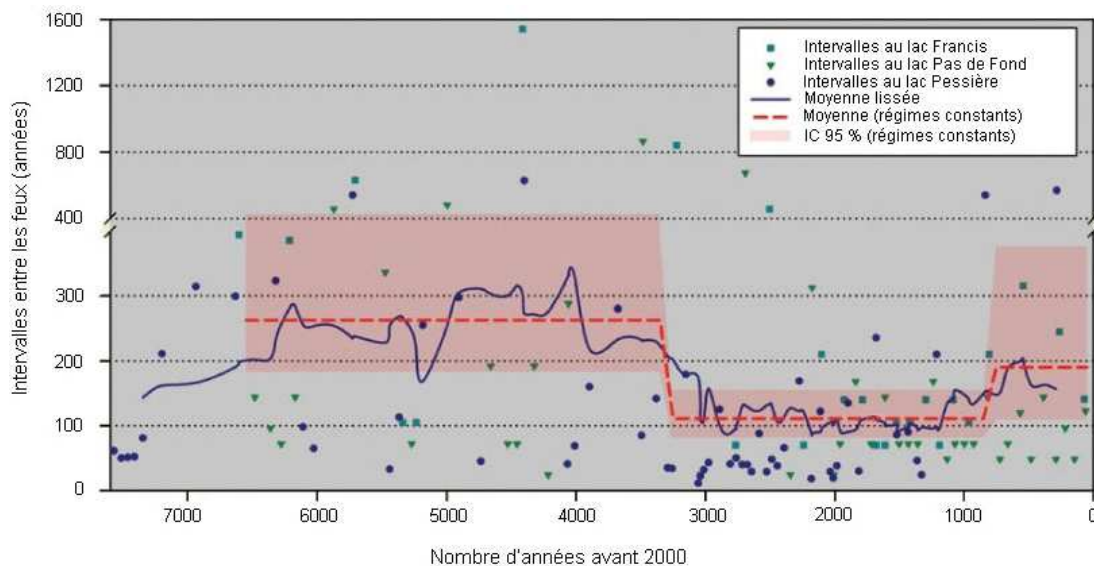
Ensuite, il faut définir l'échelle temporelle de référence pour déterminer l'étendue de variabilité. Plus on recule dans le passé (milliers d'années), plus il y a des chances de voir s'élargir l'étendue de variabilité. Toutefois, les données à long terme comportent davantage d'incertitude, sont coûteuses à acquérir et pourraient représenter des conditions moins favorables à l'ensemble des espèces actuellement présentes sur le territoire. Une période de référence relativement courte (centaines d'années) est probablement plus adéquate pour évaluer le risque pour la biodiversité contemporaine.

Une fois les étendues de variabilité définies, il faut déterminer la façon d'intégrer cette information lors de l'établissement de cibles d'aménagement. Le fait de définir l'étendue de variabilité naturelle comme cible sous-entend que le régime sylvicole remplace entièrement ou partiellement un régime de perturbations naturelles. Or, dans la plupart des régions forestières, les perturbations telles que le feu et les épidémies d'insectes ne peuvent être entièrement contrôlées par les moyens de lutte. Conséquemment, maintenir l'état de la forêt à l'intérieur de l'intervalle impliquerait de contrôler en grande partie les perturbations naturelles ou de récupérer tout le bois touché par les perturbations, ce qui est impossible ni souhaitable d'un point de vue écologique. Considérant ces éléments, le respect strict de l'étendue de la variabilité peut laisser une très faible marge de manœuvre pour l'aménagement.

Dans bien des cas, le défi consiste à déterminer de combien on peut s'éloigner de l'étendue de la variabilité tout en assurant le maintien de la biodiversité. Ainsi, l'écart par rapport à la variabilité historique peut être calibré de manière à gérer le risque écologique lors de l'établissement de cibles. L'approche par degrés d'altération présentée dans ce cahier a d'ailleurs été conçue pour élaborer une stratégie qui intègre divers niveaux de risque au sein d'une unité d'aménagement.

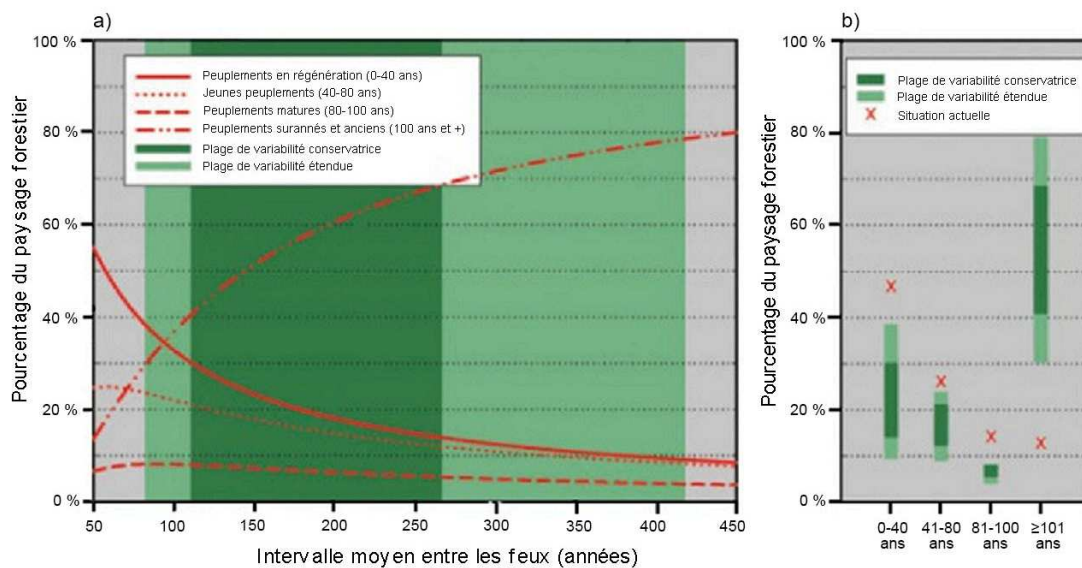
Au moment de mettre à jour les orientations pour les PAFI 2018-2023, la Direction de la recherche forestière publiait un mémoire qui présente des étendues de variabilité naturelle pour les indicateurs de structure d'âge des forêts à l'échelle des unités d'aménagement (Bouchard et autres, 2015). Considérant l'état d'avancement des travaux en vue de la préparation des PAFI, les orientations actuelles n'intègrent pas cette nouvelle information.

Plusieurs études ont documenté la variabilité historique des régimes de perturbations naturelles et leurs conséquences sur la structure d'âge des forêts (Cyr et autres, 2009; Belleau et autres, 2007; Bouchard et Pothier, 2011). Elles confirment les appréhensions généralement exprimées quant aux écarts actuels par rapport aux fluctuations historiques. Par exemple, la figure 1 illustre les fluctuations des intervalles entre les feux au cours des 7 600 dernières années dans un secteur de l'Abitibi. À partir de ces données, les chercheurs ont pu déduire les fluctuations probables de la structure d'âge des forêts au cours des derniers millénaires (figure 2). On constate que la proportion de vieilles forêts n'a jamais été aussi basse selon le régime de perturbations naturelles.



Source : D. Cyr et autres, 2009

Figure 1 Variabilité de la fréquence des feux en Abitibi au cours des 7 600 dernières années



Source : D. Cyr et autres, 2009

Figure 2 a) Proportion du territoire occupé par les peuplements de différentes classes d'âge en fonction d'une variété d'intervalles moyens entre deux feux. Les plages de variabilité indiquent l'étendue probable des variations historiques; b) Comparaison entre les conditions actuelles et l'étendue de la variabilité historique montrant des écarts significatifs

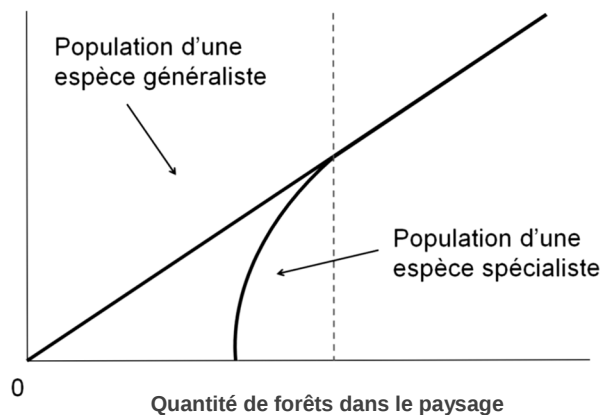
En ce qui concerne les autres attributs écologiques (composition végétale ou bois mort, par exemple), à la fois les moyennes historiques et les étendues de la variabilité sont moins bien connues à ce jour. Ces attributs peuvent parfois être déduits des connaissances sur les structures d'âge (ou cycles de perturbations), mais ils demeurent plus difficiles à décrire et les échelles d'analyse peuvent être multiples.

Lorsque vient le temps de fixer des cibles au regard des enjeux écologiques, deux approches complémentaires permettent de pallier les problèmes liés à l'application du concept de la variabilité naturelle :

- une approche par degrés d'altération;
- une approche basée sur les besoins en habitat des espèces focales.

1.1.1 Approche par degrés d'altération

Afin de pallier les limites liées au concept de la variabilité naturelle (voir l'encadré à la page 8), le MFFP préconise l'utilisation d'une approche par degrés d'altération. Les espèces étant adaptées aux fluctuations historiques des attributs des forêts, il est possible d'altérer les conditions naturelles moyennes sans menacer la biodiversité d'un territoire tant que certains seuils ne sont pas dépassés. Nous savons que la réponse des espèces à des perturbations sur un territoire n'est pas directement proportionnelle à la perte d'habitat (figure 3). La diminution d'une quantité d'habitats n'a pas automatiquement d'effet sur la capacité des espèces à occuper un territoire. Cependant, lorsqu'un certain seuil est dépassé, cette diminution peut être draconienne et même mener jusqu'à l'extinction des effectifs d'une population à l'échelle locale (Rompré et autres, 2010). Le défi consiste donc à établir des seuils sécuritaires et à définir des degrés d'altération qui permettent de maîtriser les risques pour la biodiversité dans un contexte économique viable. Ainsi, maintenir les attributs écologiques toujours au niveau des moyennes historiques ne refléterait pas les fluctuations que les écosystèmes connaissent et constituerait alors une contrainte économique disproportionnée¹ par rapport au risque réellement encouru.



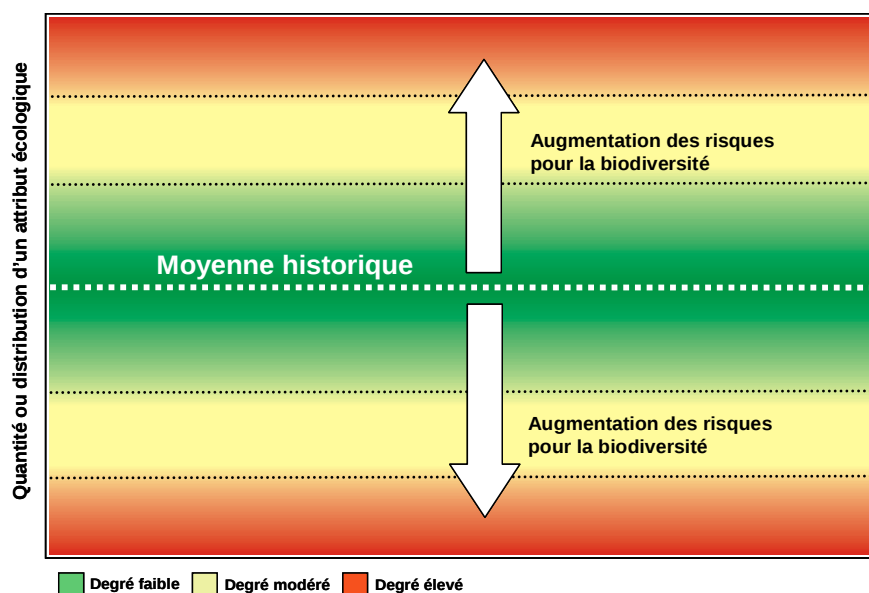
Source : G. Rompré et autres, 2010

Figure 3 Réponse des espèces spécialistes à la diminution de la quantité d'habitats en comparaison avec des espèces généralistes²

1. Établir les cibles constitue un exercice lourd de conséquences écologiques ou économiques. Le gestionnaire responsable doit trouver le juste équilibre entre le risque environnemental et les conséquences économiques qui découlent du choix des cibles d'aménagement.
2. Les auteurs de cette figure (Rompré et autres, 2010) estiment qu'une diminution de la quantité d'habitats sous les seuils de 30 à 40 % de la proportion initiale peut devenir problématique pour plusieurs espèces.

Sur ces bases, le MFFP définit trois degrés d'altération (figure 4) :

- **Faible.** Les écarts par rapport à la moyenne historique sont relativement faibles. Les risques de perte de biodiversité sont très faibles. Par exemple, dans le cas des structures d'âge, nous estimons que ce degré d'altération représente les situations où les vieilles forêts sont présentes à au moins 50 % de la moyenne historique.
- **Modéré.** Les écarts par rapport à la moyenne historique sont plus grands, mais se situent au-dessus d'un seuil d'alerte. Le seuil d'alerte est défini comme la proportion minimale d'habitats à conserver dans un paysage, proportion en deçà de laquelle on ne peut maintenir une population viable pour des espèces sensibles (Rompré et autres, 2010). Avec un tel degré d'altération, les conditions sont proches de l'état naturel et les risques pour la biodiversité sont considérés comme modérés.
- **Élevé.** Les écarts par rapport à la moyenne historique sont grands, ils se situent en deçà du seuil d'alerte. Les risques de perte de biodiversité sont élevés. Par exemple, dans le cas des structures d'âge, nous estimons que ce seuil d'alerte est atteint lorsque les vieilles forêts ne représentent plus que 30 % de la moyenne historique. Il faut noter que, à une certaine échelle, ces situations se présentent dans la nature après l'occurrence de perturbations naturelles de grande envergure, mais elles sont relativement rares.



Source : adaptée de D. Cardinal et autres, 2004

Figure 4 Degrés d'altération par rapport à la moyenne historique

L'approche par degrés d'altération permet aussi l'application d'une modulation territoriale des cibles dans une stratégie de conservation de la biodiversité. Ainsi, il est possible d'établir des cibles plus exigeantes sur certaines portions du territoire, alors qu'ailleurs le degré d'altération toléré sera plus élevé. Cela peut permettre une mitigation des conséquences économiques tout en présentant des avantages sur le plan de la conservation. En effet, il peut être plus efficace de maintenir certaines portions de territoire plus proches des conditions naturelles afin d'avoir une plus grande assurance d'y conserver tout le spectre de la biodiversité, plutôt que de maintenir des conditions moyennes sur l'ensemble du territoire. Cette approche peut aussi permettre de

mieux saisir des occasions de synergie entre différents objectifs d'aménagement et peut fournir une base à l'établissement de consensus entre les partenaires d'un territoire donné.

CONCRÈTEMENT

L'approche par degrés d'altération s'applique essentiellement à l'enjeu lié à la structure d'âge des forêts, car les références historiques sont relativement bien connues et l'échelle spatiale d'analyse a été définie de manière à pouvoir intégrer un gradient de risque dans les unités d'aménagement.

1.1.2 Approche basée sur les besoins en habitat des espèces focales

L'approche par degrés d'altération est principalement basée sur la connaissance des attributs de la forêt naturelle en tant qu'état de référence pour établir des cibles d'aménagement. Bien que l'idée d'utiliser la forêt naturelle en guise de filtre brut¹ pour assurer le maintien de la biodiversité constitue la base de l'aménagement écosystémique, l'approche par degrés d'altération ne peut, à elle seule, apporter toutes les garanties que la biodiversité sera effectivement conservée. Il importe d'utiliser en même temps les connaissances sur les besoins en habitat des espèces pour la consolider. Les deux approches doivent être utilisées en concomitance.

Les connaissances sur les besoins en habitat des espèces fournissent des informations complémentaires qui sont essentielles à une validation du filtre brut (Drapeau et autres, 2008; Drapeau, Leduc et Bergeron, 2009). En vérifiant si différentes espèces trouvent les conditions propices à leur maintien à l'intérieur des cibles établies au moyen de l'approche par degrés d'altération, il est possible de corriger d'éventuelles lacunes observées ou de choisir d'accorder une attention particulière à l'espèce en problème (approche du filtre fin¹). Par ailleurs, certains attributs de la forêt naturelle sont parfois difficiles à quantifier (ex. : taille des massifs, quantité et caractéristiques recherchées de bois mort). Les connaissances sur les besoins en habitat des espèces deviennent très utiles à la détermination de cibles et de seuils quantitatifs pour certains attributs de la forêt. Par exemple, il est parfois plus simple d'établir des cibles de maintien de bois mort en considérant les besoins d'espèces comme les pics plutôt qu'en tentant de décrire toute la variabilité de cet attribut dans la forêt naturelle.



La marte d'Amérique, une espèce focale

1. L'approche par filtre brut vise à conserver la biodiversité par le maintien, à l'échelle du paysage, de la diversité des habitats et des écosystèmes représentatifs des forêts naturelles. L'approche par filtre fin vise à maintenir certains éléments de la biodiversité que le filtre brut n'aurait pu retenir. Il s'agit d'espèces, d'habitats ou d'écosystèmes particuliers ou peu communs, notamment ceux qui sont reconnus menacés ou en danger.

La prise en compte des besoins en habitat des espèces peut se faire au moyen du concept d'espèces focales qui a été proposé par Lambeck (1997). Les espèces focales sont celles sensibles aux changements de l'écosystème en raison de leurs besoins spécifiques en ressources ou en habitat (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2010). Il peut s'agir, par exemple, d'espèces à faible capacité de dispersion ou d'espèces qui utilisent des habitats susceptibles de se raréfier, tels que la forêt d'intérieur. Une attention particulière devrait donc être portée à l'identification d'espèces focales pour que les connaissances sur leurs besoins en habitat soient utilisées dans la détermination d'objectifs et de cibles d'aménagement. La question des espèces sensibles à l'aménagement forestier, ainsi que celles d'intérêt socioéconomique, est abordée dans le *Guide d'intégration des besoins associés aux espèces fauniques dans la planification forestière* (Bujold, 2013). Ce document présente une méthode de prise en compte des besoins des espèces pour la planification forestière.

Cet exercice doit toutefois se distinguer de celui qui consiste à se préoccuper de l'habitat d'espèces de gibier afin d'optimiser l'état de ces ressources. Ce cas ne constitue pas un outil de filtre brut visant le maintien de la biodiversité en général, mais bien un outil de gestion d'une ressource recherchée.

TRAVAUX EN COURS

L'aménagement écosystémique demeure une approche dynamique qui évolue au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances sur les écosystèmes et leur fonctionnement. Des améliorations dans le traitement de certains enjeux ont d'ailleurs été intégrées à la présente version des orientations ministérielles, notamment pour les enjeux liés à la structure d'âge des forêts, aux milieux riverains et aux milieux humides (cahiers 2.1, 6.1 et 6.2).

*Plusieurs études en cours au Québec permettront de **préciser les connaissances et d'améliorer les cibles d'aménagement**. Certaines permettront de mieux connaître la variabilité historique des conditions naturelles et pourraient déterminer des seuils critiques liés aux écosystèmes, alors que d'autres mèneront à l'acquisition de meilleures connaissances à propos des besoins des espèces sensibles à l'aménagement forestier. Enfin, certains travaux aideront à **trouver les meilleures solutions pour optimiser l'atteinte des objectifs d'aménagement à la fois sur le plan écologique et sur le plan économique**.*

*Plus spécifiquement, les développements actuels portent principalement sur la mise en œuvre d'une approche d'**organisation spatiale des forêts dans les domaines bioclimatiques de la sapinière**. Cette approche vise à diminuer les écarts entre la répartition spatiale des forêts aménagées et celle des forêts naturelles tout en étant économiquement intéressante.*

*De façon globale, des travaux portant sur la **prise en compte des effets anticipés liés aux changements climatiques** dans l'application du concept de l'aménagement écosystémique sont démarrés. Ils visent notamment à porter une plus grande attention aux processus sous-jacents aux enjeux écologiques et à mieux intégrer le risque associé au régime de perturbations naturelles et à son évolution probable selon les scénarios de changements climatiques. Ces travaux permettront d'évaluer la pertinence des orientations et des actions déjà mises en œuvre. Celles qui demeurent pertinentes seront maintenues, et consolidées au besoin. Les autres devront être révisées. À court terme, les orientations concernant les enjeux liés à la composition des forêts, la capacité d'adaptation de la régénération naturelle et le risque d'accidents de régénération à la suite de perturbations naturelles en forêt aménagée seront analysées (Comité d'experts sur l'aménagement écosystémique des forêts et les changements climatiques, 2017).*

1.2 Démarche à préconiser pour l'établissement d'objectifs et de cibles au regard des enjeux écologiques dans les PAFI

Les orientations ministérielles présentées dans les différents cahiers fournissent des indications assez précises en ce qui a trait à la structure d'âge des forêts (Cahier 2.1) et à l'organisation spatiale des forêts dans la pessière à mousses (cahiers 3.1.1 et 3.1.2). Étant donné leur nature et leur importance, les actions qui découleront du respect des cibles liées à ces enjeux joueront un rôle clé et structurant dans l'élaboration de la stratégie d'aménagement, car elles influenceront le niveau de récolte, la localisation des interventions, ainsi que le choix de certains scénarios sylvicoles. En conséquence, la façon la plus efficace de fixer des objectifs et des cibles pour l'ensemble des enjeux écologiques consiste d'abord à élaborer la stratégie d'aménagement par rapport à ces deux enjeux, puis à déterminer les cibles au regard des autres enjeux écologiques. Les solutions associées aux enjeux de structure d'âge, par exemple, comportent aussi une part de réponse à des enjeux de structure interne des peuplements et de bois mort, de composition végétale, etc. Elles pourraient aussi comporter des avantages qui permettent de répondre en partie à des préoccupations d'ordre social.

Il faut pouvoir capter ces synergies et complémentarités dès le début du processus d'élaboration de la stratégie d'aménagement forestier en déterminant des cibles d'actions qui sauront intégrer une réponse simultanée à plusieurs préoccupations. Ce travail correspond à l'activité 6.1 du *Manuel de planification forestière 2018-2023* (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015). Nous proposons ici des exemples d'une manière d'atteindre les résultats attendus R.13.0 et R.14.0, c'est-à-dire effectuer un regroupement des enjeux et élaborer des solutions qui favorisent la synergie et la complémentarité des actions.

Une fois les cibles de structure d'âge définies, les équipes d'aménagistes devraient tenter de déterminer quelques actions clés¹ qui pourront jouer un rôle intégrateur dans la réponse aux enjeux écologiques, tout en étant parfois associées à des enjeux d'ordre social ou économique. Le PAFI comporterait alors des cibles quantitatives au regard de ces actions clés. Bien sûr, cela n'exclut pas la possibilité que certaines cibles d'actions plus ponctuelles puissent concerner un seul enjeu, mais on cherchera généralement à définir le plus possible des actions clés qui seront intégratives.

Les aménagistes s'appuieront sur les grands axes de solutions décrits dans le chapitre 2 du présent cahier. Les explications plus détaillées, propres à chacun des enjeux, fourniront aussi une information utile à la définition des cibles d'actions (voir les autres cahiers en rapport avec les différents enjeux). Ces cibles deviennent alors des engagements quantitatifs clairs à poser certaines actions au cours de la période du PAFI.

En plus de pallier la difficulté qui se pose parfois lors de la détermination de cibles quantitatives précises quant à l'état d'un attribut écologique donné (ex. : Combien faudrait-il conserver de chicots à l'hectare?), cette approche par cibles d'actions clés comporte de nombreux avantages. Premièrement, elle permet de simplifier le travail des aménagistes en réduisant le nombre d'engagements et en facilitant les discussions avec des publics variés aux tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire. Deuxièmement, à partir d'engagements quantitatifs clairs sur un certain nombre d'actions, il sera plus facile d'envisager les résultats

1. À titre indicatif, on pourrait envisager de trois à cinq grandes cibles d'actions clés auxquelles pourraient s'ajouter quelques actions ponctuelles propres à un enjeu.

attendus, les conséquences potentielles et les budgets sylvicoles requis. Finalement, cette approche aura aussi pour effet de canaliser les efforts des aménagistes et des sylviculteurs dans des chantiers d'actions prioritaires qui entraîneront des changements significatifs.

LES ACTIONS CLÉS ET LE TABLEAU DES VALEURS (ENJEUX), DES OBJECTIFS, DES INDICATEURS ET DES CIBLES (VOIC)

Le Manuel de planification forestière 2018-2023 prévoit la préparation d'un tableau qui résume les engagements du PAFI en déterminant les VOIC qui constitueront la base de l'élaboration de la stratégie d'aménagement (R. 17.0). Les principaux enjeux écologiques reconnus par le MFFP doivent être répertoriés en tant que valeur dans ce tableau. Dans certains cas, les objectifs, les indicateurs et les cibles seront directement liés à l'état d'un attribut écologique donné. Dans d'autres cas, si l'état de l'attribut est plus difficile à chiffrer, des actions clés pourraient être définies en tant qu'indicateurs et cibles. Ces actions seront associées à une ou plusieurs valeurs (enjeux) et objectifs. Il sera alors aisé de voir comment chacun des enjeux écologiques trouve réponse au moyen d'une ou de plusieurs actions prévues au PAFI. Concrètement, ces liens seront établis à l'aide de fiches intégrées au système de gestion environnementale (fiches VOIC).

UN EXEMPLE D'ACTION CLÉ

Dans le Bas-Saint-Laurent, la forêt naturelle comportait une forte proportion de vieilles forêts où la structure interne était complexe et où des essences forestières longévives comme le thuya, les épinettes et les pins occupaient une place importante. Ces attributs se sont considérablement raréfiés dans la forêt aménagée. Une des solutions envisagées consiste à pratiquer des coupes partielles dans les peuplements où les essences longévives occupent encore une place importante. Cette solution est réaliste sur le plan sylvicole, car ces peuplements sont moins susceptibles au chablis que les sapinières pures, où la coupe partielle serait plus risquée. Ils sont aussi moins vulnérables aux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Cette solution est intégrative au sens où elle permet de répondre à plusieurs enjeux simultanément :

- *la raréfaction des vieilles forêts. Il est possible de maintenir ou de minimiser l'altération des attributs de vieilles forêts lors de coupes partielles dans ce type de peuplement;*
 - *la raréfaction des peuplements à structure complexe;*
 - *la raréfaction des essences longévives;*
 - *les préoccupations pour la qualité visuelle de certains paysages sensibles;*
 - *la production de bois.*
-

1.3 Indications pour la détermination des cibles quantitatives

Pour fixer les cibles quantitatives, quelques principes sont à considérer.

- Il faut respecter les cibles de structure d'âge et les lignes directrices de répartition des coupes dans la pessière à mousses ainsi que les dispositions légales qui s'y rapportent.
- Il faut assurer la continuité des efforts fournis et ne pas accuser de recul par rapport à la situation de 2013-2018.
- Les cibles doivent être mises en relation avec les diagnostics posés lors de l'analyse des enjeux réalisée à l'activité 2.2 du *Manuel de planification forestière 2018-2023*. Grosso modo, il y a trois catégories de situations qui devraient pouvoir offrir un cadre à l'établissement de cibles adéquates en vue de réduire les écarts par rapport à la forêt naturelle dans un contexte d'aménagement écosystémique :
 - conserver prioritairement les zones où les attributs naturels sont encore présents;
 - acquérir la capacité opérationnelle à déployer de nouvelles pratiques sylvicoles à grande échelle;
 - augmenter l'effort de déploiement des solutions connues qui fonctionnent.

1.3.1 Conserver prioritairement les zones où les attributs naturels sont encore présents

Il est toujours plus efficace d'assurer le maintien d'attributs naturels déjà en place que de devoir les restaurer. L'argument est évident quand on pense aux risques de perte de biodiversité, mais il est tout aussi pertinent en matière économique. Il est toujours moins coûteux d'agir de la sorte. Lorsque, dans une unité d'aménagement, des portions de territoire représentent des reliquats de la forêt naturelle, tous les efforts devraient être déployés pour y conserver les attributs recherchés. Par exemple, la forêt résineuse préindustrielle comportait généralement une forte proportion de peuplements à structure complexe qui se raréfient sous les régimes d'aménagement. Détecter les peuplements (ou les massifs) qui présentent encore des structures complexes permet de fixer des cibles quantitatives et de les circonscrire géographiquement. Ce type de cible s'inscrit généralement dans le contexte d'un plan de restauration écologique.

LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

*Dans les territoires fortement altérés par les activités anthropiques, il est particulièrement ardu de répondre adéquatement à court terme aux enjeux écologiques. Certaines des solutions proposées peuvent être onéreuses sur le plan socioéconomique. Par ailleurs, cela ne signifie pas qu'aucune action ne doit être entreprise. Au contraire, l'aménagement écosystémique vise à ne pas aggraver la situation en préservant les reliquats de la forêt naturelle et à entreprendre une restauration écologique active. Ces deux aspects permettent de contribuer à réduire les écarts observés entre la forêt actuelle et la forêt naturelle. La restauration écologique permet de recréer, dans le temps, certains attributs de la forêt naturelle qui se sont raréfiés. Pour ce faire, des actions doivent être initiées immédiatement. **Attendre passivement que la situation se rétablisse d'elle-même ne correspondrait pas à l'esprit de l'aménagement écosystémique.***

Ces actions de restauration écologique doivent nécessairement se faire sur une période de temps réaliste sur les plans économique et social. Une restauration écologique planifiée, crédible et établie en concertation avec les partenaires du territoire peut faciliter la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique dans des territoires où, de prime abord, il paraît difficile de répondre à court terme à ses exigences.

1.3.2 Acquérir la capacité opérationnelle à déployer de nouvelles pratiques sylvicoles à grande échelle

Certaines solutions permettent de répondre adéquatement à des enjeux, mais n'ont pas encore été expérimentées à grande échelle au Québec. D'autres, par contre, sont encore en développement. Déterminer une piste de solution prometteuse, s'engager à la mettre au point ou à acquérir la capacité opérationnelle pour la déployer pleinement lors d'une prochaine phase, nous semble une façon appropriée de fixer des cibles quantitatives en l'absence de connaissances précises tant sur leur efficacité biologique que sur les difficultés d'application des solutions envisagées. Mobiliser les acteurs forestiers dans un chantier de développement semble être une cible pertinente pour plusieurs enjeux.

Le défi consistera à fixer des cibles dont l'ampleur sera suffisamment grande pour que les différentes organisations impliquées dans l'aménagement acquièrent la capacité opérationnelle à appliquer les solutions. Il importe donc que les superficies à réaliser en divers traitements sylvicoles, par exemple, soient assez substantielles pour que les équipes sur le terrain développent leur expertise. Il sera alors possible de mesurer adéquatement les coûts de ces nouvelles pratiques, d'en connaître les difficultés d'application et d'améliorer les techniques opérationnelles. Cela permettra, pour la période subséquente, de fixer des cibles appuyées sur une documentation des solutions testées et évaluées pendant la période d'implantation (faisabilité opérationnelle, coûts d'opération, efficacité biologique, etc.). Cette démarche sera cohérente avec une gestion adaptative de la mise en œuvre de l'approche d'aménagement écosystémique.

L'EXEMPLE DES MASSIFS DE FORÊTS PÉRENNES AMÉNAGÉS DANS LA FORÊT BORÉALE

La raréfaction de massifs forestiers est un enjeu écologique important dans la forêt boréale. Par la dispersion des agglomérations de coupes, on peut maintenir une certaine quantité de massifs intacts dans les paysages de coupes récentes. Pour assurer la présence d'une plus grande quantité de massifs, tout en permettant la récolte de bois, il est proposé d'aménager certains territoires de manière à y maintenir un couvert forestier continu de plus de 7 m. Cela peut se faire, notamment, par la concentration de coupes partielles en chantiers de quelques milliers d'hectares afin de créer des massifs de forêts pérennes aménagés (voir la section 2 du Cahier 3.1.1 [Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2017]). Ces zones sont susceptibles de jouer des rôles écologiques qui s'approchent de ceux des massifs naturels tout en contribuant à répondre à plusieurs autres enjeux écologiques (vieilles forêts, structure interne et bois mort). Cette façon de faire offre des avantages économiques notables (concentration de coupes et des interventions sylvicoles, élimination de zones de juxtaposition entre les agglomérations de coupes, etc.). Sur le plan social, elle offre aussi l'occasion de maintenir une ambiance forestière à des endroits sensibles (communautés autochtones et zones de villégiature ou d'écotourisme).

La proportion de massifs de forêts pérennes aménagés à établir dans la pessière à mousses varie de 5 à 15 % selon les sous-domaines (voir le Cahier 3.1.1) et des secteurs ont été déterminés à cet effet. Décider où établir prioritairement les chantiers de coupes partielles et amorcer le déploiement opérationnel permettraient de se familiariser avec les particularités de cette nouvelle approche d'aménagement forestier.

1.3.3 Augmenter l'effort ou améliorer le déploiement des solutions connues

Pour faire face à certains enjeux, des solutions sont déjà connues ou ont été expérimentées lors de la période précédente au point où leur déploiement à plus grande échelle est réalisable. D'autres circonstances font en sorte qu'on pourrait envisager de simples modulations des pratiques actuelles pour assurer une réponse adéquate à certains enjeux.

L'EXEMPLE DES MODALITÉS DE RÉTENTION VARIABLE

Dans le contexte des dérogations à la coupe en mosaïque dans la pessière depuis 2003 et lors de la conduite de projets pilotes en aménagement écosystémique, les forestiers québécois ont été amenés à s'approprier l'outil des coupes à rétention variable qui avait déjà été développé et appliqué ailleurs en Amérique du Nord. Après quelques années d'implantation, les forestiers arrivent à l'étape du plein déploiement de ces coupes et de l'ajustement du concept à la spécificité écologique locale. Se doter d'une cible qui permet d'améliorer le déploiement des coupes à rétention variable, tout en ajustant les modalités des traitements à l'écologie locale, semble être une action clé susceptible de contribuer à répondre à plusieurs enjeux écologiques simultanément (bois mort, structure interne et composition).

1.4 Conséquences socioéconomiques

Les cibles fixées en réponse aux enjeux écologiques devraient toujours avoir pour but de réduire le plus possible les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle. Toutefois, le choix final doit aussi reposer sur une analyse des conséquences socioéconomiques appréhendées. Dans cette analyse, les éléments suivants devraient être pris en considération.

- **Intégration dans un budget sylvicole réaliste.** Les cibles doivent pouvoir s'intégrer à un budget sylvicole réaliste où l'analyse des bénéfices escomptés guide le choix des investissements sylvicoles. Cette analyse devrait permettre de déterminer les meilleures options disponibles pour répondre à tous les objectifs de l'aménagement durable.
- **Conséquences sur la possibilité forestière.** Au meilleur des moyens disponibles, les équipes d'aménagistes devraient faire en sorte que les cibles fixées et les stratégies d'aménagement définies maintiennent les conséquences sur la possibilité forestière à l'intérieur d'une marge acceptable pour la société.



CHAPITRE 2

GRANDS AXES DE SOLUTIONS

En aménagement écosystémique, on veut maintenir ou recréer les principaux attributs des forêts naturelles par les types d'interventions pratiquées et leur répartition dans l'espace et le temps. Pour y parvenir, les aménagistes peuvent avoir recours à trois grandes familles d'outils, que l'on nomme « grands axes de solutions ». Ces grands axes concernent :

- les actions de conservation;
- le mode de répartition spatiale et temporelle des interventions forestières, qui inclut l'allongement des rotations;
- les actions sylvicoles.

Une description relativement sommaire des principales solutions aptes à répondre aux enjeux écologiques est présentée ici. Des orientations plus précises sur l'aménagement sont abordées dans les différents cahiers traitant de chacun des enjeux écologiques.



2.1 Actions de conservation

Les forêts conservées, soit dans les endroits où la récolte forestière est exclue (aires protégées, refuges biologiques, écosystèmes forestiers exceptionnels, etc.) ou dans des portions de territoire inaccessibles, permettent aux processus écologiques de s'opérer librement et aux attributs naturels de se perpétuer ou de se recréer avec le temps. En l'absence de perturbations graves, la dynamique naturelle entraîne le remplacement de certaines essences pionnières par d'autres plus tolérantes à l'ombre. De plus, les perturbations secondaires partielles ou la sénescence des arbres créent des trouées de dimensions variées. Ces processus permettent une complexification de la structure et jouent un rôle prépondérant dans la dynamique du bois mort.

Les forêts de conservation jouent un rôle essentiel dans une stratégie d'aménagement. À l'échelle de grands territoires, ces forêts contribuent à répondre à plusieurs enjeux écologiques. Ainsi, un réseau de territoires protégés représentatifs de la diversité naturelle et bien répartis dans l'espace devient la toile de fond qui contribue significativement au maintien de la biodiversité. De plus, les forêts de conservation peuvent servir de témoins de l'évolution naturelle des processus écologiques et des populations animales et végétales. En y acquérant ces connaissances, elles permettent de valider l'approche déployée sur le territoire aménagé.

Lors de leurs choix d'aménagement, les aménagistes peuvent définir, selon les circonstances, des portions de territoire vouées aux forêts de conservation. De plus, ils doivent être attentifs aux occasions de synergie que procurent les forêts de conservation dans la réponse aux divers enjeux écologiques et sociaux présents sur le territoire.

CONCRÈTEMENT

Prendre en compte la contribution des forêts de conservation lors de l'analyse des superficies aptes à répondre aux divers enjeux écologiques présents sur le territoire.

2.2 Mode de répartition spatiale et temporelle des interventions forestières

Planifier la répartition des travaux sylvicoles sur le territoire, de même que le moment de leur réalisation, constitue l'essence même de la répartition spatiale et temporelle des interventions forestières. En planifiant ces aspects, les aménagistes se préoccupent également de la configuration des coupes et de la forêt résiduelle. Ils doivent réfléchir à la quantité de coupes, à leur forme et à leur disposition dans le grand paysage. Certains de ces éléments sont abordés lors de la production du PAFIT (voir le Cahier 3.1.1), alors que d'autres trouvent écho sur le plan opérationnel (voir le Cahier 3.1.2).

Intimement liée à la répartition des interventions, la question de l'allongement des révolutions constitue aussi un moyen important dont disposent les aménagistes. En reportant dans le temps la récolte de certains peuplements pour constituer des blocs de forêt résiduelle, des îlots de vieillissement ou pour laisser des massifs de forêts matures et vieilles, les aménagistes utilisent l'allongement des révolutions. Cette façon de faire favorise le développement d'attributs de vieilles forêts, notamment une structure interne plus complexe et certaines formes de bois mort (Comité d'experts sur les solutions, 2009).

L'allongement des révolutions peut également s'employer à l'échelle des essences d'un même peuplement. Ainsi, il sera possible, dans une coupe partielle, de récolter en priorité une essence et de laisser vieillir une autre essence plus longévire, soit pour créer des arbres de forte dimension, des vétérans ou une structure de vieille forêt.

Retarder la récolte d'un peuplement ou de certaines essences peut s'avérer efficace pour contrôler la composition végétale en permettant, lorsque les essences désirées sont présentes, l'installation d'une régénération naturelle en quantité suffisante.

CONCRÈTEMENT

Appliquer les lignes directrices sur la répartition des interventions forestières dans le domaine de la pessière à mousses et prévoir l'allongement des révolutions pour certains blocs de forêt en vue de répondre, notamment, aux enjeux de structure d'âge des forêts.

2.3 Actions sylvicoles

Les actions sylvicoles permettent de gérer efficacement les différents attributs clés des forêts dans le but de répondre aux multiples enjeux, qu'ils soient de nature économique, sociale ou écologique. Certes, la sylviculture permet d'agir sur la composition des peuplements traités, mais divers traitements sylvicoles permettent également de perpétuer des structures complexes ou d'en favoriser l'émergence. De la même façon, la sylviculture est en mesure de gérer activement le bois mort dans les peuplements traités, tant en matière de quantité qu'en matière de qualité (essence, dimension, état de décomposition, etc.).

Le sylviculteur dispose d'outils variés qui s'adaptent à différentes stations forestières et qui lui donnent la possibilité de répondre à divers enjeux. Le *Guide sylvicole du Québec – Tome 2* présente en détail ces différents outils (Ministère des Ressources naturelles, 2013). Bien que plusieurs traitements sylvicoles contribuent à répondre à des enjeux écologiques (ex. : scarifiage, plantation, etc.), nous ne nous attardons qu'à deux de ces outils, soit les coupes partielles et les coupes à rétention variable. La raison est que ces outils permettent de répondre adéquatement à plusieurs enjeux écologiques et qu'ils ont été relativement peu utilisés jusqu'ici dans plusieurs régions du Québec.

2.3.1 Coupes partielles

Les coupes partielles, sous la forme de coupe progressive régulière ou irrégulière, d'éclaircie commerciale et de jardinage, permettent de récolter des volumes de bois tout en maintenant des attributs écologiques clés. En fonction des modalités appliquées lors des interventions, les coupes partielles répondront, à des degrés variables, aux enjeux écologiques présents sur le territoire.

Effets potentiels sur certains enjeux écologiques

Lorsque les aménagistes réfléchissent à la façon optimale d'atteindre l'objectif de maintien d'une structure d'âge qui se rapproche de la forêt naturelle tout en répartissant les interventions forestières de façon adéquate sur le territoire, les coupes partielles peuvent devenir un outil sylvicole particulièrement utile. Ainsi, en fonction des caractéristiques des peuplements en place, il est possible de réaliser certains types de coupes partielles qui maintiendront ou qui diminueront le temps de retour des caractéristiques liées aux vieilles forêts dans le peuplement traité. Bien qu'une intervention forestière représente une altération plus ou moins grande de l'habitat selon

les espèces considérées, les coupes partielles représentent un compromis valable entre la récolte de matière ligneuse et le maintien d'attributs de vieilles forêts. Elles offrent un complément aux forêts de conservation et aux allongements de la révolution dans une stratégie de maintien des vieilles forêts. De plus, disposées adéquatement sur le territoire, elles peuvent contribuer de façon substantielle à une meilleure connectivité dans le paysage, facilitant ainsi le déplacement de certaines espèces.

Les coupes partielles sont l'outil sylvicole désigné pour maintenir ou favoriser le développement d'une **structure complexe** des peuplements. Les interventions partielles peuvent agir sur deux plans : 1) sur la structure verticale en permettant à la régénération de se développer en hauteur et aux gaules d'atteindre la canopée; 2) sur la structure horizontale dans la mesure où l'intervention favorise la création de bouquets denses et de trouées à l'intérieur du peuplement traité. Il est aussi possible et souvent souhaitable de laisser des vétérans sur place lors des interventions partielles. Ces derniers jouent plusieurs rôles dans le peuplement. Ils contribuent notamment à la structure verticale et agissent comme semencier potentiellement prolifique, étant donné leur cime imposante et comme habitat de certains oiseaux rapaces qui les utilisent de manière préférentielle pour installer leur nid.

Lors de coupes partielles, la gestion du **bois mort** est facilitée par le fait que des chicots et des débris ligneux au sol, souvent de bonne dimension, peuvent être laissés lors des interventions. Aussi, un recrutement de bois mort peut s'effectuer, étant donné que certaines tiges encore vivantes, mais moribondes, sont laissées lors des prélèvements partiels. Enfin, les coupes partielles, particulièrement celles comprises dans le régime sylvicole irrégulier, permettent le maintien d'un couvert forestier continu qui est favorable au recrutement de bois mort.

En ce qui a trait aux enjeux de **composition végétale**, plusieurs d'entre eux sont susceptibles de trouver en partie réponse dans les coupes partielles. Ces traitements peuvent agir directement sur la conduite des peuplements, particulièrement en ce qui a trait à l'installation de la régénération naturelle. De fait, sur le plan sylvicole, les coupes partielles représentent un outil souvent prisé pour favoriser l'installation d'une régénération en essences désirées. Cela est particulièrement le cas pour les essences tolérantes à l'ombre qui s'installent facilement sous un couvert partiel. Selon l'essence à régénérer, un scarifiage pourrait toutefois être requis. En favorisant l'installation d'une régénération en essences désirées, il est plus aisé, par exemple, de contrôler l'enfeuilletement lors de la récolte finale d'une coupe progressive régulière ou de régénérer certaines espèces en raréfaction. Cela permet également d'éviter des scénarios de plantation qui s'avèrent souvent très coûteux.

Effets potentiels sur les autres enjeux

Dans bien des cas, les coupes partielles permettent de répondre aussi à des enjeux de nature économique ou sociale. Par exemple, dans une optique de production ligneuse, les coupes partielles sont susceptibles d'avoir un effet positif sur la qualité des bois produits. De fait, dans certaines circonstances, les interventions partielles ont la capacité de fournir des billes de dimensions plus intéressantes pour la transformation, permettant ainsi de générer un panier de produits plus rentable.

L'utilisation des coupes partielles permet également de répondre à diverses demandes sociales. On peut penser au maintien de la qualité visuelle des paysages dans certains secteurs hautement fréquentés ou au maintien de la qualité des habitats de certaines espèces gibier (ravages du cerf de Virginie, par exemple). Dans certaines circonstances, des coupes partielles judicieusement planifiées permettent de désamorcer des conflits d'utilisation du territoire et s'avèrent un moyen

d'harmoniser efficacement les usages. Ce faisant, elles rendent disponibles des volumes de bois qui, autrement, ne le seraient pas afin de répondre aux besoins d'harmonisation.

Considérations économiques

À l'échelle d'une stratégie d'aménagement, les coupes partielles peuvent avoir des effets positifs sur la quantité de bois disponible à la récolte. En agissant sur le flux de bois par une synchronisation des interventions à des moments clés de la période de planification, elles s'avèrent un outil sylvicole pertinent pour répondre aux enjeux écologiques tout en maintenant un approvisionnement adéquat pour les usines de transformation.

Bien que les coupes partielles représentent des solutions sylvicoles prometteuses à plusieurs égards, les aménagistes doivent nécessairement effectuer leurs choix en tenant compte d'un ensemble de considérations économiques et opérationnelles. Dans cette perspective, les aspects suivants doivent être pris en compte :

- Les budgets étant limités, les choix sylvicoles doivent se faire à la lumière des bénéfices escomptés des différentes options possibles afin de répondre à l'ensemble des enjeux d'aménagement du territoire.
- Une analyse des coûts de planification des coupes partielles doit être réalisée, étant donné que ces interventions sont susceptibles d'engendrer une augmentation de ceux-ci.
- Une période d'apprentissage et de rodage sera nécessaire dans plusieurs cas, et cela générera des coûts d'implantation.
- La planification du réseau routier doit être évaluée adéquatement étant donné que, dans les secteurs non pourvus de chemins, le déploiement des coupes partielles nécessite la construction plus rapide du réseau routier. Par ailleurs, dans certains cas, les coupes partielles auraient avantage à être concentrées dans des chantiers plus intégrés, ce qui pourrait potentiellement minimiser les coûts d'implantation et assurer une meilleure rentabilité à long terme (synchronisme des interventions).

Déploiement des coupes partielles : un défi stimulant

À la lumière des informations précédentes, on constate que les coupes partielles représentent, dans certaines circonstances, un outil sylvicole utile pour contribuer à répondre à des enjeux de diverses natures. Selon les forêts en présence et en fonction des objectifs recherchés, le sylviculteur effectue ses choix en disposant d'un coffre à outils diversifiés. Dans certains cas, la coupe totale est tout à fait indiquée. En fait, il s'agit d'établir la juste proportion de coupes partielles à réaliser.

Bien que les connaissances actuelles permettent d'avancer résolument dans la voie de la mise en oeuvre des coupes partielles, leur déploiement à une échelle significative sur le plan opérationnel représente un défi pour la sylviculture des peuplements résineux dans plusieurs régions du Québec. Il reste encore plusieurs thèmes pour lesquels les connaissances devront se parfaire dans les années à venir. Parmi ces thèmes, on devra approfondir ceux relatifs à la capacité opérationnelle de mettre en oeuvre ce type d'interventions, depuis le processus de planification jusqu'à la formation et l'apprentissage des opérateurs de machinerie. On devra également en apprendre plus sur les conditions favorisant les effets des coupes partielles sur le flux de bois dans un contexte d'optimisation des calculs de possibilité forestière. Sur le plan biophysique, des analyses des conditions avant et après interventions dans les peuplements traités seront requises pour mieux comprendre le phénomène de chablis. Finalement, les

hypothèses relatives aux effets des coupes partielles sur la biodiversité devront elles aussi être validées par des suivis à moyen et à long terme de la réponse de certaines espèces ou de communautés d'espèces.

CONCRÈTEMENT

Une stratégie d'aménagement par laquelle on souhaite répondre aux divers enjeux écologiques, en synergie et en complémentarité avec les autres enjeux du territoire, devrait comprendre des coupes partielles en quantité suffisante pour assurer leur déploiement opérationnel.

2.3.2 Coupes à rétention variable

Le concept de la rétention variable (*variable retention forestry*) a d'abord été présenté par le Clayoquot Sound Scientific Panel en 1995 en réponse au conflit social majeur lié à l'exploitation par coupes totales des forêts côtières de la Colombie-Britannique. Il a, par la suite, été défini plus formellement dans diverses publications scientifiques (Franklin et autres, 1997; Franklin, Mitchell et Palik, 2007). Il est issu des recherches en écologie du paysage qui ont montré les effets des perturbations naturelles sur les peuplements résiduels. Les perturbations majeures qui conduisent au développement d'un nouveau peuplement, comme le font souvent les feux, les épidémies d'insectes ou les chablis, laissent derrière leur passage des structures résiduelles, vivantes ou mortes, en quantité et en forme variables. Ces structures représentent des legs biologiques qui confèrent une certaine complexité structurale au nouveau peuplement et favorisent une plus grande résilience des écosystèmes. Les legs correspondent à des arbres vivants, des arbres morts debout (chicots), des débris ligneux au sol, des portions de litière intacte, des strates de végétation multiples, etc.

À l'instar des perturbations naturelles, les coupes à rétention variable visent la préservation, lors des opérations de récolte dans les peuplements ayant atteint leur maturité, des legs biologiques qui permettent de maintenir les processus écologiques associés aux peuplements perturbés. Ces coupes représentent des outils sylvicoles susceptibles de contribuer à répondre à certains enjeux écologiques. Par exemple, dans un mode de répartition spatiale et temporelle des coupes inspirées de la dynamique naturelle des écosystèmes, les coupes à rétention variable deviennent un des outils pour reproduire des paysages semblables à ceux créés par les perturbations naturelles majeures. Les legs biologiques laissés lors des coupes à rétention variable favorisent à court terme la colonisation du site et confèrent une irrégularité dans les structures horizontale et verticale des peuplements issus de l'intervention de récolte. Puisque ces legs demeureront en place pour toute la durée de vie du prochain peuplement, ils joueront plusieurs rôles à moyen et à long terme. Ils permettront notamment de générer du bois mort dans le temps et de créer des peuplements plus diversifiés, facilitant l'atteinte de conditions plus proches de celles de la forêt naturelle.

La quantité et la forme de la rétention peuvent être variables. Au regard de la quantité, il est souhaitable d'implanter l'ensemble du gradient de rétention du couvert forestier original pour atteindre différents objectifs d'aménagement. Pour des considérations pratiques, les coupes à

rétenion variable visent généralement une rétenion jusqu'à 25 % (en superficie, en volume ou en surface terrière) avec un minimum de 5 %. Pour ce qui est de la forme, la rétenion peut se faire de manière dispersée (ex. : arbres isolés sur un parterre de coupe) ou de manière regroupée, c'est-à-dire par bouquets (calculés en centaines de mètres carrés), par cohorte d'arbres (ex. : coupe avec protection des petites tiges marchandes [CPPTM]) ou par blocs (calculés en hectares). Des bénéfices additionnels peuvent découler d'un patron de répartition des legs biologiques qui intègre à la fois des éléments dispersés et des éléments regroupés. La CPPTM représente un cas particulier de coupe à rétenion variable. Ce traitement répond simultanément à deux objectifs : un objectif de production de bois, en assurant un retour hâtif d'un peuplement au potentiel de récolte économiquement rentable, et un objectif biologique, en maintenant en place, pour toute la durée de vie du prochain peuplement (ex. : de 70 à 90 ans), une cohorte d'arbres apte à remplir certaines des fonctions attendues de la rétenion variable (complexité structurale et recrutement de bois mort).

Le comité d'experts sur les solutions du projet pilote d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides a produit une fiche technique qui fournit beaucoup d'informations sur les effets et les fonctions des legs biologiques¹. L'encadré qui suit en présente un résumé.

RÔLES DES LEGS BIOLOGIQUES

Selon la quantité et la forme de la rétenion, les legs biologiques rempliront un ou plusieurs des rôles clés suivants dans les peuplements qui se développent après la récolte.

Refuges et foyers de colonisation. *Les arbres vivants et morts, de même que les débris ligneux, notamment lorsqu'ils sont laissés de manière regroupée, permettent à certaines espèces, en particulier les espèces à faible capacité de dispersion, de demeurer dans l'écosystème et d'occuper à nouveau le milieu perturbé par la coupe. Les débris ligneux peuvent aussi servir de lits de germination pour les espèces floristiques.*

Complexité structurale. *Les legs biologiques favorisent l'irrégularité dans les structures verticale et horizontale immédiatement après la coupe et accélèrent le développement d'une structure interne complexe dans le futur peuplement. Les legs permettent également le recrutement de bois mort dans le temps, ce qui représente, avec la structure interne, deux attributs des écosystèmes naturels qu'il importe de maintenir considérant leur rôle clé.*

Connectivité. *Les legs biologiques offrent une meilleure connectivité entre les massifs forestiers. Certaines espèces peuvent s'en servir comme des stepping-stones, un peu à la manière de pierres utilisées pour traverser un cours d'eau, facilitant ainsi leur dispersion.*

1. Pour plus de détails, voir la fiche *Maintien de legs biologiques* dans le document du Comité d'experts sur les solutions (2009).

CONCRÈTEMENT

La stratégie d'aménagement devrait prévoir le déploiement des coupes à rétention variable pour contribuer à répondre à plusieurs enjeux écologiques.

De plus, le type de rétention variable appliqué devrait être modulé et adapté selon la compréhension de la dynamique naturelle des écosystèmes présents sur le territoire aménagé et le besoin de certaines espèces sensibles à l'aménagement forestier.



BIBLIOGRAPHIE

- BELLEAU, A., et autres (2007). "Using Spatially Explicit Simulations to Explore Size Distribution and Spacing of Regenerating Areas Produced by Wildfires: Recommendations for Designing Harvest Agglomerations for the Canadian Boreal Forest", *The Forestry Chronicle*, vol. 83, n° 1, p. 72-83.
- BOUCHARD, et autres (2015). *Modélisation de la variabilité naturelle de la structure d'âge des forêts du Québec*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière, 32 p. (Mémoire de recherche forestière; 175).
- BOUCHARD, M., et D. POTHIER (2011). "Long-Term Influence of Fire and Harvesting on Boreal Forest Age Structure and Composition in Eastern Québec", *Forest Ecology and Management*, vol. 261, n° 4, p. 811-820.
- BUJOLD (2013). *Guide d'intégration des besoins associés aux espèces fauniques dans la planification forestière*, Québec, Gouvernement du Québec ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 66 p.
- CARDINAL, D., et autres (2004). *Ecosystem-Based Management Planning Handbook*, Colombie-Britannique, Coast Information Team, 80 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].
[<http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/amenagement/solutions-fiches-techniques.pdf>].
- COMITÉ D'EXPERTS SUR L'AMÉNAGEMENT ÉCOSYSTÉMIQUE DES FORÊTS ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (2017). *L'aménagement écosystémique des forêts dans le contexte des changements climatiques – Rapport du comité d'experts*, [En ligne], Québec, 29 p.
[<http://mffp.gouv.qc.ca/forets/amenagement/amenagement-ecosystemique.jsp>].
- 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, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 147 p.
- CYR, D., et autres (2009). "Forest Management is Driving the Eastern North American Boreal Forest Outside its Natural Range of Variability", *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 7, n° 10, p. 519–524.
- DESROSIERS, R., et autres (2010). *Guide sur la gestion intégrée des ressources et du territoire : son application dans l'élaboration des plans d'aménagement forestier intégré*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 18 p.
- DRAPEAU, P., A. LEDUC et Y. BERGERON (2009). "Bridging Ecosystem and Multiple Species Approaches for Setting Conservation Targets in Managed Boreal Landscapes", dans VILLARD, M.-A., et B. G. JONSSON, *Setting Conservation Targets for Managed Forests Landscapes*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 129-160.
- DRAPEAU, P., et autres (2008). « Paramètres à considérer pour le suivi de l'approche écosystémique dans une perspective d'aménagement adaptatif en pessière à mousses », dans GAUTHIER, S., et autres, *Aménagement écosystémique en forêt boréale*, Québec, Presse de l'Université du Québec, p. 361-392.

- ÉDITEUR OFFICIEL DU QUÉBEC (2017). « Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État », [En ligne], *Gazette officielle du Québec*, 24 mai 2017, 149^e année, n° 21, p. 1805-1866.
[<http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=66586.pdf>]
- FRANKLIN, J. F., et autres (1997). "Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems", dans KOHM, K. A., et J. F. FRANKLIN (éd.), *Creating a Forestry for the 21st Century, the Science of Ecosystem Management*, Island Press, p. 111-139.
- FRANKLIN, J. F., R. J. MITCHELL et B. J. PALIK (2007). *Natural Disturbance and Stand Development Principles for Ecological Forestry*, Newtown Square Pennsylvanie, USDA Forest Service, Northern Research Station, 44 p. (General technical report; NRS-19).
- LAMBECK (1997). "Focal Species: A Multi-Species Umbrella for Nature Conservation", *Conservation Biology*, vol. 11, n° 4, p. 849-856.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2017). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 3.1.1 – Enjeux liés à la planification tactique de l'organisation spatiale des forêts dans la pessière à mousses*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 37 p. [Publié dans l'intranet du MFFP].
- 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 2.1 – Enjeux liés à la structure d'âge des forêts*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 67 p. [Publié dans l'intranet du MFFP].
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2015). *Manuel de planification forestière 2018-2023, version 8.1*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 246 p. [Non publié].
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (2013). *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture*, ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Québec, Les Publications du Québec, 709 p.
- QUÉBEC, 2016. *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, RLRQ, chapitre A-18.1, à jour au 1^{er} novembre 2016, [En ligne], Les Publications du Québec, LégisQuébec.
[<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/A-18.1>].
- ROMPRÉ, G., et autres (2010). « Conservation de la biodiversité dans les paysages forestiers aménagés : utilisation des seuils critiques d'habitat », *The Forestry Chronicle*, vol. 86, n° 5, p. 572-579.

