



L'aménagement écosystémique des forêts dans le contexte des changements climatiques

Rapport du
comité d'experts

Comité d'experts sur l'aménagement écosystémique des forêts et les changements climatiques

PRÉSIDENT

Jean-Pierre Jetté, ing.f, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

MEMBRES

Louis Bélanger, Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval; Yves Bergeron, Institut de recherche sur les forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et Université du Québec à Montréal; Pierre Bernier, Ressources naturelles Canada; Mathieu Bouchard et Catherine Périé, Direction de la recherche forestière, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs; Christian Messier, Institut des Sciences de la Forêt tempérée, Université du Québec en Outaouais et Université du Québec à Montréal

Soutien scientifique

Éric Domaine, biol., M. Sc., ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Remerciements

Dominique Berteaux, Université du Québec à Rimouski; Yan Boulanger et Sylvie Gauthier, Ressources naturelles Canada; Hubert Morin, Université du Québec à Chicoutimi; Travis Logan, Ouranos; Geneviève Barry, Sylvie Delisle, Lyne Giasson et Marc Leblanc, Louis Morneau, Josée Pâquet et Alain Schreiber ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Les travaux de coordination du comité d'experts ont été financés par le Fonds vert.

Photo

Pierre Petitclerc, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Pour en savoir plus...

Éric Domaine
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
Courriel : eric.domaine@mffp.gouv.qc.ca

DAEF-0374

Cette publication, conçue pour une impression recto verso, est offerte en ligne à l'adresse suivante :
<http://mffp.gouv.qc.ca/forets/amenagement/amenagement-ecosystemique.jsp>

Citation recommandée

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*, Québec, 29 p.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2017
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2017
ISBN 978-2-550-77674-1
© Gouvernement du Québec

Avant-propos

Les changements globaux

Le présent document aborde les effets probables des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers et leur biodiversité ainsi que sur les perturbations naturelles qui les dynamisent. Le comité d'experts sur l'aménagement écosystémique des forêts et les changements climatiques est conscient qu'il existe bien d'autres types de changements qui sont susceptibles d'affecter l'aménagement des forêts dans le futur. Ces changements sont souvent regroupées sous l'appellation « changements globaux » et incluent les changements climatiques, mais aussi d'autres facteurs comme les espèces envahissantes, les maladies et insectes exotiques, l'augmentation des dépôts d'azote, les pluies acides. Le comité d'experts s'est limité à examiner les effets des changements climatiques, même s'il reconnaît que d'autres changements affecteront également les écosystèmes forestiers et leur biodiversité. Plusieurs des constats et des recommandations ont une portée qui peut couvrir l'ensemble des changements globaux susceptibles d'affecter nos forêts.

Sommaire

Au Québec, pour mettre en œuvre l'aménagement durable des forêts, le concept de l'aménagement écosystémique, et particulièrement l'idée de s'inspirer de la forêt naturelle pour établir les cibles de conditions souhaitées dans la forêt aménagée, s'est imposé comme la façon la plus simple et la plus sûre d'assurer globalement le maintien de la biodiversité. Devant la complexité des écosystèmes et leur fonctionnement, la forêt préindustrielle est une bonne référence pour détecter les composantes de la biodiversité actuelle qui sont à risque lors de l'aménagement forestier.

Les changements climatiques en cours et à venir risquent de bouleverser la composition des forêts et le fonctionnement des écosystèmes. Dans ce contexte, il y a lieu de s'interroger sur la pertinence du concept d'aménagement écosystémique si les nouvelles conditions climatiques rendent difficile le maintien de certains attributs de la forêt préindustrielle. Pour répondre à ce questionnement, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a demandé l'avis d'experts en matière d'aménagement écosystémique et de changements climatiques. Leur mandat était d'évaluer la pertinence des orientations qui découlent du concept d'aménagement écosystémique des forêts, tel qu'il est appliqué au Québec dans un contexte de changements climatiques, et de formuler des recommandations au MFFP.

Globalement, le comité d'experts juge que la plupart des gestes qui découlent du concept d'aménagement écosystémique sont « sans regret », c'est-à-dire que peu importe les scénarios climatiques à venir, ils contribueront à maintenir ou à restaurer des écosystèmes plus résilients. Toutefois, il juge que, parmi toutes les orientations d'aménagement analysées, quatre d'entre elles requièrent un examen approfondi.

Structure d'âge et vieilles forêts : Cette orientation mérite une attention particulière compte tenu de son importance en foresterie et parce que des changements sont anticipés dans les régimes de perturbations naturelles. Après examen, le comité d'experts considère que cette orientation doit être maintenue puisque peu importe les effets des changements climatiques, l'obligation de maintenir la biodiversité demeure. De plus, le maintien de toutes les composantes de la biodiversité constitue un facteur de résilience des forêts face aux changements attendus. Finalement, il demeure encore beaucoup d'incertitudes quant au comportement des régimes de perturbations dans l'avenir. Il est loin d'être certain que les cycles futurs de perturbation se situeront à l'extérieur des marges utilisées pour l'établissement des cibles actuelles de structure d'âge.

Composition végétale : Le comité d'experts reconnaît que des risques sont associés aux choix d'aménagement en matière de composition des forêts. Il est cependant difficile de juger de manière globale des conséquences des changements climatiques sur cette orientation en raison de la spécificité et des variations régionales possibles de la réponse des essences forestières aux changements anticipés. Dans ce contexte, le comité d'experts recommande que le MFFP élabore une démarche d'ajustement des objectifs et des cibles de composition de façon à pouvoir procéder de manière rigoureuse et prudente à des modifications d'orientations d'aménagement lorsque nécessaire.

Régénération naturelle : Le comité d'experts ne remet pas en question l'approche actuelle principalement basée sur la régénération naturelle, mais considère qu'une attention particulière devra être portée à la vulnérabilité de la régénération naturelle des essences forestières et au processus décisionnel en place (inventaire, prescription et suivi).

Accidents de régénération en milieu boréal et risque de recul de la pessière noire à couvert fermé : Le comité d'experts reconnaît que le risque d'accidents de régénération, et par conséquent de

recul de la pessière noire à couvert fermé, pourrait augmenter en raison des effets des changements climatiques. Dans ce contexte, il recommande de documenter le phénomène et d'établir une surveillance plus formelle de celui-ci.

En plus des recommandations concernant les quatre orientations d'aménagement analysées, le comité d'experts formule deux recommandations générales. La première est que, lors du processus de planification forestière, le MFFP procède à des analyses de vulnérabilité aux changements climatiques en vue de déterminer les enjeux qui concernent l'ensemble des aspects de l'aménagement durable des forêts. La deuxième recommandation est de renforcer les systèmes de surveillance et de suivi des forêts pour mieux détecter les effets des changements climatiques en tirant mieux profit des efforts actuellement consentis à la collecte d'informations.

Dans l'état actuel des connaissances, la forêt préindustrielle offre une bonne image intégratrice des besoins des espèces qui forment la biodiversité actuelle. L'analyse des écarts entre la forêt aménagée et la forêt préindustrielle permet de détecter les éléments à risque qui pourraient conduire à un affaiblissement de la biodiversité. Le maintien d'attributs et de processus écologiques clés (la biodiversité fonctionnelle) est la voie la plus sûre pour favoriser la capacité des forêts à résister aux changements, à être résilientes face aux perturbations à venir et à pouvoir s'adapter lorsque les transitions écologiques deviendront inévitables. Le maintien ou la restauration de la biodiversité naturelle définie par les connaissances historiques constitue encore une base généralement valide pour consolider la biodiversité fonctionnelle.

Cela étant dit, il est indéniable que les forêts connaîtront des modifications importantes et elles sont probablement déjà en train de changer. L'aménagement écosystémique ne peut ignorer cette réalité. L'ampleur des changements anticipés et la rapidité avec laquelle ils risquent de se produire commandent une bonification de la démarche d'aménagement de manière à prendre acte des changements en cours. À partir d'observations ou à la lumière de modèles de prédiction, des analyses de vulnérabilité des orientations actuelles devraient être conduites afin de procéder à des ajustements des orientations d'aménagement lorsque nécessaire. La question des choix de composition est un exemple où des orientations devront probablement être modifiées.

Parce que les changements dans les forêts sont et vont demeurer difficiles à prévoir, les principaux efforts d'adaptation devraient porter sur le maintien, la restauration et le renforcement de la capacité des écosystèmes à réagir face aux stress. Pour mieux aider les écosystèmes à faire face à l'ampleur des changements anticipés, des chercheurs envisagent le renforcement de la résilience et de la capacité d'adaptation des forêts par des choix d'aménagement et des actions sylvicoles. Par exemple, la caractérisation des essences selon leur rôle fonctionnel dans l'écosystème et selon leurs réponses face aux différents stress appréhendés fournit des pistes pour orienter des choix d'aménagement et bonifier l'approche d'aménagement écosystémique actuelle.

Recommandations du comité d'experts

Structure d'âge et vieilles forêts

RECOMMANDATION 1. Compte tenu du niveau actuel des connaissances, le comité d'experts recommande de ne pas modifier à court terme l'orientation 1 sur la structure d'âge des forêts, et ce, même dans le contexte des changements climatiques.

- RECOMMANDATION 1.1.** Le comité d'experts recommande aussi de poursuivre les recherches visant à documenter les risques de perturbations naturelles dans le futur, particulièrement par rapport aux fréquences observées durant la période 1800-2000 (qui est couramment utilisée comme référence).
- RECOMMANDATION 1.2.** Le comité d'experts recommande de poursuivre les efforts pour inclure les risques de perturbations naturelles dans la planification forestière stratégique.
- RECOMMANDATION 1.3.** Le comité d'experts recommande de revoir périodiquement la pertinence de l'orientation 1, en fonction de l'avancement des connaissances.

Composition végétale

RECOMMANDATION 2. Le comité d'experts recommande de maintenir l'orientation 2 concernant la composition végétale, mais aussi de mettre en place une démarche pour évaluer la pertinence des orientations spécifiques actuellement en vigueur. Cette démarche d'ajustement des objectifs et des cibles de composition devrait permettre d'évaluer la vulnérabilité des essences forestières face aux changements climatiques et de comprendre les causes probables. Elle devrait traiter prioritairement des orientations les plus à risque et de celles qui mobilisent des investissements importants ou qui ont un effet sur des services socioécologiques majeurs.

- RECOMMANDATION 2.1.** Le comité d'experts recommande de consentir des efforts pour rehausser notre capacité à détecter les changements de composition à partir des activités usuelles en forêt et en bonifiant les systèmes de surveillance et d'inventaire déjà en place.
- RECOMMANDATION 2.2.** Le comité d'experts recommande de maintenir les efforts pour éviter la simplification des écosystèmes afin de faire face à l'incertitude dans l'avenir. On devrait chercher à restaurer ou à maintenir la diversité fonctionnelle des forêts aménagées. Dans certains cas, selon les vulnérabilités détectées, on pourrait envisager de l'augmenter de façon ciblée.
- RECOMMANDATION 2.3.** Le comité d'experts recommande de mettre en place des essais sylvicoles afin de tester le comportement d'essences plantées au nord de leur limite actuelle de distribution. Des essais pourraient aussi être conduits dans les différentes régions du Québec afin de tester de nouveaux mélanges d'espèces qui pourraient être mieux adaptés aux perturbations et aux conditions climatiques futures à moyen et à long-terme.

Régénération naturelle

RECOMMANDATION 3. Le comité d'experts recommande de maintenir l'orientation 3 qui consiste à miser sur la régénération naturelle préétablie pour régénérer les peuplements après la coupe.

- RECOMMANDATION 3.1.** Le comité d'experts recommande toutefois de procéder à un examen de la vulnérabilité de la régénération naturelle aux effets appréhendés des changements climatiques en distinguant les différentes essences désirées et les variations régionales projetées.

- **RECOMMANDATION 3.2.** Le comité d'experts recommande d'examiner et d'ajuster au besoin le processus décisionnel en matière de régénération des forêts, en fonction des résultats observés.
- **RECOMMANDATION 3.3.** Le comité d'experts recommande de réfléchir aux rôles et aux objectifs de la plantation (incluant le regarni) et de l'éclaircie précommerciale dans un contexte d'adaptation face aux changements climatiques.

Accidents de régénération en milieu boréal et risque de recul de la pessière noire à couvert fermé

RECOMMANDATION 4. Le comité d'experts recommande de quantifier l'ampleur actuelle du phénomène de recul de la pessière noire à couvert fermé et d'établir une surveillance plus formelle du phénomène des accidents de régénération. Cette information devrait être intégrée à la planification forestière.

- **RECOMMANDATION 4.1.** Le comité d'experts recommande de procéder à une évaluation du risque actuel d'accidents de régénération dans les feux qui surviendront dans les portions aménagées de la forêt boréale.
- **RECOMMANDATION 4.1.** Le comité d'experts recommande d'évaluer les impacts potentiels des modifications des régimes de feux sur l'occurrence des accidents de régénération.
- **RECOMMANDATION 4.1.** Le comité d'experts recommande d'établir une procédure pour évaluer le risque de perdre les investissements sylvicoles associés aux travaux de reboisement et de considérer les risques lors de ces investissements dans la forêt boréale.

Analyses régionales et locales de vulnérabilité (recommandation générale)

RECOMMANDATION 5. Le comité d'experts recommande de procéder, lors du processus de planification forestière, à des analyses de vulnérabilité aux changements climatiques en vue de déterminer les enjeux qui concernent l'ensemble des aspects de l'aménagement durable des forêts. Ces analyses devraient reposer sur une compréhension régionale des effets appréhendés des changements climatiques et de leurs interactions avec l'aménagement forestier, et devraient conduire à des actions visant l'adaptation des stratégies d'aménagement aux nouvelles réalités.

Systèmes de surveillance et de suivi (recommandation générale)

RECOMMANDATION 6. Le comité d'experts recommande de renforcer les systèmes de surveillance et de suivi des forêts pour mieux détecter les effets des changements climatiques en tirant mieux profit des efforts actuellement consentis à la collecte d'informations. Au besoin, de nouvelles données pourraient être recueillies.

Table des matières

Introduction.....	1
1. Structure d'âge et vieilles forêts.....	3
1.1 Explication de l'orientation d'aménagement.....	3
1.2 Énoncé du risque appréhendé.....	3
1.3 Position du comité d'experts.....	4
1.4 Recommandations du comité d'experts.....	5
1.5 Articles pertinents.....	5
2. Composition végétale.....	7
2.1 Explication de l'orientation d'aménagement.....	7
2.2 Énoncé du risque appréhendé.....	8
2.3 Position du comité d'experts.....	8
2.4 Recommandations du comité d'experts.....	10
2.5 Articles pertinents.....	10
3. Régénération naturelle.....	13
3.1 Explication de l'orientation d'aménagement.....	13
3.2 Énoncé du risque appréhendé.....	13
3.3 Position du comité d'experts.....	13
3.4 Recommandations du comité d'experts.....	14
3.5 Articles pertinents.....	14
4. Accidents de régénération en milieu boréal et risque de recul de la pessière noire à couvert fermé.....	17
4.1 Explication de l'orientation d'aménagement.....	17
4.2 Énoncé du risque appréhendé.....	17
4.3 Position du comité d'experts.....	17
4.4 Recommandations du comité d'experts.....	18
4.5 Articles pertinents.....	18
5. Recommandations générales.....	21
Conclusion.....	23
Annexe Méthodologie et démarche du comité d'experts.....	25
Bibliographie.....	29
Tableau 1 Orientations d'aménagement forestier générales et spécifiques.....	26

Introduction

En conséquence de l'adoption de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier en 2010, le Québec a posé des gestes concrets pour mettre le concept de l'aménagement écosystémique au cœur de sa gestion forestière. La Loi définit ce concept comme une foresterie qui vise à réduire les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle, afin d'assurer le maintien de la biodiversité et la viabilité des écosystèmes. Une meilleure compréhension des régimes de perturbations naturelles et de leurs effets sur les écosystèmes a permis de mieux définir le spectre des conditions auxquelles les espèces ont été confrontées historiquement et donc, auxquelles elles sont adaptées. À partir de ce raisonnement, l'idée de s'inspirer de la forêt préindustrielle pour établir les cibles de conditions souhaitées dans la forêt aménagée s'est imposée comme la façon la plus simple et la plus sûre de mettre en œuvre le principe du filtre brut. Si les espèces ont survécu dans les conditions qui prévalaient avant la transformation à grande échelle des paysages par l'activité humaine, il valait mieux s'approcher de ces conditions afin de maintenir la biodiversité. C'est avec cette idée en tête que la majorité des orientations et des objectifs d'aménagement sont élaborés, et que les choix concernant la conservation de forêts exemptes de récoltes, la répartition spatio-temporelle des interventions et la nature des traitements sylvicoles sont conditionnés par la volonté de s'approcher de la forêt jugée naturelle et de préserver la biodiversité qui lui est associée.

La Terre est entrée dans une période de changements climatiques de grande ampleur qui se produisent à un rythme probablement jamais connu jusqu'ici. Les changements climatiques en cours ont et continueront à avoir des effets directs et indirects sur les écosystèmes forestiers. Les effets directs comprennent par exemple l'altération de l'habitat des espèces, de leur croissance, de leur vitalité et de leur reproduction (Buisson et autres, 2008; Heller et Zavaleta, 2009; Engler et autres 2011; Hof et autres 2011). Les effets indirects comprennent des modifications aux régimes de perturbations qui dynamisent les écosystèmes tels que les feux de forêt (Bergeron et autres, 2010; Boulanger et autres, 2013), les infestations d'insectes et les maladies. Ces changements risquent donc d'affecter la composition des forêts ainsi que plusieurs autres composantes des écosystèmes forestiers. Dans ces conditions, plusieurs s'interrogent sur la façon de prendre en compte l'effet des changements climatiques dans le contexte de l'application de l'aménagement écosystémique.

Comme le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a pour mission de voir à l'application des dispositions légales et administratives qui découlent de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier, il est directement interpellé par ce questionnement. Il a donc le devoir de clarifier la situation à la lumière des meilleures connaissances scientifiques disponibles et d'apporter les ajustements nécessaires, le cas échéant. C'est pourquoi, il a mis sur pied un comité d'experts sur l'aménagement écosystémique des forêts et les changements climatiques. Cette initiative constitue un premier pas important dans une démarche d'adaptation aux changements climatiques.

Le comité d'experts a reçu le mandat d'examiner les orientations d'aménagement qui découlent de l'aménagement écosystémique afin de déterminer si elles demeurent toujours pertinentes dans le contexte des changements climatiques. Le présent rapport s'appuie sur une démarche réalisée par le comité d'experts (annexe) qui a consisté à examiner sommairement l'ensemble des orientations d'aménagement qui découlent de l'aménagement écosystémique. De celles-ci, le comité d'experts en a retenu quatre qui méritaient une analyse plus approfondie. Il s'agit d'orientations relatives à la structure d'âge des forêts, à la composition végétale, à la régénération naturelle et à l'occurrence d'accidents de régénération dans la forêt boréale.

Dans ce rapport, le comité d'experts se prononce sur la pertinence des quatre orientations retenues et formule au MFFP des recommandations en conséquence. Par ailleurs, le comité d'experts formule deux recommandations d'ordre général sur les analyses de vulnérabilité et les systèmes de surveillance et de suivi.

1. Structure d'âge et vieilles forêts

ORIENTATION 1. Faire en sorte que la structure d'âge des forêts aménagées s'apparente à celle qui existe dans la forêt naturelle.

1.1 Explication de l'orientation d'aménagement

La structure d'âge des forêts se définit comme étant la proportion relative des peuplements appartenant à différentes classes d'âge. En l'absence de coupes forestières, elle est généralement déterminée par les régimes de perturbations naturelles. Les paysages où les perturbations naturelles ayant le potentiel de réinitialiser les peuplements (feux de forêt, épidémies d'insectes graves et chablis importants) sont peu fréquentes contiennent une plus grande proportion de vieux peuplements et une plus faible proportion de peuplements en régénération que ceux où la fréquence de ces perturbations est élevée. En aménagement écosystémique, on assume généralement que la structure d'âge qui était présente en forêt naturelle correspond à des conditions optimales pour le maintien de la biodiversité. Le MFFP a donc établi comme objectif le maintien ou la restauration d'une structure d'âge des paysages aménagés de façon à ce qu'elle se rapproche des conditions qui caractérisaient la forêt naturelle. Les classes d'âges les plus vieilles font l'objet d'une attention particulière parce qu'elles sont généralement ciblées en premier par la récolte forestière, qu'elles se font de plus en plus rares et qu'elles répondent souvent aux besoins d'espèces particulières.

Rappelons que la cible en matière de structure d'âge accepte un écart par rapport aux moyennes historiques connues. Cette cible consiste à ce que la somme de la superficie des unités territoriales ayant un degré d'altération faible ou moyen représente au moins 80 % du territoire de l'unité d'aménagement. Un degré d'altération jugé faible, selon le MFFP, représente des situations où les vieilles forêts correspondent à au moins 50 % de la moyenne historique (200 à 300 dernières années) tandis que le degré d'altération jugé moyen se situe entre 30 et 50 % de la moyenne historique (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2016a et b).

Pour atteindre ces objectifs, le MFFP a formulé des lignes directrices et des recommandations sur l'aménagement qui préconisent, par exemple, les moyens suivants :

- prendre en compte les forêts de conservation;
- assurer le maintien de vieux peuplements dans les forêts aménagées :
 - retarder la récolte finale dans certains peuplements équiennes,
 - dans la forêt boréale, favoriser le maintien de peuplements de fin de succession composés d'une bonne proportion d'essences longévives plus aptes à l'allongement de la révolution et moins vulnérables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette,
 - pratiquer la coupe partielle en cherchant à y conserver ou y restaurer des attributs des vieilles forêts.

1.2 Énoncé du risque appréhendé

Les régimes de perturbations naturelles et les coupes forestières ont façonné et continuent de façonner la structure d'âge des forêts. Les scénarios de changements climatiques envisagés, ainsi que les études scientifiques concernant les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes et leur

dynamique, pointent vers un maintien ou une augmentation de la fréquence des principaux types de perturbations, particulièrement dans la forêt boréale. Parce que les prévisions comportent une incertitude, il reste difficile d'évaluer précisément la fréquence des perturbations futures par rapport aux fréquences historiques (pour la période couverte par les états de référence, c'est-à-dire de 1800 à 2000). Toutefois, une augmentation de la fréquence des perturbations rendrait difficile, voire impossible, l'atteinte des cibles de structure d'âge (notamment celles concernant les vieilles forêts). Concrètement, il y a donc un risque que la « provision » de forêts matures que l'on cherche à conserver pour satisfaire les cibles de structure d'âge soit diminuée par l'effet d'une augmentation des perturbations qui viendra s'ajouter aux effets de la récolte forestière.

Également, dans un contexte de changements climatiques, on s'attend à ce que la distribution de certaines espèces animales et végétales se modifie, par exemple, en se déplaçant du sud vers le nord. La raréfaction des vieilles forêts en raison des coupes forestières a déjà mis une forte pression sur les espèces inféodées aux vieilles forêts. Les changements climatiques prévus risquent d'amplifier cette pression. En ce sens, il existe un risque que certaines de ces espèces disparaissent si une connectivité fonctionnelle¹ n'est pas assurée à l'échelle de la province.

1.3 Position du comité d'experts

Le comité d'experts reconnaît que les changements climatiques prévus ont le potentiel de modifier les régimes de perturbations naturelles et conséquemment de modifier la structure d'âge des forêts. Même en considérant ce risque, le comité d'experts est tout de même d'avis que les cibles actuelles de structure d'âge et de vieilles forêts doivent être maintenues, et ce, pour plusieurs raisons.

- Le maintien de la biodiversité est un engagement important pour le gouvernement du Québec en vertu de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier et des conventions internationales auxquelles il a adhéré. Une réduction des cibles conduirait à une raréfaction accélérée des vieux peuplements alors que ceux-ci jouent un rôle important pour certaines espèces sensibles à l'aménagement forestier. Cela est d'autant plus important si l'on considère qu'au cours des dernières décennies les coupes forestières se sont additionnées aux effets des perturbations naturelles ce qui a mené à une réduction de la proportion de vieilles forêts dans le paysage.
- Les actions qui découlent de l'orientation sur la structure d'âge et les vieilles forêts sont pour la plupart « sans regret », c'est-à-dire que peu importe les scénarios climatiques à venir, elles contribueront à maintenir ou restaurer des écosystèmes plus résilients. Le maintien d'une structure d'âge des forêts qui est diversifiée constitue un facteur de résilience des forêts face aux changements attendus. De plus, on s'assure ainsi de maintenir une connectivité fonctionnelle d'une variété d'habitats à l'échelle de grands territoires.
- Les cibles actuelles permettent une altération significative de la structure d'âge (cibles basses) avec une réduction de la proportion de vieilles forêts pouvant aller jusqu'à 30 % de la moyenne historique. Ces cibles minimales demeurent pertinentes même dans l'éventualité où la fréquence des perturbations naturelles augmenterait.
- Il faut être prudent lors de l'interprétation des prévisions de cycles de perturbations naturelles futurs. D'une part, ces prévisions tiennent peu compte des interactions potentielles entre l'effet des changements climatiques et les effets cumulatifs de l'historique d'aménagement sur les régimes de perturbations. D'autre part, la période des années 1800 à 2000 qui a servi à la préparation des états

1. Degré selon lequel le paysage permet le déplacement d'une espèce ou le déroulement d'un processus écologique dans la mesure où toutes les autres conditions sont observées (par opposition à connectivité structurelle qui est le degré selon lequel les composantes naturelles d'un paysage sont physiquement reliées entre elles).

de référence intègre déjà une variabilité temporelle importante dans les régimes de perturbations. Même si les fréquences anticipées de feu et d'épidémie d'insectes pourraient être plus élevées que les fréquences observées lors des dernières décennies, il demeure probable qu'elles s'inscriront à l'intérieur de la variabilité observée lors des 200 dernières années. Il existe donc une sorte de «marge de manœuvre» car la fréquence des feux projetée par les modèles de changements climatiques est comparable à une situation déjà connue par le passé. À court terme, les cibles de structure d'âge demeurent donc pertinentes même si la fréquence augmentait dans une certaine mesure. Les changements anticipés à moyen terme dans les régimes de perturbations ne seront donc vraisemblablement pas d'une ampleur telle qu'il faille remettre complètement en cause l'approche actuelle de détermination des cibles de structure d'âge.

- Advenant le cas où les perturbations naturelles devenaient plus fréquentes que celles des états de référence ou que d'autres types de perturbations venaient à remettre en question la pertinence de ces cibles, le comité d'experts reconnaît qu'il serait opportun de réévaluer cette position.
- Par ailleurs, il apparaît important pour le comité d'experts de signaler que le risque de perturbations futures n'est pas complètement pris en compte dans la planification forestière stratégique. Une mauvaise prise en compte de ce risque nous semble être un facteur pouvant compromettre l'atteinte des cibles de structure d'âge.

1.4 Recommandations du comité d'experts

RECOMMANDATION 1. Compte tenu du niveau actuel des connaissances, le comité d'experts recommande de ne pas modifier à court terme l'orientation 1 sur la structure d'âge des forêts, et ce, même dans le contexte des changements climatiques.

- RECOMMANDATION 1.1.** Le comité d'experts recommande aussi de poursuivre les recherches visant à documenter les risques de perturbations naturelles dans le futur, particulièrement par rapport aux fréquences observées durant la période 1800-2000 (qui est couramment utilisée comme référence).
- RECOMMANDATION 1.2.** Le comité d'experts recommande de poursuivre les efforts pour inclure les risques de perturbations naturelles dans la planification forestière stratégique.
- RECOMMANDATION 1.3.** Le comité d'experts recommande de revoir périodiquement la pertinence de l'orientation 1, en fonction de l'avancement des connaissances.

1.5 Articles pertinents

Amiro, B. D., et autres, 2009. "Future emissions from Canadian boreal forest fires", *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 39, p. 383-395.

Bergeron, Y., et autres, 2006. "Past, current, and future fire frequencies in Quebec's commercial forests: implications for the cumulative effects of harvesting and fire on age-class structure and natural disturbance-based management", *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 2744, p. 2737-2744.

Bergeron, Y., et autres, 2010. "Will climate change drive 21st century burn rates in Canadian boreal forest outside of its natural variability: Collating global climate model experiments with sedimentary charcoal data", *International Journal of Wildland Fire*, vol. 19, p. 1127-1139.

Boulanger, Y., et autres, 2013. "Fire regime zonation under current and future climate over eastern Canada", *Ecological Applications*, vol. 23, p. 904-23.

- Flannigan, M. D., et autres, 2005. "Forest fires and climate change in the 21st century", *Mitigation and adaptation strategies for global Change*, vol. 11, p. 847–859.
- Gauthier, S., et autres, 2014. "Climate change vulnerability and adaptation in the managed Canadian boreal forest", *Environmental Reviews*, vol. 22, n° 3, p. 256-285.
- Gauthier, S., et autres, 2015. "Boreal forest health and global change", *Science*, vol. 349, p. 819–822.
- Gauthier, S., et autres, 2015. "Vulnerability of timber supply to projected changes in fire regime in Canada's managed forests", *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 45, n° 11, p. 1-33.
- Gauthier, S., et autres, 2015. "Strategic analysis of forest vulnerability to risk related to fire: An example from the coniferous boreal forest of Quebec", *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 45, p. 553–565.
- Gillett, N., et autres, 2004. "Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires", *Geophysical Research Letters*, vol. 31, n° 18, p. 1-4.
- Girardin, M. P., et M. Mudelsee, 2008. "Past and future changes in Canadian boreal wildfire activity", *Ecological Applications*, vol. 18, n° 2 p. 391-406.
- Terrier, A., et autres, 2015. "Disturbance legacies and paludification mediate the ecological impact of an intensifying wildfire regime in the Clay Belt boreal forest of eastern North America", *Journal of Vegetation Science*, vol. 26, p. 588–602.

2. Composition végétale

ORIENTATION 2. Maintenir ou restaurer la composition de la forêt naturelle, dans des proportions qui sont proches des conditions préindustrielles. Plusieurs orientations spécifiques en découlent : maintenir ou restaurer des essences actuellement en diminution ou en raréfaction; contrer l'envahissement d'espèces de l'étage dominant.

2.1 Explication de l'orientation d'aménagement

Cette orientation est basée sur la prémisse que la composition de la forêt naturelle permet le maintien des processus naturels, la résilience face aux perturbations (au moins celles connues jusqu'ici) et la biodiversité. Elle favorise aussi le maintien ou la restauration d'essences ayant eu des valeurs économiques ou culturelles importantes jusqu'ici. La composition forestière actuelle des forêts du Québec a été influencée de manière considérable par les récoltes forestières passées. En conséquence, l'importance relative de certaines essences a considérablement diminué, pour d'autres, elle est restée constante ou elle a augmenté. Les essences dont l'abondance a décliné étaient souvent prisées par l'industrie forestière ou, encore, leur régénération était défavorisée par les méthodes de coupe utilisées. Il s'agit souvent d'essences longévives présentes en fin de succession, comme l'épinette rouge, la pruche, le thuya ou le pin blanc. À l'opposé, certaines essences, qui ont des modes de régénération mieux adaptés aux méthodes de coupes, ont profité du raccourcissement des cycles de perturbation. Finalement, l'introduction volontaire ou involontaire d'essences exotiques est un problème potentiel dans certaines régions, quoiqu'elle ait encore à ce jour une ampleur très limitée sur le territoire Québécois.

Face à ces constats généraux, le MFFP propose aux aménagistes d'effectuer l'analyse systématique des écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle en ce qui concerne les types de couverts (résineux, mixte, feuillu) ou les essences afin de déterminer les enjeux de composition forestière. Les principaux enjeux de composition généralement constatés sont présentés dans le document *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 4.1 – Enjeux liés à la composition végétale* (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2016b). Puisque ces enjeux varient selon les écosystèmes et les régions, les aménagistes du MFFP doivent poser un diagnostic local en se basant sur l'autécologie des essences, l'historique d'aménagement et la connaissance de la composition forestière en forêt naturelle.

Cette analyse permet de fixer des objectifs et des cibles à atteindre dans les plans d'aménagement forestier intégré tactique (PAFIT). Les cibles visant une réduction des écarts par rapport à la forêt naturelle sont également ajustées en fonction de la capacité opérationnelle à déployer différentes stratégies de maintien à court terme, ou de restauration à plus long terme. Ces stratégies consistent principalement à :

- tirer profit des forêts de conservation;
- allonger les révolutions d'une proportion des peuplements forestiers (maintien d'essences longévives dans les vieux peuplements);
- déployer des actions sylvicoles à l'échelle du peuplement en réponse aux besoins de l'essence ciblée (reboisement, coupe partielle ou coupe à rétention variable).

2.2 Énoncé du risque appréhendé

Les scénarios climatiques envisagés suggèrent que le réchauffement prévu pourrait entraîner des changements de composition de la forêt importants. Ces changements se feraient surtout initialement par des changements dans l'abondance relative des différentes essences déjà présentes sur le territoire et, à plus long terme, par l'expansion des aires de distribution de certaines essences vers le nord, la contraction des aires de distribution vers le sud. À très long terme, ces changements conduiront possiblement à la création de nouveaux assemblages d'essences. Les interactions possibles entre les régimes de perturbations naturelles et anthropiques compliquent la tâche de prédiction des changements à venir et de leur rapidité.

Dans ces circonstances, l'orientation générale d'aménagement concernant la composition végétale pourrait être à risque, c'est-à-dire que des efforts consentis pour maintenir ou restaurer certaines essences ou groupes d'essences pourraient s'avérer vains. Il se pourrait donc qu'on ne puisse répondre aux enjeux de biodiversité et aux enjeux socioéconomiques au moyen des cibles de composition.

2.3 Position du comité d'experts

Les membres du comité d'experts reconnaissent le risque énoncé précédemment, mais ne peuvent juger des conséquences sur cette orientation de manière globale en raison de la spécificité et des variations régionales possibles de la réponse des essences forestières aux changements anticipés. Dans ce contexte, le comité d'experts recommande que le MFFP élabore une démarche d'ajustement des objectifs et des cibles de composition de façon à pouvoir procéder de manière rigoureuse et prudente à des modifications d'orientations d'aménagement lorsque nécessaire. Cette démarche devrait tenir compte des trois considérations suivantes.

1) **Se servir des outils de suivi (et au besoin en élaborer d'autres) pour rehausser la vigilance en vue d'une détection précoce des stress et des changements de composition possibles**

Dans la démarche d'ajustement, le premier geste à poser consiste à renforcer notre capacité à détecter les stress et les changements de composition possiblement en cours. En augmentant notre vigilance, il sera possible d'améliorer le temps de réaction face à des changements en cours et de baser une partie des efforts d'adaptation sur des réalités observées et concrètement analysées. L'information tirée des systèmes de surveillance des forêts actuellement en place et les observations en forêt faites à même les travaux usuels d'aménagement forestier sont les principales sources d'information à valoriser. Dans le contexte des changements climatiques, il est important d'organiser plus systématiquement la surveillance en formulant des hypothèses qui permettront de mieux tirer profit des systèmes de suivi en place et des bases de données existantes. Il sera important de mieux structurer la saisie de l'ensemble des données déjà recueillies afin de faciliter l'analyse subséquente des données disponibles.

2) **Tenter d'anticiper les risques et prioriser les efforts d'adaptation**

Le travail de suivi et de détection est important, mais nous ne pouvons rester en attente des changements à venir. Même si cela est difficile, il est également important de tenter d'anticiper l'avenir. Comme l'horizon de planification en foresterie est long et que notre capacité d'intervention est réduite, trop attendre peut conduire à rater des occasions d'adaptation. À partir de prévisions climatiques (Ouranos), de plus en plus de modèles de simulation de la dynamique forestière tentent de prédire les conséquences des changements sur les écosystèmes forestiers et leur dynamique. Ces modèles nous fournissent des renseignements sur la répartition potentielle des espèces selon les futures conditions

climatiques, les régimes probables de perturbation, les trajectoires écologiques potentielles, les risques de sécheresse, la croissance des arbres, etc. L'anticipation des risques peut aussi reposer sur les connaissances fondamentales à propos du fonctionnement des écosystèmes ainsi que sur les connaissances empiriques sur la susceptibilité des essences à différents stress. Toute cette information est utile à l'anticipation d'enjeux auxquels doit répondre une stratégie d'adaptation. Toutefois, les réactions des espèces et des écosystèmes aux changements sont complexes et de nombreux processus interagissent. Il faut donc garder en tête que l'approche par anticipation ne fournit qu'une partie de l'information à propos de processus complexes dont la résultante reste très incertaine. Gérer cette incertitude consiste premièrement à bien circonscrire la portée des prédictions et surtout à bien définir leur usage au sein d'une stratégie d'adaptation.

Les modèles de prédiction servent principalement de base pour énoncer des hypothèses quant aux risques qui pourraient peser sur nos choix d'aménagement. Cette information devrait tout d'abord servir à orienter les efforts de suivi et de détection évoqués à la section précédente. De plus, les hypothèses soulevées devraient faire l'objet d'analyses plus détaillées en vue de comprendre les processus en cours afin de valider ou d'invalider l'appréhension. Lorsque cela est possible, elles devraient aussi être confrontées à des connaissances empiriques. Par exemple, pour une espèce donnée, on observe souvent la présence de peuplements qui sont situés loin au nord ou au sud de leur aire de distribution principale. L'étude de ces peuplements et des conditions environnementales qui ont favorisé leur établissement et leur maintien peut nous aider à anticiper la réponse de cette espèce face aux changements climatiques.

Finalement, les hypothèses soulevées devraient aussi servir de base à la conduite d'essais sylvicoles qui permettraient le développement et la validation de solutions d'adaptation en réponse aux risques appréhendés. Par exemple, en se basant sur des prédictions, des essais pourraient être réalisés pour tester la performance d'essences au nord de leur aire actuelle de distribution

Plusieurs sources d'information peuvent être utilisées pour anticiper une multitude de risques appréhendés. Face à cette tâche complexe, il importe d'établir une priorisation des enjeux en tenant compte notamment des risques financiers encourus. Les actions d'aménagement qui nécessitent des investissements importants ou qui ont un effet sur des services socioécologiques majeurs devraient faire l'objet d'analyse de risque en priorité.

3) Faire face à l'incertitude en maintenant et en cultivant la capacité d'adaptation des forêts

Les changements en cours sont et vont demeurer très difficiles à prévoir. L'ajustement des choix de composition ne peut donc pas reposer uniquement sur l'anticipation des changements. Il est encore plus important de chercher à maintenir et cultiver la capacité d'adaptation des forêts.

Pour ce faire, il est primordial de chercher d'abord et avant tout à maintenir la diversité naturelle que l'on trouve à l'échelle du peuplement et du paysage de manière à garder ouvertes les options d'adaptation. Au besoin, et dans la mesure de nos moyens, on cherchera aussi à cultiver la capacité des écosystèmes à s'adapter aux nouvelles conditions. En maintenant ou en augmentant la diversité des essences et la complexité des peuplements, il est possible d'augmenter la résilience des forêts face aux différents stress liés aux changements climatiques. Il ne s'agit pas de viser la diversité pour la diversité, hectare par hectare¹, mais bien le renforcement d'une diversité fonctionnelle, c'est-à-dire un assemblage d'essences aptes à perpétuer les processus écologiques clés et susceptibles de réagir

1. La même complexité, cultivée peuplement par peuplement, conduirait à une homogénéisation des paysages, ce qui affaiblirait la diversité fonctionnelle des écosystèmes.

différemment à une variété de perturbations ou de conditions climatiques. Le choix des essences à favoriser devrait se faire à partir d'un pool d'essences déjà présentes dans le domaine bioclimatique, en tenant compte de leurs caractéristiques écologiques (souvent mesurées par les traits fonctionnels) connues pour augmenter la résilience face aux stress appréhendés (feu, sécheresse, écarts climatiques, etc.).

Concrètement, une attention devrait être portée au maintien de la complexité dans tous les types d'interventions forestières. Ainsi, la rétention pratiquée dans les coupes totales et les choix d'essences à maintenir dans les traitements d'éducation ou les coupes partielles sont des occasions d'agir à grande échelle et à relativement peu de frais. Dans le cas des plantations, on devrait progressivement chercher à favoriser les plantations mixtes ou une mixité des plantations dans le paysage. Finalement, des essais sylvicoles devraient être menés dans différentes régions du Québec afin de tester des mélanges d'essences qui pourraient être mieux adaptés aux perturbations et aux conditions climatiques futures à moyen et à long-terme.

2.4 Recommandations du comité d'experts

RECOMMANDATION 2. Le comité d'experts recommande de maintenir l'orientation 2 concernant la composition végétale, mais aussi de mettre en place une démarche pour évaluer la pertinence des orientations spécifiques actuellement en vigueur. Cette démarche d'ajustement des objectifs et des cibles de composition devrait permettre d'évaluer la vulnérabilité des essences forestières face aux changements climatiques et de comprendre les causes probables. Elle devrait traiter prioritairement des orientations les plus à risque et de celles qui mobilisent des investissements importants ou qui ont un effet sur des services socioécologiques majeurs.

- RECOMMANDATION 2.1.** Le comité d'experts recommande de consentir des efforts pour rehausser notre capacité à détecter les changements de composition à partir des activités usuelles en forêt et en bonifiant les systèmes de surveillance et d'inventaire déjà en place.
- RECOMMANDATION 2.2.** Le comité d'experts recommande de maintenir les efforts pour éviter la simplification des écosystèmes afin de faire face à l'incertitude dans l'avenir. On devrait chercher à restaurer ou à maintenir la diversité fonctionnelle des forêts aménagées. Dans certains cas, selon les vulnérabilités détectées, on pourrait envisager de l'augmenter de façon ciblée.
- RECOMMANDATION 2.3.** Le comité d'experts recommande de mettre en place des essais sylvicoles afin de tester le comportement d'essences plantées au nord de leur limite actuelle de distribution. Des essais pourraient aussi être conduits dans les différentes régions du Québec afin de tester de nouveaux mélanges d'espèces qui pourraient être mieux adaptés aux perturbations et aux conditions climatiques futures à moyen et à long-terme.

2.5 Articles pertinents

- Aubin, I., et autres, 2016. "Traits to stay, traits to move: A review of functional traits to assess sensitivity and adaptive capacity of temperate and boreal trees to climate change", *Dossiers environnement*, vol. 24, n° 2, p. 164-186.
- Berteaux, D., N. Casajus et S. De Blois, 2014. *Changements climatiques et biodiversité du Québec - Vers un nouveau patrimoine naturel*, Montréal, Québec, Les Presses de l'Université du Québec, 214 p.
- Bertrand, R., et autres, 2011. "Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests", *Nature*, vol. 479, p. 517-520.

- Conseil canadien des ministres des forêts, 2009. *Vulnérabilité des arbres du Canada aux changements climatiques et propositions de mesures visant leur adaptation : un aperçu destiné aux décideurs et aux intervenants du monde forestier*, Ottawa, Canada, 47 p.
- Corlett, R. T., et D. A. Westcott, 2013. "Will plant movements keep up with climate change ?", *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 28, n° 8, p. 482-488.
- Fox, D., 2007. "Back to the no-analog future ?", *Science*, vol. 316, p. 824-825.
- García-Valdés, R., et autres, 2013. "Chasing a moving target: Projecting climate change-induced shifts in non-equilibrium tree species distributions", *Journal of Ecology*, vol. 101, n° 2, p. 441-453.
- Hamann, A., et T. Wang, 2006. "Potential effects of climate change on ecosystem and tree species distribution in British Columbia", *Ecology*, vol. 87, p. 2773-2786.
- Hannah, L., et autres, 2007. "Protected area needs in a changing climate", *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 5, p. 131-138.
- Hobbs, R., et autres, 2006. "Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order", *Global Ecology and Biogeography*, vol. 15, n° 1, p. 1-7.
- Jackson, S., et R. Booth, 2002. "The role of Late Holocene climate variability in the expansion of yellow birch in the western Great Lakes region", *Diversity and Distributions*, vol. 8, p. 275-284.
- Messier, C., et autres, 2016. "Dealing with non-linearity and uncertainty in forest management", *Current Forestry Reports*, vol. 2, n° 2, p.150-161.
- Messier, C., et autres, 2015. "From management to stewardship: Viewing forests as complex adaptive systems in an uncertain world", *Conservation Letters*, vol. 8, n° 5 p. 368-377.
- Monzón, J., L. Moyer-Horner et M. Palamar, 2011. "Climate change and species range dynamics in protected areas", *Bioscience*, vol. 61, p. 752-761.
- Périé, C., et autres, 2014. *Effets anticipés des changements climatiques sur l'habitat des espèces arborescentes au Québec*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, 46 p. (Mémoire de recherche forestière; 173).
- Puetmann, K., D. Coates et C. Messier, 2009. *A critique of silviculture: managing for complexity*, Washington, Island Press, 200 p.
- Ruhl, J. B., 2008. "Climate change and the endangered species act building bridges to the no-analog future", *Boston University Law Review*, vol. 88, n° 1, p. 1-62.
- Rutherford, M., L. Powrie et R. Schulze, 1999. "Climate change in conservation areas of South Africa and its potential impact on floristic composition: A first assessment", *Diversity*, vol. 5, p. 253-262.
- Scheller, R. M., et D. J. Mladenoff, 2005. "A spatially interactive simulation of climate change, harvesting, wind, and tree species migration and projected changes to forest composition and biomass in northern Wisconsin, USA", *Global Change Biology*, vol. 11, n° 2, p. 307-321.
- Seastedt, T., R. Hobbs et K. Suding, 2008. "Management of novel ecosystems: Are novel approaches required?", *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, p. 547-553.
- Seastedt, T. R., et autres, 2008. "Management of novel ecosystems: Are novel approaches required?", *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, p. 547-553.
- Sproull, G. J., et autres, 2015. "Long-term changes in composition, diversity and distribution patterns in four herbaceous plant communities along an elevational gradient", *Journal of Vegetation Science*, vol. 26, n° 3, p. 552-563.
- Vanderwel, M. C., et D. W. Purves, 2014. "How do disturbances and environmental heterogeneity affect the pace of forest distribution shifts under climate change?", *Ecography*, vol. 37, n° 1, p. 10-20.

- Terrier, A., et autres, 2013. "Potential changes in forest composition could reduce impacts of climate change on boreal wildfires", *Ecological Application*, vol. 23, n° 1, p. 21–35.
- Williams, J. W., et S. T. Jackson, 2007. "Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises", *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 5, n° 9, p. 475–482.
- Willis, K., et H. Birks, 2006. "What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity conservation", *Science*, vol. 314, p. 1261–1265.
- Xu, C., G., Gertner et R. Scheller, 2012. "Importance of colonization and competition in forest landscape response to global climatic change", *Climatic Change*, vol. 110, p. 53–83.

3. Régénération naturelle

ORIENTATION 3. En général, miser sur la régénération naturelle préétablie pour régénérer les peuplements après la coupe.

3.1 Explication de l'orientation d'aménagement

Depuis l'adoption de la Stratégie de protection des forêts en 1994, le MFFP compte principalement sur la régénération naturelle préétablie pour assurer la régénération des forêts récoltées. Cette orientation, réitérée lors de la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique, repose sur l'abondance naturelle de la régénération naturelle préétablie, particulièrement dans la forêt boréale. Elle permet d'assurer la régénération des peuplements à un meilleur coût que la régénération artificielle et favorise la reproduction d'attributs naturels dans les peuplements aménagés. En pratique, selon le MFFP, cette approche permet généralement d'assurer une régénération adéquate sur environ 80 % des parterres de coupe. Dans les cas où la régénération est déficiente, on a recours à la plantation ou au regarni.

3.2 Énoncé du risque appréhendé

Les projections climatiques suggèrent une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses et des feux dans les forêts du Québec en général, et dans la forêt boréale en particulier. Dans ce contexte, il est possible que la fréquence et l'ampleur des échecs de la régénération naturelle augmentent. Le recours plus important à la plantation, bien qu'intéressant du point de vue de l'adaptation aux changements climatiques, augmenterait fortement les coûts de remise en production.

3.3 Position du comité d'experts

Le comité d'experts reconnaît que les changements climatiques prévus ont le potentiel d'affecter la régénération naturelle. Malgré ce risque, le comité d'experts est d'avis que l'orientation 3 doit être maintenue, mais en considérant quelques aspects importants.

- Pour être en mesure de bien anticiper le risque encouru, il faut bien évaluer la vulnérabilité de la régénération naturelle aux effets appréhendés des changements climatiques, de même qu'améliorer les connaissances à propos des processus écologiques qui sont à la base de la régénération naturelle. À titre d'exemple, il serait fort pertinent de connaître les scénarios de sécheresse anticipée dans les différentes régions du Québec afin d'évaluer leurs effets sur la survie et la germination des graines des essences que l'on compte régénérer naturellement.
- À partir de cette connaissance scientifique, il faudra par la suite examiner le processus décisionnel en matière de régénération appliqué lors de la planification forestière. Ce processus décisionnel consiste en toutes les étapes qui conduisent à la remise en production de l'ensemble des superficies ayant fait l'objet d'une récolte, à partir de la prise de données avant la coupe, en passant par la prescription sylvicole, jusqu'au suivi après la coupe. Ce processus devra possiblement être ajusté à la lumière d'un examen des vulnérabilités. Pour le comité d'experts, la pertinence du choix de la régénération naturelle n'est pas remise en question tant pour des raisons écologiques qu'économiques, mais son cadre d'application pourrait devoir être revu pour tenir compte des vulnérabilités qui auraient été déterminées.

- Par ailleurs, il est reconnu que la phase de régénération est un moment clé dans le processus de résilience des écosystèmes. L'effet des changements climatiques sur la régénération naturelle peut annoncer des changements de composition dont il faudra parfois prendre acte. En ce sens, lorsque des efforts de reboisement et d'éducation des peuplements sont consentis, il pourrait être pertinent de moduler ces derniers en fonction des nouvelles conditions et des risques appréhendés. Déjà, l'ajustement dans le choix des provenances¹ fait par le MFFP sur certains sites est un pas dans cette direction.
- Les efforts de plantation (y compris le regarni) pourraient être une occasion d'enrichir les peuplements de manière à renforcer leur résilience et à favoriser une plus grande capacité d'adaptation de ces derniers. Les choix doivent être guidés par le souci de maintenir des rendements forestiers intéressants en essences désirées et en même temps par celui de maintenir et de renforcer la biodiversité, ainsi que la résilience et la capacité adaptative des écosystèmes. Ultimement, les décisions prises ici devraient découler du processus d'ajustement des objectifs et des cibles de composition discuté à la section précédente.

3.4 Recommandations du comité d'experts

RECOMMANDATION 3. Le comité d'experts recommande de maintenir l'orientation 3 qui consiste à miser sur la régénération naturelle préétablie pour régénérer les peuplements après la coupe.

- RECOMMANDATION 3.1.** Le comité d'experts recommande toutefois de procéder à un examen de la vulnérabilité de la régénération naturelle aux effets appréhendés des changements climatiques en distinguant les différentes essences désirées et les variations régionales projetées.
- RECOMMANDATION 3.2.** Le comité d'experts recommande d'examiner et d'ajuster au besoin le processus décisionnel en matière de régénération des forêts, en fonction des résultats observés.
- RECOMMANDATION 3.3.** Le comité d'experts recommande de réfléchir aux rôles et aux objectifs de la plantation (incluant le regarni) et de l'éclaircie précommerciale dans un contexte d'adaptation face aux changements climatiques.

3.5 Articles pertinents

- Barna, M., et M. Bosela, 2015. "Tree species diversity change in natural regeneration of a beech forest under different management", *Forest Ecology and Management*, vol. 342, p. 93–102.
- Brown, P. M., et R. Wu, 2005. "Climate and disturbance forcing of episodic tree recruitment in a southwestern ponderosa pine landscape", *Ecology*, vol. 86, p. 3030–3038.
- Buma, B., et C. A. Wessman, 2013. "Forest resilience, climate change, and opportunities for adaptation: A specific case of a general problem", *Forest Ecology and Management*. 306, 216–225.
- Carón, M. M., et autres, 2015. "Divergent regeneration responses of two closely related tree species to direct abiotic and indirect biotic effects of climate change", *Forest Ecology and Management*, vol. 342, p. 21–29.

1. Par exemple, choisir des individus mieux adaptés et provenant de localités dont le climat actuel pourrait ressembler au climat prévu par les modèles climatiques pour le reboisement de certaines espèces dans certains sites.

- Carón, M. M., et autres, 2015. "Impacts of warming and changes in precipitation frequency on the regeneration of two acer species", *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, vol. 214, p. 24-33.
- Danby, R. K., et D. S. Hik, 2007. "Responses of white spruce (*Picea glauca*) to experimental warming at a subarctic alpine treeline", *Global Change Biology*, vol. 13, p. 437-451.
- Fischelli, N., et autres, 2014. "First-year seedlings and climate change: Species-specific responses of 15 North American tree species", *Oikos*, vol. 23, p. 1331-1340.
- Koralewski, T. E., et autres, 2015. "Plants on the move: Assisted migration of forest trees in the face of climate change", *Forest Ecology and Management*, vol. 344, p. 30-37.
- Petrie, M. D., et autres, 2016. "A review of precipitation and temperature control on seedling emergence and establishment for ponderosa and lodgepole pine forest regeneration", *Forest Ecology and Management*, vol. 361, p. 328-338.
- Tingstad, L., et autres, 2015. "Temperature, precipitation and biotic interactions as determinants of tree seedling recruitment across the tree line ecotone", *Oecologia*, vol. 179, p. 599-608.
- Torsson, P., et autres, 2015. "Do we need to adapt the choice of main boreal tree species in forest regeneration under the projected climate change ?", *Forestry*, vol. 88, p. 564-572.
- Yang, J., et autres, 2015. "The development of universal response functions to facilitate climate-smart regeneration of black spruce and white pine in Ontario, Canada", *Forest Ecology and Management*, vol. 339, p. 34-43.

4. Accidents de régénération en milieu boréal et risque de recul de la pessière noire à couvert fermé

ORIENTATIONS 4. Nous avons regroupé deux orientations qui concernent les efforts consacrés à contrer les effets des accidents de régénération : 1) reboiser les brûlis récents avec déficit de régénération; et 2) remettre en production les landes à lichens issues d'événements passés.

4.1 Explication de l'orientation d'aménagement

En général, la forêt boréale est assez résiliente au feu. Toutefois, lorsque l'intervalle entre deux feux, ou entre une coupe et un feu, est plus court que le temps de maturation sexuelle des essences en régénération, l'absence de semences pourra provoquer un déficit de régénération et la création d'un peuplement ouvert. La gravité du feu ou les essences présentes peuvent aussi affecter le succès de régénération des territoires brûlés. Le MFFP tente, lorsque possible, de reboiser ces superficies dans le cadre de la récupération du bois brûlé. Cependant, les brûlis ne sont pas tous propices à la récupération, et les accidents de régénération transforment ainsi peu à peu la pessière noire à couvert fermé en pessière ouverte.

Depuis le milieu du siècle dernier, ces milieux ouverts à lichen prennent de l'expansion particulièrement au Saguenay-Lac-St-Jean. Ce phénomène est lourd de conséquences sur le plan environnemental puisque l'écosystème de la pessière noire à couvert fermé connaît un recul significatif. Sur le plan économique, ce recul entraîne une réduction de la base territoriale productive et donc une baisse du rendement forestier du territoire. C'est pourquoi le MFFP consacre un effort important au reboisement de ces sites dans cette région afin de contrer le recul de la pessière noire à couvert fermé et d'augmenter le rendement de la forêt aménagée.

4.2 Énoncé du risque appréhendé

La superposition de l'effet des coupes forestières à celui des feux de forêt augmente la probabilité que le phénomène des accidents de régénération se produise. Il est donc raisonnable de présumer que ce problème pourrait être en augmentation au fur et à mesure que les coupes forestières progressent dans les paysages forestiers boréaux et que les projections d'accroissements de risque de feux se réalisent. En même temps, les efforts de reboisement consacrés à contrer ce phénomène pourraient être plus souvent vains en considérant que les superficies reboisées pourraient brûler avant de pouvoir être récoltées. Les aménagistes pourraient se trouver devant un dilemme : accepter un recul de la forêt à couvert fermé et une réduction des possibilités forestières ou consentir des investissements sylvicoles de plus en plus risqués.

4.3 Position du comité d'experts

Les conséquences économiques et écologiques des accidents de régénération doivent être mieux quantifiées en fonction de l'évolution de ce phénomène dans le contexte des changements climatiques. Il nous apparaît donc important de pouvoir disposer de données précises sur l'ampleur du phénomène et de résultats d'analyse sur sa possibilité d'expansion. Ces informations permettraient de mesurer les conséquences de ces accidents sur le recul de la pessière noire à couvert fermé et sur le rendement des

forêts. Ces informations pourraient aussi servir à la planification des efforts de récupération avec un souci de régénérer les brûlis récents et de fournir de meilleurs intrants au calcul des possibilités forestières. Par ailleurs, il serait prudent d'évaluer le risque actuel face aux feux à venir dans les paysages aménagés de la forêt boréale en tenant compte de la fréquence prévisible des feux, de la productivité des sites et de la structure d'âge des forêts. Cette évaluation pourrait conduire à un ajustement des stratégies d'aménagement.

Le comité d'experts est aussi d'avis que le MFFP devrait se doter d'une procédure d'évaluation du risque au moment de la planification des travaux de reboisement afin de choisir avec parcimonie les meilleurs endroits où reboiser (ceux les moins à risque) et les essences à utiliser. Cette procédure devrait aussi prendre en compte la productivité du site, car l'âge à maturité économique des arbres détermine leur temps d'exposition au risque de feu. En fait, le comité d'experts est d'avis que l'ensemble des investissements sylvicoles devrait faire l'objet d'une évaluation du risque. Il n'y a pas lieu de limiter cette précaution aux seuls cas des accidents de régénération.

4.4 Recommandations du comité d'experts

RECOMMANDATION 4. Le comité d'experts recommande de quantifier l'ampleur actuelle du phénomène de recul de la pessière noire à couvert fermé et d'établir une surveillance plus formelle du phénomène des accidents de régénération. Cette information devrait être intégrée à la planification forestière.

- RECOMMANDATION 4.1.** Le comité d'experts recommande de procéder à une évaluation du risque actuel d'accidents de régénération dans les feux qui surviendront dans les portions aménagées de la forêt boréale.
- RECOMMANDATION 4.1.** Le comité d'experts recommande d'évaluer les impacts potentiels des modifications des régimes de feux sur l'occurrence des accidents de régénération.
- RECOMMANDATION 4.1.** Le comité d'experts recommande d'établir une procédure pour évaluer le risque de perdre les investissements sylvicoles associés aux travaux de reboisement et de considérer les risques lors de ces investissements dans la forêt boréale.

4.5 Articles pertinents

- Côté, D., et autres, 2013. "Is the closed-crown boreal forest resilient after successive stand disturbances? A quantitative demonstration from a case study", *Journal of Vegetation Science*, vol. 24, n° 4, p. 664-674.
- Delisle, I., 2012. *Croissance et rendement de la régénération naturelle d'épinettes noires (Picea mariana (Mill) B.S.P.) après traitements sylvicoles dans les terrains dénudés boréaux*, Mémoire de recherche.
- Gagnon, R., et H. Morin, 2001. « Les forêts d'épinette noire du Québec : dynamique, perturbations et biodiversité », *Le Naturaliste canadien*, vol. 125, p. 26-35.
- Gauthier, S., et autres, 2015. "Vulnerability of timber supply to projected changes in fire regime in Canada's managed forests", *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 45, n° 11, p. 1-33.
- Girard, F., S. Payette et R. Gagnon, 2011. "Dendroecological analysis of black spruce in lichen-spruce woodlands of the closed-crown forest zone in Eastern Canada", *Ecoscience*, vol. 18, p. 279-294.
- Girard, F., S. Payette et R. Gagnon, 2009. "Origin of the lichen-spruce woodland in the closed-crown forest zone of eastern Canada", *Global Ecology and Biogeography*, vol. 18, p. 291-303.

- Girard, F., S. Payette et R. Gagnon, 2008. "Rapid expansion of lichen 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, p. 529-537.
- Jasinski, J. P. P., et S. Payette, 2005. "The creation of alternative stable states in the southern boreal forest, Quebec, Canada", *Ecological Monographs*, vol. 75, p. 561-583.
- Madoui, A., 2014. *Configuration spatiale des habitats résiduels et dynamique de la régénération suite aux feux et à la coupe dans la pessière à mousses de l'ouest du Québec*, Thèse Dr., Université de Montréal.
- Ministère des Ressources naturelles, 2013. *Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables*, Québec, Canada, gouvernement du Québec, 148 p.
- Payette, S., et autres, 2000. "Origin of the lichen woodland at its southern range limit in eastern Canada: The catastrophic impact of insect defoliators and fire on the spruce-moss forest", *Revue canadienne de recherche forestière*. vol. 30, p. 288-305.
- Payette, S., et A. Delwaide, 2003. "Shift of conifer boreal forest to lichen-heath parkland caused by successive stand disturbances", *Ecosystems*, vol. 6, p. 540-550.
- Raulier, F., et autres, 2013. "Introducing two indicators for fire risk consideration in the management of boreal forests", *Ecological Indicators*, vol. 24, p. 451-461.
- Simard, M., et S. Payette, 2001. "Black spruce decline triggered by spruce budworm at the southern limit of lichen woodland in eastern Canada", *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 31, p. 2160-2172.
- Splawinski, T. B., et autres, 2016. "A landscape-level tool for assessing natural regeneration density of *Picea mariana* and *Pinus banksiana* following fire and salvage logging", *Forest Ecology and Management*, vol. 373, p. 189-202.

5. Recommandations générales

Analyses régionales et locales de vulnérabilité

Dans le contexte du présent rapport, notre comité d'experts a examiné la pertinence des efforts d'aménagement actuellement consentis lors de la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique. Cette analyse se veut de portée globale afin de fournir des indications générales à propos de la pertinence des efforts consentis et en vue de déterminer les plus grands risques que posent la modification du climat sur les aspects de la gestion forestière qui sont directement gouvernés par les principes de l'aménagement écosystémique.

Les réflexions menées lors de ce mandat amènent le comité d'experts à penser que ce travail ne constitue qu'une première étape pouvant fournir un cadre général à des analyses du même type, mais qui couvrent un champ plus large de préoccupations et, surtout, qui sont plus ancrées dans les réalités régionales et locales. Les changements climatiques posent un nouveau défi aux aménagistes forestiers. Ceux-ci doivent être en mesure de bien comprendre tous les enjeux qui touchent la gestion forestière pour ajuster leurs actions en conséquence. À l'instar de ce que notre comité d'experts a proposé pour la question de la composition végétale, des analyses de vulnérabilité devraient être systématiquement menées afin de déterminer si les services socioécologiques que nous livre la forêt pourront être maintenus. Ces analyses devraient reposer sur des évaluations régionales des effets appréhendés des changements climatiques et conduire à poser des diagnostics à propos des principales vulnérabilités pour la gestion forestière. Cette démarche s'inscrirait en complément de la démarche actuelle d'analyse des enjeux écologiques faite en vertu des dispositions légales relatives à l'aménagement écosystémique.

RECOMMANDATION 5. Le comité d'experts recommande de procéder, lors du processus de planification forestière, à des analyses de vulnérabilité aux changements climatiques en vue de déterminer les enjeux qui concernent l'ensemble des aspects de l'aménagement durable des forêts. Ces analyses devraient reposer sur une compréhension régionale des effets appréhendés des changements climatiques et de leurs interactions avec l'aménagement forestier, et devraient conduire à des actions visant l'adaptation des stratégies d'aménagement aux nouvelles réalités.

Systèmes de surveillance et de suivi

En rapport avec la recommandation précédente, le renforcement des systèmes de suivi et de surveillance devrait apporter un éclairage à propos des préoccupations soulevées par les analyses de vulnérabilité. De manière générale, le comité d'experts pense qu'il serait possible de mieux tirer profit des efforts de collecte d'informations actuellement consentis en organisant plus systématiquement le traitement de l'information disponible. Cette information provient des systèmes de surveillance en place : placettes-échantillons permanentes, réseau de surveillance des écosystèmes forestiers (RESEF), suivi de l'état de santé des forêts (insectes et maladies, etc.). Elle provient aussi des activités usuelles de la gestion forestière comme l'inventaire forestier (placettes-échantillons temporaires) et le suivi de la régénération.

RECOMMANDATION 6. Le comité d'experts recommande de renforcer les systèmes de surveillance et de suivi des forêts pour mieux détecter les effets des changements climatiques en tirant mieux profit des efforts actuellement consentis à la collecte d'informations. Au besoin, de nouvelles données pourraient être recueillies.

Conclusion

Depuis quelques années, la vaste majorité des recherches en climatologie montrent que le climat de la Terre se réchauffe très rapidement et que cela aura sans aucun doute des répercussions sur les écosystèmes terrestres. Ces changements climatiques sont un élément majeur d'un ensemble de changements globaux qui marquent le début d'une ère où l'évolution des écosystèmes est fortement conditionnée par l'activité humaine (anthropocène). L'ampleur et la vitesse de ces changements pourraient conduire à l'apparition de nouveaux écosystèmes dans les prochains siècles. Cette situation interpelle les aménagistes forestiers à plusieurs égards : Quels gestes faut-il poser pour faire en sorte que la forêt puisse continuer d'offrir des services socioécologiques dans cet environnement en changement? Comment peut-on agir pour que les forêts soient plus aptes à résister et à être résilientes face aux changements? Ou, encore, comment doit-on agir face aux probables transitions écologiques vers de nouveaux écosystèmes? Devant les changements appréhendés, il est légitime de se demander si le concept de l'aménagement écosystémique peut encore être un outil pertinent étant donné que les conditions climatiques risquent de ne plus être favorables à la forêt préindustrielle de référence.

Pour répondre à cette question, il faut retenir que l'aménagement écosystémique ne doit pas être réduit à une approche qui tente de reconstituer la forêt du passé. La connaissance de la forêt du passé permet de comprendre comment les écosystèmes fonctionnent et permet de percevoir, d'une manière synthétique, les conditions auxquelles la majorité des espèces que l'on veut préserver sont adaptées. Elle est utile à la gestion des forêts actuelles et vraisemblablement futures. Le maintien d'attributs et de processus écologiques naturels clés (que l'on pourrait appeler la biodiversité fonctionnelle) est la voie la plus sûre pour favoriser la capacité des forêts à résister aux changements, à être résilientes face aux perturbations à venir et à pouvoir s'adapter lorsque les transitions écologiques deviendront inévitables. Vues sous cet angle, les connaissances historiques demeurent un élément essentiel pour guider les choix d'aménagement. Par conséquent, le rejet de la forêt naturelle comme modèle de référence serait une conclusion simpliste d'autant plus qu'elle a toujours évolué dans un contexte de modulations climatiques au cours des derniers millénaires.

La démarche d'aménagement écosystémique permet de poser des diagnostics à propos des pertes de biodiversité qui pourraient découler des pratiques forestières usuelles. En évitant ces pertes de biodiversité et en tenant compte du fonctionnement des écosystèmes, l'aménagement écosystémique permet, dans bien des cas, de maintenir ou de restaurer une résilience naturelle qui s'est avérée par le passé face à des perturbations et des fluctuations environnementales qui étaient parfois importantes. Parce que les menaces de pertes de biodiversité existent toujours et parce qu'elles peuvent affaiblir la capacité adaptative des forêts face aux changements, il faut poursuivre la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique.

Cela étant dit, il est indéniable que les forêts connaîtront des modifications importantes et elles sont probablement déjà en train de changer. L'aménagement écosystémique ne peut ignorer cette réalité. La référence à la forêt naturelle doit inclure une reconnaissance de sa dynamique, particulièrement en période de bouleversements climatiques. La démarche d'aménagement en place doit être bonifiée pour intégrer une analyse des vulnérabilités face aux changements climatiques en vue de déterminer les principaux enjeux et défis d'adaptation auxquels nous devons faire face. Il devient important de jeter périodiquement un regard critique sur les objectifs et les cibles d'aménagement actuels afin de s'assurer qu'ils répondent bien aux nouveaux enjeux que l'on voit poindre à l'horizon. Ces nouveaux enjeux commanderont des actions parfois différentes de celles préconisées aujourd'hui. L'aménagement

écosystémique prendra acte des transitions écologiques en cours et ajustera ses objectifs, ses cibles et ses moyens d'actions en conséquence.

Le travail accompli par le comité d'experts, dont rend compte le présent rapport, consiste justement à poser un regard critique sur les orientations actuelles qui découlent de l'aménagement écosystémique. Le comité d'experts conclut que la plupart de ces orientations méritent d'être maintenues à court terme. Toutefois, le comité d'experts considère que des changements sont nécessaires en ce qui a trait aux orientations relatives à la composition végétale. En effet, les modifications de conditions climatiques et de régimes de perturbation ainsi que l'occurrence d'événements extrêmes auront des effets sur des espèces qui réagiront alors de façon différente face à ces stress. La proportion du territoire occupée par chacune des espèces risque de changer de même que l'agencement de la composition des peuplements. Dans ces conditions, chercher à s'approcher des conditions connues dans le passé risque parfois d'être difficile à réaliser ou de devenir inopportun. Dans ces cas, des ajustements aux orientations seraient nécessaires. Il faut toutefois agir avec une certaine prudence et éviter de précipiter les décisions en établissant une démarche rigoureuse qui permet d'appuyer le choix des ajustements à apporter. Ce choix devra s'appuyer sur une compréhension des phénomènes en cours et tenir compte des conséquences potentielles sur les écosystèmes et leur fonctionnement. C'est en ce sens que nous avons proposé quelques éléments pour guider une telle démarche d'ajustement des objectifs et des cibles en fonction des changements anticipés.

Parce que les changements dans les forêts sont et vont demeurer difficiles à prévoir, les principaux efforts d'adaptation devraient porter sur le maintien, la restauration et le renforcement de la capacité des écosystèmes à réagir face aux stress. La résilience et la capacité d'adaptation des forêts reposent sur la biodiversité fonctionnelle, c'est-à-dire un assemblage d'essences aptes à perpétuer les processus écologiques clés et susceptibles de réagir différemment à une variété de perturbations ou de conditions climatiques. Le maintien ou la restauration de la biodiversité naturelle définie par les connaissances historiques constitue encore une base généralement valide pour consolider la biodiversité fonctionnelle. Toutefois, les changements en cours nous obligent à pousser plus loin le travail en vue de renforcer la résilience et la capacité d'adaptation des forêts. De nouvelles connaissances en écologie forestière, nous permettent d'entrevoir de nouvelles façons de renforcer la diversité fonctionnelle. La caractérisation des essences selon leur rôle fonctionnel dans l'écosystème et selon leurs réponses face aux différents stress appréhendés fournit des pistes pour orienter des choix d'aménagement. Il s'agit là d'une voie qui permet de pousser plus loin la compréhension du fonctionnement des écosystèmes en vue de bonifier l'approche écosystémique actuelle.

La science forestière est en constante évolution. Comme toute science, elle évolue en fonction de l'avancement des connaissances et de la réalité qui change. Il est important de maintenir vivante la foresterie québécoise en ajustant les principes et les pratiques au fur et à mesure de l'évolution des connaissances. Il est aussi important de le faire en préservant les acquis des avancées récentes. L'avènement de l'aménagement écosystémique au Québec marque un pas important dans l'utilisation de l'écologie forestière appliquée dans la gestion forestière. Développer la capacité organisationnelle et opérationnelle pour intégrer les connaissances écologiques à toutes les échelles de la gestion forestière est une tâche complexe qui n'est pas achevée. L'évolution nécessaire des concepts de foresterie doit pouvoir se bâtir sur les jalons mis en place par l'aménagement écosystémique au cours des récentes années. C'est ainsi que l'utilisation de l'écologie forestière appliquée se consolidera et que la foresterie évoluera pour faire face aux défis posés par les changements qui sont en train de se produire.

ANNEXE - Méthodologie et démarche du comité d'experts

Le MFFP a mis sur pied un comité d'experts afin d'évaluer la pertinence de faire de l'aménagement écosystémique dans le contexte des changements climatiques au Québec. Ce comité d'experts a reçu le mandat d'examiner toutes les orientations qui découlent de l'aménagement écosystémique dans le cadre du régime forestier québécois. Cette approche a permis d'éviter des discussions uniquement conceptuelles et de considérer plutôt les conséquences pratiques de l'aménagement écosystémique dans les plans d'aménagement forestier intégré. Ce sont ces orientations, et les activités d'aménagement qui en résultent, qui ont fait l'objet d'une analyse de vulnérabilité face aux changements climatiques.

Le tableau 1 présente la majorité des orientations et des sous-orientations d'aménagement forestier actuelles. Il a été fourni au comité d'experts afin qu'il évalue celles qui sont potentiellement à risque dans le contexte des changements climatiques.

Les travaux du comité d'experts ont permis de déterminer que les quatre orientations générales suivantes nécessitaient une analyse plus approfondie.

- 1) La structure d'âge et les vieilles forêts : faire en sorte que la structure d'âge des forêts aménagées s'apparente à celle qui existe dans la forêt naturelle.
- 2) La composition végétale : maintenir ou restaurer la composition de la forêt naturelle dans des proportions qui sont proches des conditions préindustrielles.
- 3) La régénération naturelle : en général, miser sur la régénération naturelle préétablie acquise pour régénérer les peuplements après la coupe.
- 4) Les accidents de régénération en milieu boréal et le risque de recul de la pessière noire à couvert fermé : reboiser les brûlis récents avec déficit de régénération et remettre en production les landes à lichens issues d'évènements passés.

Tableau 1 Orientations d'aménagement forestier générales et spécifiques

N°	ORIENTATION D'AMÉNAGEMENT	
	GÉNÉRALE	SPÉCIFIQUE
1	Maintenir ou restaurer une structure d'âge proche de l'enveloppe de variabilité historique sur 80 % du territoire.	
2	Maintenir ou restaurer la composition de la forêt naturelle, dans des proportions proches des conditions préindustrielles.	
2 a		Maintenir ou restaurer des essences actuellement en diminution ou en raréfaction : <ul style="list-style-type: none"> - éviter la raréfaction de l'épinette blanche; - éviter la raréfaction de l'épinette rouge; - éviter la raréfaction du thuya; - consacrer des efforts à la restauration du pin blanc; - éviter la raréfaction du pin rouge; - éviter la raréfaction de la pruche du canada; - éviter la raréfaction du chêne rouge; - éviter la diminution de la présence du bouleau jaune.
2 b		Contrer l'envahissement par les feuillus intolérants : <ul style="list-style-type: none"> - bouleau à papier; - peuplier faux-tremble; - érable rouge; - érable à épis; - aulne.
2 c		Diminuer la proportion de sapin baumier
2 d		Limiter l'envahissement par le hêtre à grande feuille.
2 e		Éviter la raréfaction des essences compagnes dans les érablières
2 f		Lutter contre l'envahissement par les éricacées dans la pessière.
2 g		Limiter l'expansion et diminuer la superficie occupée par les landes à lichen dans la pessière.
2 h		Circonscrire l'utilisation d'espèces exotiques.
3	Orientations sylvicoles.	
3 a		En général, miser sur la régénération naturelle préétablie acquise pour régénérer les peuplements.
3 b		Pratiquer des coupes à rétention variable à grande échelle.
3 c		Pratiquer davantage de coupes partielles de type coupe progressive irrégulière (CPI) dans les forêts résineuses et mélangées pour maintenir ou recréer les attributs des vieux peuplements et une forme de complexité structurale.
3 d		Moduler l'éclaircie commerciale de manière à installer une structure plus complexe dans des peuplements jeunes.

Tableau 1 Orientations d'aménagement forestier générales et spécifiques (suite)

N°	ORIENTATION D'AMÉNAGEMENT	
	GÉNÉRALE	SPÉCIFIQUE
4	Gestion face aux perturbations naturelles : contrer les accidents de régénération en reboisant les portions de brûlis en déficit de régénération naturelle.	
5	Organisation spatiale des paysages.	
5 a		Maintenir des massifs dans la pessière : assurer la présence continue de massifs (> 30 km ²) bien répartis.
5 b		Maintenir des massifs dans la sapinière : à l'échelle du paysage, maintenir une matrice forestière dominée par de la forêt à couvert fermé ayant des caractéristiques se rapprochant de celle résultant de la dynamique des perturbations naturelles selon le sous-domaine bioclimatique : matrice mitée ou mosaïquée dans l'Est et matrice plus ouverte dans l'Ouest.
5 c		Concentrer une proportion importante des coupes totales en agglomérations au lieu de disperser les activités (coupe en mosaïque).
5 d		Maintenir une forêt résiduelle au sein des agglomérations de coupe (30 %), de formes et de tailles variées (blocs, bandes riveraines, fragments et coupes à rétention variable).
6	Éviter la simplification et l'homogénéisation de la structure interne des peuplements.	
6 a		Maintenir ou restaurer une proportion de peuplements feuillus à structure complexe.
6 b		Maintenir des attributs structuraux dans la matrice aménagée de la forêt feuillue.
7	Assurer une protection adéquate des milieux humides et riverains.	
8	Intégrer les mesures de protection pour les espèces menacées ou vulnérables dans le PAFIT.	
9	Porter une attention à l'habitat des espèces sensibles à l'aménagement.	
10	Gestion face aux perturbations naturelles : assurer le maintien d'attributs écologiques après récupération dans les brûlis récents et dans les territoires touchés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette.	

Bibliographie

- BERGERON, Y., et autres (2010). "Will climate change drive 21st century burn rates in Canadian boreal forest outside of its natural variability: Collating global climate model experiments with sedimentary charcoal data", *International Journal of Wildland Fire*, vol. 19, p. 1127-1139.
- BOULANGER, Y., et autres (2013). "Fire regime zonation under current and future climate over eastern Canada", *Ecological applications: A publication of the Ecological Society of America*, vol. 23, n° 4, p. 904-23.
- BUISSON, L., et autres (2008). "Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages", *Global Change Biology*, vol. 14, n° 10, p. 2232-2248.
- ENGLER, R., et autres (2011). "21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe", *Global Change Biology*, vol. 17, n° 7, p. 2330-2341.
- HELLER, N., et E. ZAVALETA (2009). "Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations", *Biological Conservation*, vol. 142, n° 1, p. 14-32.
- HOF, C., et autres (2011). "Rethinking species' ability to cope with rapid climate change", *Global Change Biology*, vol. 17, n° 9, p. 2987-2990.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2016a). *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.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2016b). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 4.1 – Enjeux liés à la composition végétale*, Québec, gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 86 p.
- RÉGNIÈRE, J., R. ST-AMANT et P. DUVAL (2012). "Predicting insect distributions under climate change from physiological responses: Spruce budworm as an example", *Biological Invasions*, vol. 14, n° 8, p. 1571-1586.