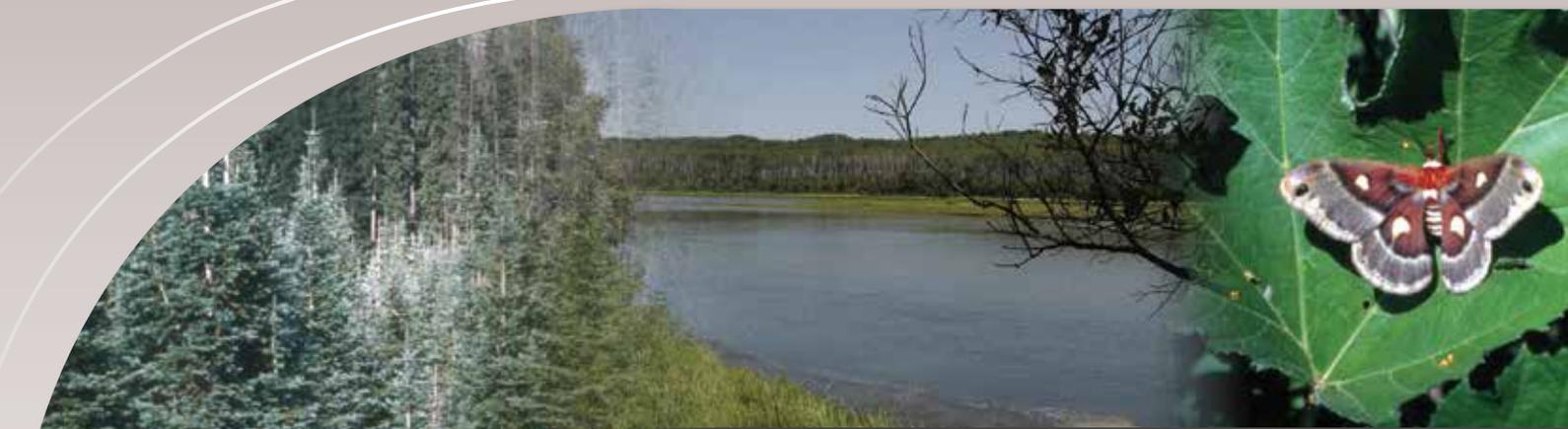




Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : cadre d'évaluation de la vulnérabilité et d'intégration des mesures d'adaptation dans le processus décisionnel



© Conseil canadien des ministres des forêts, 2012

Ce rapport est un produit du Groupe de travail sur les changements climatiques du Conseil canadien des ministres des forêts.

Des copies de ces rapports sont disponibles en ligne en français et en anglais à ccmf.org ou en communiquant avec le Conseil canadien des ministres des forêts.

Conseil canadien des ministres des forêts

Service canadien des forêts
580, rue Booth, 8e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

Tél. : 613-947-9099

Télec. : 613-947-9033

This publication is also available in English under the title *Adapting Sustainable Forest Management to Climate Change: A Framework for Assessing Vulnerability and Mainstreaming Adaptation into Decision Making*.

Photos de la couverture : Ressources naturelles Canada

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Williamson, T. B.

Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : cadre d'évaluation de la vulnérabilité et d'intégration des mesures d'adaptation dans le processus décisionnel / T.B. Williamson, M.A. Campagna et A.E. Ogden.

« Le présent rapport est un projet du Groupe de travail sur les changements climatiques du Conseil canadien des ministres des forêts » -- P. [2] de la couv.

Publ. aussi en anglais sous le titre : *Adapting sustainable forest management to climate change, a framework for assessing vulnerability and mainstreaming adaptation into decision making*.

Comprend des références bibliographiques
Également disponible sur l'Internet.

ISBN 978-1-100-99201-3

No de cat.: Fo79-3/2012F

1. Forêts--Gestion--Aspect de l'environnement--Canada.
2. Foresterie--Gestion du risque--Canada.
3. Forêts--Productivité--Facteurs climatiques--Canada.
4. Foresterie durable--Canada.
5. Climat--Changements--Aspect de l'environnement--Canada.
- I. Campagna, Michel, 1963-
- II. Ogden, A. E. (Aynslie Elizabeth), 1971-
- III. Conseil canadien des ministres des forêts
- IV. Conseil canadien des ministres des forêts. Groupe de travail sur les changements climatiques
- V. Titre.

SD387 E58 W5414 2012

333.75'160971

C2012-980103-8



Papier recyclé

Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : cadre d'évaluation de la vulnérabilité et d'intégration des mesures d'adaptation dans le processus décisionnel

T. B. Williamson¹, M. A. Campagna² et A. E. Ogden³

Conseil canadien des ministres des forêts
Groupe de travail sur les changements climatiques

¹Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Edmonton (Alberta) T6H 3S5

²Ministère des Ressources naturelles, Québec (Québec) G1P 3W8

³Gouvernement du Yukon, Whitehorse (Yukon) Y1A 2C6

Conseil canadien des ministres des forêts

Groupe de travail sur les changements climatiques

**« Les changements climatiques et leur variabilité
doivent être considérés dans tous les aspects
de l'aménagement forestier durable »**

Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà

(CCMF, 2008)



CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DES FORÊTS

GRUPE DE TRAVAIL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Alberta Ministry of Environment and Sustainable Resource Development (ministère de l'Environnement et du Développement durable des ressources de l'Alberta) – Stan Kavalinas, Daryl Price et Evelynne Wrangler

British Columbia Ministry of Forests, Lands, and Natural Resource Operations (ministère des Forêts, des Terres et des Opérations des ressources naturelles de la Colombie-Britannique) – Kathy Hopkins, Dave Peterson (coprésident) et Jim Snetsinger (coprésident)

Ministère de la Conservation et de la Gestion des ressources hydriques du Manitoba – Greg Carlson et Ryan Klos

Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick – Mike Bartlett, Tom Ng et Chris Norfolk

Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources (ministère des Ressources naturelles de Terre-Neuve et du Labrador) – Wayne Kelly

Ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles des Territoires du Nord-Ouest – Tom Lakusta

Nova Scotia Department of Natural Resources (ministère des Ressources naturelles de la Nouvelle-Écosse) – Jorg Beyeler et Jonathan Kierstead

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario – Paul Gray

Prince Edward Island Department of Agriculture and Forestry (ministère de l'Agriculture et des Forêts de l'Île-du-Prince-Édouard) – Dan McAskill

Ministère des Ressources naturelles du Québec – Michel Campagna

Saskatchewan Ministry of Environment (ministère de l'Environnement de la Saskatchewan) – Dwayne Dye

Yukon Department of Energy, Mines, and Resources (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Yukon) – Aynslye Ogden et Robin Sharples

Ressources naturelles Canada – Kelvin Hirsch, Tim Sheldan (coprésident) et Tim Williamson

Secrétariat du Conseil canadien des ministres des forêts – Marie-Ève Bonneau et Kumiko Onoda

GRUPE D'ANALYSE TECHNIQUE

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario – Paul Gray

Ministère des Ressources naturelles du Québec – Michel Campagna

Saskatchewan Research Council (Conseil de recherches de la Saskatchewan) – Mark Johnston

Yukon Department of Energy, Mines, and Resources (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Yukon) – Aynslye Ogden

Ressources naturelles Canada – Jason Edwards, Kelvin Hirsch (directeur), David Price, Catherine Ste-Marie et Tim Williamson

Secrétariat du Conseil canadien des ministres des forêts – Marie-Ève Bonneau, Kendra Isaac et Kumiko Onoda



Photo : Kelvin Hirsch

AVANT-PROPOS

Le Canada possède 397 millions d'hectares de forêts et de terres boisées qui représentent 10 % du couvert forestier de la planète. Nos forêts constituent un trésor naturel de classe mondiale qui procure à tous les Canadiens de nombreux avantages sur les plans écologique, social, économique et culturel, qu'ils habitent une petite collectivité rurale du Nord ou une grande agglomération. Le Canada s'est engagé à pratiquer l'aménagement forestier durable afin de conserver à long terme et même d'améliorer la santé des écosystèmes forestiers dans l'intérêt de l'ensemble des espèces et de fournir aux générations présentes et futures des possibilités de développement social, écologique, économique et culturel.

Parmi l'un des nombreux facteurs qui ouvrent des possibilités mais qui présentent autant de défis dans l'efficacité de notre action pour atteindre nos objectifs d'aménagement forestier durable, on compte les changements climatiques et leurs incertitudes inhérentes. Le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) a déterminé que les changements climatiques constituaient l'un des deux axes d'action prioritaires du secteur forestier canadien. Dans son document *Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà*, le Conseil déclarait : « *Les changements climatiques et leur variabilité doivent être considérés dans tous les aspects de l'aménagement forestier durable.* » En outre, pour réduire au minimum les risques provenant des changements climatiques et tirer profit des avantages qu'ils présentent, les premiers ministres des provinces et territoires, membres de Conseil de la fédération, ont demandé à leurs ministres responsables de l'aménagement forestier de collaborer avec le gouvernement fédéral par l'intermédiaire du Groupe de travail sur les changements climatiques du CCMF afin de progresser dans la voie de l'adaptation du secteur forestier. La phase 1 de ce travail terminée en 2010 comprenait une étude complète sur la vulnérabilité des espèces d'arbres et des diverses options d'aménagement que le processus d'adaptation pouvait comprendre. Dans la phase 2, on a élargi le point de vue pour étudier, au-delà de l'échelle des arbres, les voies d'adaptation au sein même des écosystèmes forestiers et de l'ensemble du secteur forestier. L'objectif de cette deuxième phase était d'équiper les acteurs du secteur forestier d'une gamme d'outils et de connaissances à la fine pointe du progrès afin de s'assurer qu'ils prennent les meilleures décisions possible sur les nécessités d'adaptation et qu'ils adoptent les mesures les plus avantageuses.

Presque une centaine de personnes, issues d'une grande diversité d'horizons, ont travaillé à l'atteinte de cet objectif sur une période de deux ans. Les fruits de leur travail ont été présentés dans la série de rapports du CCMF sur l'adaptation aux changements climatiques, notamment sept rapports techniques et deux documents de synthèse.

Nous espérons sincèrement que ces documents seront mis à contribution dans les ateliers, séminaires et présentations visant à faire connaître, à tous les intervenants du secteur forestier – d’un océan à l’autre et sous toutes les latitudes – les moyens nouveaux et innovateurs dont ils ont besoin pour adapter leurs pratiques et politiques d’aménagement aux variations du climat.

TIM SHELDAN

Coprésident du Groupe de travail sur les changements climatiques du CCMF
Directeur général
Centre de foresterie du Nord
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada

JIM SNETSINGER et DAVE PETERSON

Coprésident du Groupe de travail sur les changements climatiques du CCMF
Sous-ministre adjoint et chef forestier
Division de l’intendance des forêts
Ministère des Forêts, des Terres et des Opérations des ressources naturelles de la Colombie-Britannique

Williamson, T.B.; Campagna, M.A.; Ogden, A.E. 2012. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : cadre d'évaluation de la vulnérabilité et d'intégration des mesures d'adaptation dans le processus décisionnel. Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.

RÉSUMÉ

Les changements climatiques auront, entre autres, des répercussions sur les processus décisionnels et l'élaboration des politiques, faisant en sorte que de nouvelles informations seront requises pour les guider. Une méthodologie reconnue, l'évaluation de la vulnérabilité, fournit une part de cette nouvelle information qui guidera les décideurs chargés de l'adaptation aux changements climatiques. Considérant le caractère global des changements climatiques, il est nécessaire que les évaluations considèrent simultanément l'étendue des impacts des changements climatiques sur les forêts et les objectifs d'aménagement durable. Par ailleurs, la lenteur de croissance des arbres dicte la perspective à laquelle l'aménagement forestier est envisagé. Cette réalité, jumelée aux changements prévus du climat canadien dans les 100 prochaines années, implique l'adoption d'une perspective à long terme des impacts des changements climatiques si l'on veut guider dès maintenant les décisions en aménagement forestier. Une part d'incertitude demeure cependant quand aux impacts attendus des changements climatiques. Dans l'évaluation de la vulnérabilité, on reconnaît cette incertitude; elle est d'ailleurs intégrée dans l'élaboration des scénarios préparés à partir des descriptions du futur établies à partir de documentation scientifique, de modélisation et d'avis d'experts. L'évolution continue du climat va exiger une évaluation et une amélioration continue de la capacité d'adaptation des systèmes d'aménagement forestier, des aménagistes forestiers et des organisations concernées par l'aménagement, exigences que les évaluations de la vulnérabilité sont en mesure de satisfaire. Ce document présente un cadre d'évaluation de la vulnérabilité de l'aménagement forestier durable aux changements climatiques au Canada et montre comment lier les résultats de ces évaluations à un processus d'adaptation qui s'intègre dans le processus décisionnel d'aménagement forestier. Avec l'aide de ce cadre, les aménagistes forestiers canadiens comprendront mieux où, quand et comment les impacts potentiels des changements climatiques affecteront les objectifs d'aménagement forestier durable et leur capacité de s'adapter aux impacts actuels et à venir. Le cadre décrit aussi un processus décisionnel de gestion adaptative dans lequel 1) l'information disponible sur les sources de vulnérabilité sert de point de départ à la mise en œuvre des mesures d'adaptation, 2) l'état du système est suivi après la mise en œuvre des mesures d'adaptation et 3) les vulnérabilités et les besoins en matière d'adaptation font l'objet d'examen réguliers et systématiques.

Mots clés : changements climatiques, aménagement forestier durable, vulnérabilité, évaluation, exposition au risque, impacts, sensibilité, capacité d'adaptation, scénarios, adaptation, gestion adaptative, intégration de l'adaptation, processus structuré de prise de décision

ABSTRACT

One of the consequences of climate change is that new kinds of information will be needed to support policy- and decision-making. The vulnerability approach is an established methodology for providing information in a form that supports policy- and decision-making in the context of adapting to climate change. For example, climate change is ubiquitous, so approaches to assessment are needed that simultaneously consider the breadth of impacts both on forests and on sustainable forest management objectives. In addition, the long growth cycles of trees mean that forest management is inherently a long-term undertaking. This, combined with the fact that Canada's climate could change significantly in the next 100 years, means that a long-term view of climate change impacts is needed in order to make correct forest management decisions today. There is, however, uncertainty about future climate change impacts. Vulnerability assessments acknowledge and address uncertainty through a process of scenario construction. Typically, such a process results in multiple stories of the future, which are informed by a combination of science, modeling, and expert judgment. Climate change will have implications for the capacity of forest managers, forest management organizations, and forest management systems to adapt. Vulnerability approaches incorporate assessments of adaptation capacity. This document presents a framework for assessing the vulnerability of sustainable forest management in Canada to climate change and linking the results of vulnerability assessment to an adaptation process that is integrated into forest management decision-making. The framework will enable Canadian forest managers to better understand the location, timing, and magnitude of potential climate change impacts on sustainable forest management objectives and their capacity to adapt to current and future impacts. The framework also describes a process for structured, adaptive management decision-making in which information about sources of vulnerability is used to implement adaptation actions, the state of the system after adaptation is monitored, and vulnerabilities and adaptation requirements are regularly and systematically re-examined.

Key words: climate change, sustainable forest management, vulnerability, assessment, exposure, sensitivity, impacts, scenarios, adaptation, adaptive management, integration, structured decision-making

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE EXÉCUTIF	xi
INTRODUCTION	1
CONCEPTS DE BASE	3
Qu'est-ce que l'aménagement forestier durable?	3
Qu'est-ce que l'évaluation de la vulnérabilité?	3
JUSTIFICATION DE L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'AFD	5
CADRE D'ÉVALUATION	7
Étape 1 : Établissement du contexte	7
Étape 2 : Description des conditions actuelles du climat et des forêts	8
Étape 3 : Élaboration de scénarios des conditions futures du climat et des forêts	9
Étape 4 : Évaluation de la vulnérabilité de l'AFD au climat actuel et futur	11
Étape 5 : Élaboration et mise au point des options d'adaptation	11
Étape 6 : Mise en œuvre et intégration des options d'adaptation	13
SOUPLESSE DU CADRE	15
CONCLUSIONS	17
REMERCIEMENTS	19
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	21
GLOSSAIRE	23
ANNEXE : L'APPROCHE CENTRÉE SUR LA VULNÉRABILITÉ	27

FIGURES

1. Version simplifiée de l'approche centrée sur l'évaluation de la politique d'adaptation.....	4
2. Les quatre phases de l'adaptation d'un système d'AFD aux changements climatiques.....	6
3. Évaluation détaillée de la vulnérabilité de l'aménagement forestier durable.....	10
4. Cadre d'analyse décisionnelle de l'adaptation aux changements climatiques.....	12
A.1 Schéma détaillé de l'approche centrée sur l'évaluation de la politique d'adaptation.....	29

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Relever l'enjeu relativement nouveau que posent les changements climatiques pour l'aménagement des forêts canadiennes exige l'adoption de nouvelles politiques et l'application de nouvelles approches de gestion. À cette fin, il faudra adopter simultanément de nouveaux cadres d'analyses et de connaissances pour élaborer ces politiques et établir ce nouveau processus décisionnel (Edwards et Hirsch, 2012). Les organismes devront passer par deux étapes fondamentales de préparation aux changements climatiques. La première étape de cette préparation consiste à voir dans quelle mesure l'organisme est disposé à s'adapter. Dans cette foulée, Gray (2012) a défini un cadre dans lequel il a structuré une approche d'évaluation de cet état de « préparation organisationnelle » aux changements climatiques.

La deuxième étape de préparation aux changements climatiques consiste, pour les organismes, à évaluer leur état de vulnérabilité, puis à déterminer les mesures d'adaptation à prendre. Il existe à cette fin une méthodologie — établie internationalement — d'évaluation des impacts potentiels des changements climatiques et d'application des connaissances ainsi acquises aux politiques d'adaptation : l'évaluation dite de la vulnérabilité. Actuellement, on utilise à une échelle plus locale — sous une forme ou une autre — une approche d'évaluation de la vulnérabilité dans un certain nombre d'évaluations des impacts des changements climatiques sur la forêt et l'aménagement forestier au Canada (Johnston et Edwards, n.d.).

Ce document présente une façon structurée pour déterminer les sources de vulnérabilité aux changements climatiques considérées comme importantes pour l'aménagement forestier durable (AFD) au Canada. On y trouve aussi la description d'une approche d'intégration des mesures d'adaptation dans le processus décisionnel et dans les politiques d'AFD. Tel est l'objectif global de ce cadre d'évaluation : aider les aménagistes forestiers à déterminer l'état de vulnérabilité de leur système d'AFD aux changements climatiques et à appliquer les mesures appropriées d'adaptation sur une base continue. On notera que le terme « vulnérabilité » renvoie autant aux impacts positifs des changements climatiques sur l'AFD (qui peuvent être favorisés grâce à l'adaptation) qu'aux impacts négatifs (qui peuvent être mitigés par l'adaptation). Il peut paraître étrange qu'on tienne compte des impacts positifs dans l'évaluation de la vulnérabilité. Voilà une façon peu habituelle de procéder par rapport aux façons dont on effectue habituellement les évaluations de la vulnérabilité. Néanmoins, il est important de considérer ces deux pôles d'impacts lors de l'élaboration d'une stratégie d'adaptation.

Le cadre d'évaluation présenté dans ce document suit les six étapes intégrées suivantes :

- Établir le contexte (E1)
- Décrire les conditions actuelles du climat et des forêts (E2)
- Élaborer des scénarios des conditions futures du climat et des forêts (E3)
- Évaluer la vulnérabilité de l'AFD au climat actuel et futur (E4)
- Élaborer et mettre au point des options d'adaptation (E5)
- Mettre en œuvre et intégrer les options d'adaptation (E6)

Établir le contexte de l'évaluation de la vulnérabilité (E1) comprend la détermination des besoins d'évaluation, de la façon dont les résultats d'évaluation seront utilisés et de la capacité de l'organisme à s'investir dans cette évaluation. Cette première étape comprend aussi la description d'un aspect donné d'un système de gestion. Les facteurs non climatiques qui influent ou influenceront sur un système d'AFD donné sont aussi considérés dans la description du contexte.

À la deuxième étape (E2), on décrit les conditions actuelles du climat et des forêts. Le caractère complexe et multifacette que représentent les changements climatiques rend difficile la compréhension de ce que sera la vulnérabilité dans l'avenir quand les conditions climatiques sont elles-mêmes difficiles à prévoir. Déterminer et décrire comment les forêts sont actuellement affectées par le climat et comment les aménagistes forestiers s'y adaptent présentement permet de clarifier dès maintenant les liens entre le climat, la forêt et sa gestion.

L'entreprise à long terme que constitue l'aménagement forestier exige qu'on évalue aussi la vulnérabilité de l'AFD sur la base d'une estimation des impacts à long terme — autant positifs que négatifs — des changements climatiques sur la forêt. Cependant, beaucoup d'incertitudes demeurent sur ces impacts potentiels. Cette troisième étape du cadre d'évaluation de la vulnérabilité (E3) implique donc l'élaboration de scénarios sur les conditions futures du climat et des forêts (Price et Isaac, 2012).

À la quatrième étape (E4), on combine le résultat des analyses des conditions actuelles du climat et des forêts en E2 et les scénarios des conditions futures du climat et des forêts élaborés en E3 dans le but d'évaluer les impacts sur l'AFD des conditions actuelles et prévues du climat et des forêts. Or, au Canada, l'AFD repose sur le cadre des critères définis par le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) : la diversité biologique, l'état et la productivité des écosystèmes, le sol et l'eau, la contribution aux cycles écologiques planétaires, les avantages économiques et sociaux et la responsabilité de la société (CCMF, 2006). Dans l'évaluation de la vulnérabilité, il faut examiner les différences que pourraient entraîner les divers scénarios de l'évolution du climat sur l'ensemble des critères de l'AFD — notamment par rapport au climat actuel — et analyser ce que produit leur application à diverses unités spatiales et temporelles.

À la quatrième étape, on examine également la capacité d'adaptation aux changements climatiques du système d'AFD lui-même, c'est-à-dire l'aptitude inhérente des individus et des organismes, mais aussi celle des systèmes (comme le système d'AFD), de s'adapter selon l'évolution de l'environnement fonctionnel. Le cadre d'évaluation proposé ici porte sur la capacité d'adaptation de la composante humaine (opposée à la composante biologique) du système d'AFD. Williamson et Isaac (n.d.) ont établi des lignes directrices d'évaluation de la capacité d'adaptation des individus, des groupes et des organismes

impliqués dans l'AFD et dans les systèmes d'AFD en général. La capacité d'adaptation de la composante biologique des systèmes d'AFD n'est pas explicitement considérée dans l'élément d'évaluation du cadre d'analyse présenté ici. Toutefois, cet aspect biologique se trouve considéré dans le critère de la diversité biologique des « Critères et indicateurs du CCMF » (CCMF, 2006). L'écosystème forestier doté d'une grande capacité d'adaptation est celui qui possède une grande diversité à l'échelle génétique, spécifique et du paysage.

La réalisation de la cinquième étape (E5) s'inscrit dans la foulée de l'étape précédente : on examine les options d'adaptation à la lumière des résultats de l'évaluation de la vulnérabilité de l'AFD obtenus en E4.

À la sixième étape (E6), il s'agit d'établir un processus continu d'intégration des mesures d'adaptation dans le processus décisionnel. Ce processus d'intégration comprend les activités suivantes :

- l'évaluation des avantages apportés par l'application des mesures d'adaptation;
- l'évaluation de la faisabilité technique, institutionnelle et organisationnelle et l'examen des coûts et avantages;
- l'application des mesures d'adaptation faisables et économiquement acceptables;
- l'évaluation régulière de l'efficacité des mesures d'adaptation;
- des modifications, si nécessaire, aux programmes d'adaptation ou aux objectifs de gestion;
- des réévaluations périodiques de la vulnérabilité à mesure qu'évoluent les connaissances, le savoir-faire et les perspectives.

Plusieurs raisons peuvent justifier la réalisation d'une évaluation de la vulnérabilité comme il est proposé dans ce document. Cette évaluation permet entre autres de diriger les gestionnaires forestiers dans l'exercice d'activités critiques de planification et d'adaptation, notamment :

- mieux se préparer aux changements climatiques et mieux planifier la gestion conséquente en codifiant l'information selon sa pertinence pour l'adaptation et en l'intégrant au processus décisionnel;
- déterminer les lacunes critiques en matière de connaissances;
- tenir compte de l'incertitude de façon explicite;
- évaluer la capacité d'adaptation et l'intégrer dans le processus décisionnel;
- mettre en œuvre les mesures d'adaptation d'une manière planifiée et proactive;
- faire un suivi de l'application des mesures d'adaptation, évaluer leur efficacité et les modifier si nécessaire;
- subdiviser en parties gérables le problème complexe des changements climatiques;
- baser le processus d'adaptation — autant l'étape de planification que l'étape décisionnelle — sur l'ensemble des sciences, des recherches, des politiques et des connaissances pratiques;
- établir un langage commun pour l'analyse, la consultation et les discussions.

Références bibliographiques

(CCMF) Conseil canadien des ministres des forêts. 2006. Critères et indicateurs de l'aménagement forestier durable au Canada : bilan national 2005. Ressour. nat. Canada et Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.

Edwards, J.E.; Hirsch, K.G. 2012. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : préparer l'avenir. Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.

Gray, P.A. 2012. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : une approche systématique d'exploration de l'état de préparation organisationnelle. Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.

Johnston, M.H.; Edwards, J.E. n.d. Adapting sustainable forest management to climate change: an analysis of case studies from across Canada. Can. Coun. For. Minist., Ottawa, ON. Forthcoming.

Price, D.T.; Isaac, K.J. 2012. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : emploi de scénarios dans l'évaluation de la vulnérabilité. Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.

Williamson, T.B.; Isaac, K.J. n.d. Adapting sustainable forest management to climate change: an overview of approaches for assessing human adaptive capacity. Can. Coun. For. Minist., Ottawa, ON. Forthcoming.

INTRODUCTION

Johnston et collab. (2009) ont déterminé plusieurs impacts actuels et potentiels des changements climatiques sur les espèces d'arbre du Canada et sur ses paysages. Les changements climatiques produiront (ou produiraient), outre l'inadaptation des essences d'arbres, une modification de la productivité forestière, du couvert forestier et de la composition en espèces, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des perturbations biotiques et non biotiques, ainsi qu'un ensemble d'autres réactions biologiques (Lemprière et collab., 2008; Williamson et collab., 2009). Bien que dans certains cas les changements climatiques puissent entraîner des effets positifs pour les forêts du Canada, on s'attend à ce que l'impact global net de ces changements soit négatif, particulièrement si les aménagistes forestiers n'appliquent pas rapidement des mesures d'adaptation (Johnston et collab., 2009). Par exemple, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie pense que, d'ici 2050, la réduction annuelle du produit intérieur brut canadien, résultant de l'effet des changements climatiques sur l'approvisionnement forestier au Canada, pourrait atteindre 2,4 à 17,4 milliards de dollars (TRNEÉ, 2011).

Les impacts des changements climatiques sur les forêts et les interactions entre ces impacts auront des implications majeures sur la capacité du Canada à poursuivre ses objectifs d'aménagement forestier durable (AFD) (Johnston et collab., 2010; Edwards et Hirsch, 2012). Actuellement, les politiques et les pratiques d'AFD sont basées sur l'hypothèse selon laquelle les conditions et les processus environnementaux qui façonneront les forêts dans l'avenir seront semblables à ceux qui ont façonné les forêts d'aujourd'hui. Cette hypothèse n'est désormais plus valide en raison des changements climatiques. Reconnaître que le climat de demain et les conditions de croissance qui en résulteront seront différents de ceux d'aujourd'hui oblige à repenser les approches et

les hypothèses utilisées en aménagement forestier. Le CCMF l'a reconnu dans son rapport « Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà » (CCMF, 2008) dans lequel il présente les changements climatiques comme étant, au Canada, un enjeu stratégique d'aménagement forestier d'une importance nationale. On affirme dans le rapport que « Les changements climatiques et leur variabilité doivent être considérés dans tous les aspects de l'aménagement forestier durable. »

Ce rapport présente un cadre d'évaluation de la vulnérabilité pour les aménagistes forestiers voulant améliorer leur capacité à mettre en œuvre l'AFD dans ce contexte de climat changeant. En suivant les modalités qui y sont proposées, ils seront en mesure d'atteindre les objectifs généraux suivants :

- préciser quels aspects de l'AFD sont vulnérables aux changements climatiques pour voir où et quand appliquer les mesures d'adaptation;
- déterminer les mesures d'adaptation et établir les priorités dans leur application;
- intégrer les mesures d'adaptation dans le processus décisionnel.

Le cadre d'évaluation polyvalent et évolutif décrit dans ce rapport peut s'appliquer à une variété d'écosystèmes, de systèmes politiques, de systèmes de gestion et de planification. L'application personnalisée d'un cadre comme celui-ci permet aux forestiers du Canada de réduire les risques et les impacts des changements climatiques sur l'AFD de même que de miser sur les occasions qu'offrent ces derniers. Les résultats cumulatifs de l'application généralisée du cadre d'évaluation favoriseront l'émergence d'un débat national sur l'intégration des considérations relatives au climat dans l'AFD au Canada. Les rapports nationaux et provinciaux sur « L'état des forêts » seraient des véhicules utiles de suivi des impacts des changements climatiques sur l'AFD, risques et vulnérabilités associés, et des progrès de l'intégration, dans l'AFD, des préoccupations relatives aux changements climatiques.



Photo : Kelvin Hirsch

CONCEPTS DE BASE

Qu'est-ce que l'aménagement forestier durable?

Dès le milieu des années 1990, le concept d'AFD est intégré dans les politiques forestières canadiennes, et il devient le premier principe directeur de l'aménagement forestier au Canada. L'objectif de l'AFD est d'assurer la conservation et la santé des forêts pour les générations présentes et à venir, tout en maintenant un approvisionnement continu équitable et efficace des biens et des bénéfices environnementaux, sociaux et économiques. Le Conseil canadien des ministres des forêts a établi un cadre national de critères et d'indicateurs (CCMF, 2006) devant servir de base au suivi de l'AFD. Les six critères qui y sont définis guident les aménagistes forestiers dans l'évaluation de leur progression vers l'atteinte des objectifs d'AFD : la diversité biologique, l'état et la productivité des écosystèmes, le sol et l'eau, la contribution aux cycles écologiques planétaires, les avantages économiques et sociaux et la responsabilité de la société (CCMF, 2006).

Ces six critères définissent un cadre particulier de l'AFD national canadien. D'autres définitions de l'AFD sont toutefois utilisées au Canada selon le lieu et le contexte d'aménagement. Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité présenté ici peut s'appliquer à n'importe quel système d'AFD, pour autant que les critères et indicateurs de ce système soient clairement définis.

Qu'est-ce que l'évaluation de la vulnérabilité?

Dans le présent contexte, la vulnérabilité définit le degré auquel un système est susceptible ou incapable de faire face aux effets adverses des changements climatiques, y compris leur caractère variable et leurs extrêmes. Le degré de vulnérabilité est « fonction de la nature, de

l'ampleur et de la vitesse des changements climatiques et de leurs variations auxquels est exposé un système, mais aussi de la sensibilité et de la capacité d'adaptation de ce système » (Schneider et collab., 2007). Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a appliqué une approche centrée sur l'évaluation de la vulnérabilité dans son quatrième rapport d'évaluation (Parry et collab., 2007). Cette approche a aussi été appliquée dans l'évaluation nationale des impacts des changements climatiques au Canada (Lemmen et collab., 2008). L'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques a été entreprise dans beaucoup de contextes (Fussel et Klein, 2006) de même qu'elle a trouvé beaucoup d'applications en foresterie et dans d'autres secteurs d'activité (O'Brien et collab., 2004; Ford et collab., 2006; Reid et collab., 2007; Lindner et collab., 2010). L'évaluation de la vulnérabilité est actuellement au Canada à la base de nombreuses évaluations des impacts des changements climatiques sur les forêts et leur aménagement (Johnston et Edwards, n.d.).

Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité présenté ici renvoie à « l'évaluation de la politique d'adaptation » (Fussel et Klein, 2006). Il représente la quatrième génération des méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité. Le schéma simplifié de la figure 1 représente les relations entre les différents aspects de cette approche centrée sur l'évaluation de la politique d'adaptation : l'exposition au risque, les impacts, la capacité d'adaptation, la vulnérabilité et l'adaptation. L'annexe décrit plus en détail l'approche centrée sur la vulnérabilité en général et l'approche de l'évaluation de la politique d'adaptation en particulier.

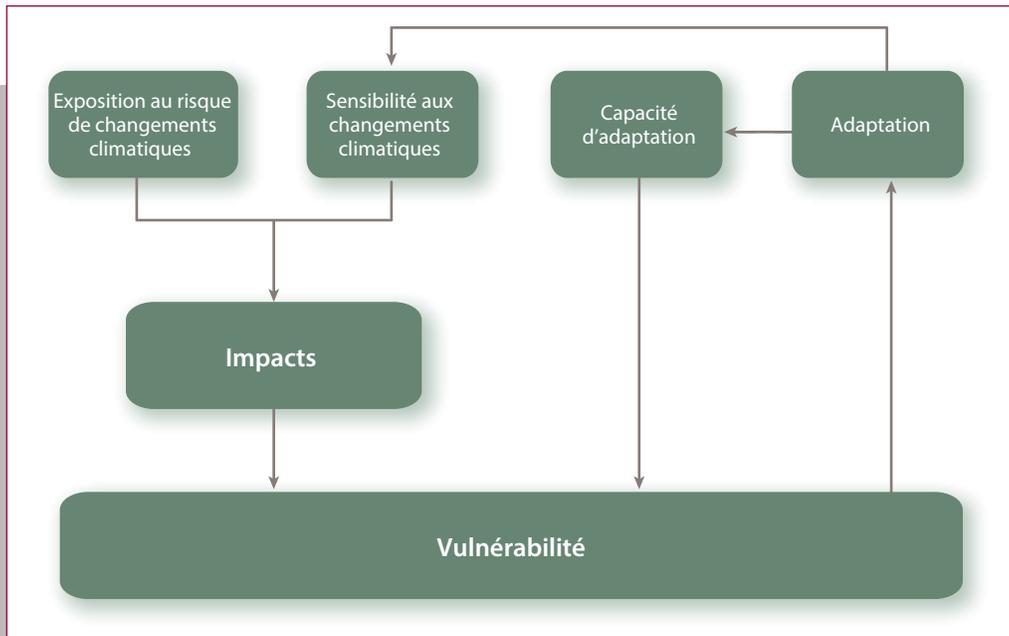


FIGURE 1. Version simplifiée de l'approche centrée sur l'évaluation de la politique d'adaptation. Cette approche générale s'applique aux systèmes couplés « homme-environnement » qui pourraient être vulnérables aux changements climatiques. Par conséquent, les notions d'exposition au risque, de sensibilité et de capacité d'adaptation comportent toujours des aspects biophysiques et humains. Dans le cas de l'aménagement forestier durable, la capacité d'adaptation biologique est une composante de la diversité biologique. Pour cette raison, dans le cadre proposé ici, la capacité d'adaptation porte sur la capacité du système humain uniquement.

Dans ce rapport, on notera que le terme « vulnérabilité » renvoie autant aux impacts positifs des changements climatiques sur l'AFD (qui peuvent être favorisés grâce à l'adaptation) qu'aux impacts négatifs (qui peuvent être mitigés par l'adaptation). Il peut paraître étrange qu'on tienne compte des impacts positifs dans l'évaluation de la vulnérabilité. Voilà une façon peu habituelle de procéder

par rapport aux façons dont on effectue habituellement les évaluations de la vulnérabilité. Néanmoins, il est important de considérer ces deux pôles d'impacts lors de l'élaboration d'une stratégie d'adaptation pour éviter d'éliminer ou d'exclure les options d'adaptation bénéfiques qui renforceraient les effets bénéfiques.

JUSTIFICATION DE L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'AFD

Étant donné la longévité des arbres, le processus de gestion des forêts nécessite le recours à des hypothèses portant sur des conditions projetées loin dans l'avenir, alors que c'est aujourd'hui qu'il faut décider comment aménager les forêts. Tel qu'il a été mentionné, les politiques et pratiques actuelles d'AFD sont basées sur l'hypothèse suivant laquelle les conditions et processus environnementaux de l'avenir seront semblables à ceux qui ont façonné les forêts d'aujourd'hui. En raison des changements climatiques, cette hypothèse n'est désormais plus valide. Par conséquent, les politiques, les normes, les approches et les autres hypothèses nécessitent d'être adaptées au fait que les conditions climatiques et de croissance différeront de celles d'aujourd'hui.

Relever l'enjeu relativement nouveau que posent les changements climatiques pour l'aménagement des forêts canadiennes exige l'adoption de nouvelles politiques et l'application de nouvelles approches de gestion. À cette fin, il faudra adopter simultanément de nouveaux cadres d'analyses et de connaissances pour élaborer ces politiques et établir ce nouveau processus décisionnel (Edwards et Hirsch, 2012). Les organismes devront passer par deux étapes fondamentales de préparation aux changements climatiques. La première étape de cette préparation consiste à voir dans quelle mesure l'organisme est disposé à s'adapter (étape 1 de la figure 2). Dans cette foulée, Gray (2012) a défini un cadre dans lequel il a structuré une approche pour l'évaluation de cet état de « préparation organisationnelle » aux changements climatiques.

La deuxième étape de préparation aux changements climatiques consiste, pour les organismes, à évaluer leur état de vulnérabilité, puis à déterminer les mesures

d'adaptation à prendre (étapes 2, 3 et 4 de la figure 2). Il existe à cette fin une méthodologie — établie internationalement — d'évaluation des impacts potentiels des changements climatiques et d'application des connaissances ainsi acquises aux politiques d'adaptation : l'évaluation dite de la vulnérabilité. Ce document présente une façon structurée de déterminer les sources de vulnérabilité aux changements climatiques considérées comme importantes pour l'AFD au Canada. On y trouve aussi la description d'une approche d'intégration des mesures d'adaptation dans le processus décisionnel et dans les politiques d'AFD.

Les aménagistes forestiers qui souhaitent intégrer dans leur pratique l'adaptation aux changements climatiques trouveront grâce à cette approche l'information essentielle qu'ils recherchent. En effet, ils seront amenés à :

- établir le lien direct entre les évaluations et les décisions prises en matière d'adaptation;
- recourir à l'input d'une grande diversité d'experts, y compris les scientifiques, les aménagistes forestiers et les intervenants locaux;
- faciliter l'apprentissage et l'échange d'information et de connaissances;
- considérer différentes échelles spatiotemporelles et différents cadres de travail;
- adopter une approche de mise au point et de mise en œuvre de mesures d'adaptation robustes, compte tenu de l'incertitude liée aux changements climatiques à long terme;
- appliquer une approche systémique pour résoudre les problèmes complexes, dynamiques, transversaux et interactifs que posent les changements climatiques en rapport avec l'AFD.

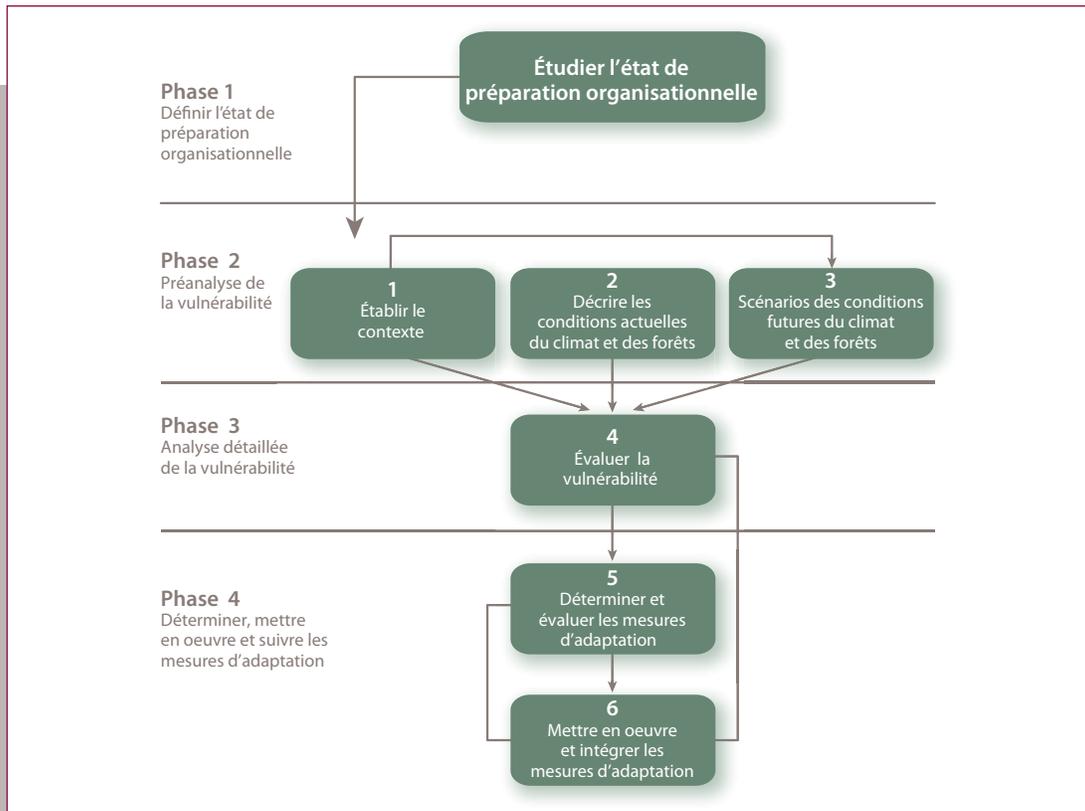


FIGURE 2. Les quatre phases de l'adaptation d'un système d'AFD aux changements climatiques.



Photo : Ressources naturelles Canada

CADRE D'ÉVALUATION

Étape 1 : Établissement du contexte

Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité présenté dans ce rapport (étapes 2, 3 et 4 de la figure 2) est basé sur une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité de quatrième génération (Fussler et Klein, 2006). L'application de ce cadre permettra aux aménagistes forestiers de déterminer le degré de vulnérabilité de l'AFD aux changements climatiques au Canada et de se servir de cette information pour élaborer des mesures d'adaptation. Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité de l'AFD comprend six étapes (figure 2) :

- établissement du contexte (E1)
- description des conditions actuelles du climat et des forêts (E2)
- élaboration de scénarios des conditions futures du climat et des forêts (E3)
- évaluation de la vulnérabilité de l'AFD au climat actuel et au climat futur (E4)
- élaboration et mise au point des options d'adaptation (E5)
- mise en œuvre et intégration des options d'adaptation (E6)

Les étapes 1, 2 et 3 constituent, pour l'organisme, la phase préparatoire de l'évaluation de la vulnérabilité (figure 2) avant l'évaluation en profondeur (étape 4). Les étapes 5 et 6 constituent la phase du suivi. On y sélectionne les options d'adaptation, on les étudie, puis on les met en œuvre (pour autant qu'elles soient faisables et justifiées). Au cours du temps, l'apport d'information nouvelle et de modifications dans les objectifs d'AFD peut mener à la révision des mesures d'adaptation déjà en cours, à la mise en œuvre de nouvelles mesures ou à une réévaluation du degré de vulnérabilité de l'AFD. Ainsi, l'évaluation de la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques forment un processus continu.

L'étape 1 du cadre d'évaluation de la vulnérabilité consiste à établir le contexte d'analyse et de prise de décision. Trois raisons justifient la mise en place de ce contexte. La première raison est que cette étape permet d'assurer la cohérence entre les objectifs et la méthodologie de l'évaluation de la vulnérabilité et le système de gestion dans lequel cette évaluation sera appliquée. La deuxième, c'est que cette étape permet d'établir des liens clairs entre les parties de l'évaluation qui concernent la vulnérabilité et celles qui concernent l'adaptation. La troisième, c'est qu'au terme de l'étape 1, l'organisme est en mesure de confirmer sa capacité de réaliser l'évaluation.

Définition du contexte d'analyse

Définir le contexte d'analyse (« déterminer la portée du problème ») marque la première sous-étape de l'étape 1. Il s'agit de faire état 1) du besoin de procéder à une évaluation, 2) de la disponibilité des ressources requises et 3) de la façon dont l'évaluation sera utilisée. À cette fin, les questions qu'un organisme pourrait se poser seraient entre autres :

- L'effet des changements climatiques sur l'AFD préoccupe-t-il beaucoup les gens dans la région à l'étude, et si oui, pourquoi?
- Quelles pourraient être les conséquences de ne pas entreprendre d'évaluation de la vulnérabilité et de ne pas s'adapter aux changements climatiques de façon proactive?
- Si on procède à l'évaluation, comment utilisera-t-on les résultats?
- Quel est le niveau de détail requis pour l'évaluation et de quelles ressources dispose-t-on pour la réaliser?
- Est-ce que l'organisme est pourvu des outils pour mener à bien l'évaluation de la vulnérabilité?
- Est-ce que l'organisme est outillé pour appliquer les résultats de son évaluation et pour mettre en œuvre les mesures d'adaptation?

Description du système de gestion

La deuxième sous-étape d'établissement du contexte (E1) porte sur la description du système de gestion. Le système dont il est question ici est habituellement celui du système « homme-forêt » fonctionnant suivant un certain nombre d'objectifs d'AFD, et qui est sensible aux changements climatiques. Le système « homme-forêt » peut être considéré à n'importe quelle échelle, par exemple, l'échelle forestière provinciale, celle d'une collectivité, d'une aire protégée, d'une unité d'aménagement forestier ou d'un petit boisé privé. Le type d'information qu'il faut réunir pour décrire le système de gestion de l'AFD est de l'ordre suivant :

- la description spatiale et structurelle du système d'aménagement forestier (p. ex., les types d'écosystèmes, leur distribution, la répartition des espèces, des classes d'âge et du volume);
- les bénéfices et la valeur tirés des produits dérivés de la forêt, y compris la valeur de la production industrielle (p. ex., la valeur du bois) et celle des produits non ligneux (p. ex., l'utilisation pour les loisirs, les avantages associés aux espèces sauvages, la valeur intrinsèque des forêts);
- une vue d'ensemble de l'organisme qui propose d'entreprendre l'évaluation, y compris ses responsabilités et ses mandats envers l'AFD;
- la description de la façon dont l'AFD est défini et mis en œuvre compte tenu du système de gestion appliqué.

Description des facteurs non climatiques influant sur le système

Les changements climatiques ne sont pas les seuls facteurs qui influent sur l'AFD. Dans cette troisième et dernière sous-étape de E1, on passe en revue les facteurs non climatiques susceptibles d'influencer l'AFD : la mondialisation, l'urbanisation, les changements technologiques, la restructuration des marchés, les changements démographiques, l'évolution des valeurs sociales reliées à l'utilisation et à la gestion des forêts publiques, la pollution de l'air et l'exploitation des ressources naturelles non forestières. Considérer les effets des facteurs non climatiques sur le système à l'étude est un aspect important de l'évaluation de la vulnérabilité.

Étape 2 : Description des conditions actuelles du climat et des forêts

L'étape 2 en est aussi une de description : du climat actuel, des changements qu'il a subis récemment et des répercussions de ces changements sur les forêts, leurs processus et sur les façons dont les aménagistes forestiers se sont adaptés aux conditions actuelles du climat et des forêts. L'adaptation planifiée ou préventive (c.-à-d. l'adaptation par anticipation aux impacts potentiels des changements climatiques) exige que les aménagistes forestiers comprennent bien ce qu'implique le phénomène des changements climatiques. Cela dit, le caractère complexe et multifacette que représentent les changements climatiques rend difficile la compréhension de ce que seront la vulnérabilité et les impacts futurs quand les conditions climatiques sont elles-mêmes difficile à prévoir. Comment une personne (ou un organisme) se trouve affectée par le climat actuel et comment elle a réussi à s'y adapter (ou à y trouver une place fonctionnelle) permet de mieux comprendre les relations existant entre le biophysique, l'humain et le climat (Ford et collab., 2006). Ces questions doivent donc être documentées au début de l'évaluation de la vulnérabilité. Par exemple, les superficies brûlées qui varient d'une année à l'autre sont en général attribuables aux variations intra et interannuelles de températures et de précipitations. En connaissant l'intensité du feu dans les années récentes, les aménagistes forestiers peuvent donc déduire quelle combinaison de jours chauds ou de périodes sans pluie contribue au déclenchement d'incendies. Déterminer ces liens permet de répondre plus facilement à des questions telles que : « Qu'arriverait-il si les conditions changeaient significativement dans le futur par rapport à celles d'aujourd'hui (p. ex., plus chaudes et sèches en moyenne ou marquées de tempêtes plus fréquentes et plus intenses)? » et « Comment, en général, les individus, les organismes et le système d'AFD seraient affectés? »

La description des conditions actuelles du climat et des forêts représente une étape importante dans le cadre d'évaluation de la vulnérabilité parce qu'elle permet aux aménagistes d'établir ce qu'ils peuvent avancer avec une certaine certitude. De fait, leur compréhension des relations actuelles entre le climat, les forêts et l'aménagement forestier est peut-être la seule chose dont l'aménagiste est somme toute assez certain.

Étape 3 : Élaboration de scénarios des conditions futures du climat et des forêts

Le climat influence directement l'habitat des espèces, la croissance des arbres, la régénération, la mortalité et les processus de perturbation. Par conséquent, les changements climatiques modifieront la répartition et la structure des forêts, la distribution des espèces et la productivité forestière. Ils influenceront aussi les caractéristiques physiques des paysages, comme le pergélisol, la stabilité des sols et les régimes hydriques, ainsi que les infrastructures faites par l'homme comme les chemins d'hiver. Ces effets ont aujourd'hui des répercussions importantes sur l'atteinte des objectifs d'AFD et sur les processus décisionnels. Par conséquent, l'évaluation de la vulnérabilité de l'AFD aux changements climatiques exige la compréhension ou l'estimation des impacts potentiels (ou l'étendue des impacts) des changements climatiques sur les forêts.

Fait important à considérer cependant : l'incertitude demeure quant au climat de l'avenir et quant aux réactions des forêts à ce climat futur, quel qu'il soit. Il est toujours possible d'inférer les impacts à venir en recourant à la modélisation et aux connaissances scientifiques. Cette possibilité a toutefois ses limites parce que les prévisions basées sur la modélisation sont elles-mêmes peu fiables, particulièrement à l'échelle de temps inhérente à l'analyse des changements du climat. Une autre possibilité est d'élaborer des scénarios. L'emploi de scénarios se révèle une technique bien établie de planification, car elle permet d'utiliser de l'information appropriée pour la planification dans un contexte d'incertitude.

Qu'est-ce qu'un scénario?

Selon Berkhout et collab. (2002), l'analyse de scénarios est fondée sur quatre principes : (1) la reconnaissance du fait que les tendances du passé ne peuvent servir de base de projection pour l'avenir, (2) l'acceptation qu'on ne puisse prévoir l'avenir avec certitude, mais « qu'envisager » des potentialités peut faire avancer le processus décisionnel local, (3) l'acceptation de l'incertitude et la reconnaissance qu'un nombre inconnu de différentes situations puissent advenir, et (4) la reconnaissance du fait que les connaissances locales sont d'une importance fondamentale dans l'élaboration de bons scénarios. Le projet « Forest futures » (Avenir des forêts) dirigé par le réseau de la Gestion durable des forêts (SFMN, 2002–2011)

constitue un exemple récent d'exercice de mise au point de scénarios intégrés en foresterie.

Un scénario n'est pas une prévision. C'est plutôt un exposé narratif qui décrit des conditions qui pourraient se présenter dans un avenir plus ou moins proche. L'élaboration de scénarios permet donc d'obtenir une gamme de séquences d'événements vraisemblables, chacune d'elles ayant une probabilité égale de se produire. C'est à partir de cet outil qu'on se fait une idée des impacts éventuels des changements climatiques sur les objectifs de l'AFD et sur ses résultats. Les scénarios aident à trouver les sources potentielles de vulnérabilité et à déterminer les options d'adaptation. Un scénario ne spécifie pas ce qui arrivera et comment il faut y réagir. Tous ces récits également probables racontant ce qui pourrait arriver nous invitent plutôt à nous poser la question « Qu'est-ce qu'on pourrait faire maintenant pour minimiser ou réduire les effets ou les risques associés à une séquence particulière d'événements et à l'ensemble de ces séquences? »

Les scénarios peuvent combiner jugements d'experts, information technique, modélisation et connaissances intuitives. Le processus de mise au point de scénarios génère plusieurs récits, misant à tour de rôle sur des hypothèses différentes concernant les facteurs en cause et chacun décrivant un éventail unique d'impacts potentiels. Chaque séquence d'événements comprise dans un scénario a des probabilités égales de se produire. L'élaboration de multiples récits exige d'imposants groupes de participants. De nombreux experts, modélisateurs et parties prenantes doivent se consulter et dialoguer, et ceux qui utiliseront cette information (décideurs, politiciens et praticiens) doivent également prendre part à la discussion. En tout état de cause, il est important que l'organisme ou l'individu qui utilisera les scénarios soit à l'aise avec ces derniers et désire se les approprier.

Parmi les auteurs qui ont établi les fondements de la scénarisation et mis au point les méthodes et approches reconnues d'élaboration de scénarios, il faut citer Wilson (1978), Godet (1987), Schoemaker (1993), Bell (1997) et Peterson et collab. (1997). Pour leur part, Berkhout et collab. (2002) ont mis au point ces méthodes et approches dans le contexte de l'évaluation des impacts des changements climatiques.

Comment établit-on les scénarios d'impacts des changements climatiques sur les forêts?

Price et Isaac (2012, n.d.) ont analysé en détail la mise au point de scénarios sur l'impact des changements climatiques sur les forêts. La première étape de cette tâche (figure 3, côté gauche) consiste à sélectionner les scénarios climatiques susceptibles de représenter une gamme de climats futurs vraisemblables pour une région donnée. Chaque scénario comprend nécessairement des projections pour certaines variables climatiques qui

influencent les écosystèmes forestiers. La deuxième étape porte sur l'évaluation de la réaction des peuplements et des écosystèmes forestiers à chacun des scénarios climatiques (c.-à-d. les impacts des changements climatiques). Cette réaction (c.-à-d. les effets sur une forêt) sera fonction de l'ampleur de l'évolution du climat selon un scénario donné (c.-à-d. l'exposition au risque) combinée au degré de tolérance ou d'adaptation d'une forêt aux modifications du climat selon les divers scénarios (c.-à-d. sa sensibilité).

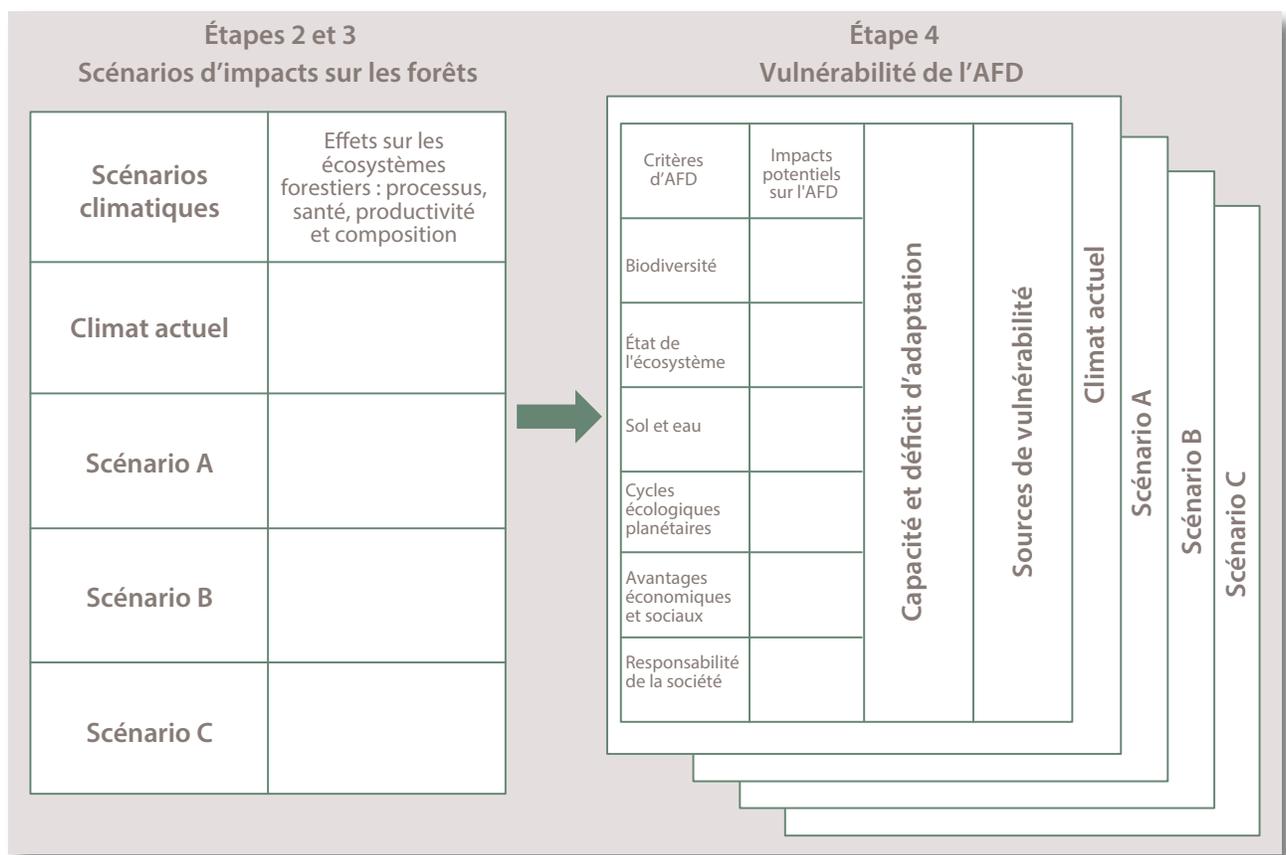


FIGURE 3. Évaluation détaillée de la vulnérabilité de l'aménagement forestier durable.

Cet exercice génère un éventail de scénarios d'impacts des changements climatiques sur les forêts (un pour chaque scénario d'évolution du climat). Les scénarios d'impacts sur les forêts pourraient comprendre une description des changements que subit toute une variété de paramètres :

- les processus physiologiques, phénologiques et ceux associés à la régénération;
- la fréquence et l'intensité des perturbations biotiques (telles que les épidémies d'insectes et les maladies)

et non biotiques (telles que le temps violent, les sécheresses et les feux);

- la santé et la productivité des écosystèmes;
- l'inventaire forestier;
- la composition et l'âge des forêts dans l'unité de paysage.

L'évaluation des impacts des changements climatiques sur les forêts sera réalisée à des échelles de temps et d'espace spécifiques. Les échelles de temps propres à l'analyse du climat couvrent des périodes de 30 ans, telles que 2010 à 2039 (qu'on appelle les années 2020), 2040 à 2069 (soit les années 2050) et 2070 à 2099 (soit les années 2080). L'évaluation peut se faire par une combinaison de modélisation (y compris les simulations à l'échelle du peuplement, les modèles d'enveloppe climatique et les modèles de la dynamique de la végétation), d'investigation scientifique (p. ex., sur la réaction des forêts à des variables du climat) et de consultation d'experts, praticiens et décideurs.

Étape 4 : Évaluation de la vulnérabilité de l'AFD au climat actuel et futur

La partie droite de la figure 3 présente les étapes d'une évaluation détaillée de la vulnérabilité de l'AFD. Comme il a été mentionné précédemment, la vulnérabilité de l'AFD au climat actuel et futur est fonction des impacts actuels et potentiels des changements climatiques sur l'AFD (c.-à-d. son exposition au risque et sa sensibilité) et de la capacité d'adaptation actuelle du système d'AFD. La première partie de l'évaluation consiste à étudier comment l'analyse des conditions actuelles du climat et des forêts (effectuée en E2) et les scénarios d'impacts des changements climatiques sur les forêts, générés en E3 (partie gauche de la figure 3), peuvent influencer sur chaque critère d'AFD. Et pour chacun de ces critères d'AFD, il faut analyser l'influence du climat actuel et de chacun des scénarios visant le climat futur et les impacts sur les forêts. Il faut également étudier les différences de réaction entre les unités spatiales (p. ex., les écozones forestières) tout comme l'évolution des changements d'une période à l'autre (p. ex., aujourd'hui, dans les années 2020, 2050 et 2080).

Dans la deuxième partie de l'évaluation de la vulnérabilité de l'AFD, on cherche à déterminer la capacité d'adaptation actuelle des organismes ou des systèmes de gestion de l'AFD. Williamson et Isaac (n.d.) ont analysé le concept de capacité d'adaptation, puis ont présenté des lignes directrices pour l'évaluer. Il existe différentes approches de description et de caractérisation de la capacité d'adaptation. Par exemple, la capacité d'adaptation générale peut être représentée par certains déterminants spécifiques tels que l'efficacité des institutions, la disponibilité des options technologiques, la disponibilité

du capital humain et social (p. ex., le savoir-faire, l'éducation, l'expérience et le réseautage), l'information et sa gestion, les ressources financières et le capital naturel, et la capacité de gestion du risque (McCarthy et collab., 2001; Johnston et collab., 2010; Johnston et collab., 2011). Un concept qui lui est lié est celui du déficit de capacité d'adaptation (Williamson et collab., 2012), qui résulte en fait de facteurs entraînant une insuffisance ou un excédent d'investissements dans les actifs qui soutiennent la capacité d'adaptation. Ces facteurs proviennent des ratés du système, c'est-à-dire le marché, la gouvernance, les institutions et le système social. Des choix irrationnels peuvent aussi entraîner un déficit de la capacité d'adaptation.

L'une des approches permettant d'évaluer la capacité d'adaptation de l'AFD consiste à déterminer celle des organismes dont le mandat est de le mettre en œuvre. Gray (2012) a établi une liste de facteurs clés qui déterminent la capacité d'adaptation d'un organisme : leadership, philosophie de gestion, structure et fonction organisationnelles, partenariats et disponibilité d'outils adéquats (c.-à-d. planification stratégique ou à long terme, capacité d'élaboration de politiques, capacité d'acquisition et de transfert de connaissances, ainsi que pouvoir et capacité de gestion sur le terrain). Dans ces deux derniers éléments, on peut en outre distinguer la capacité d'adaptation de diverses fonctions de gestion des forêts qui appuient l'AFD (p. ex., planification forestière, renouvellement de la forêt, recherche et protection des forêts).

Étape 5 : Élaboration et mise au point des options d'adaptation

S'adapter rapidement aux changements climatiques en foresterie peut contribuer à réduire substantiellement les impacts qui se produiront dans l'avenir (Ogden et Innes, 2007; Lemprière et collab., 2008; Spittlehouse, 2008; Bernier et Schoene, 2009; Seppala et collab., 2009; Williamson et collab., 2009; Johnston et collab., 2010; Edwards et Hirsch, 2012). L'adaptation de l'AFD en fonction des changements climatiques peut comporter de nombreuses activités. Les avantages suivants peuvent résulter de l'adaptation :

- la réduction des effets négatifs en raison de certaines mesures d'adaptation;
- l'augmentation des effets positifs;

- l'amélioration de la capacité d'adaptation;
- la hausse de la capacité adaptative des systèmes de gestion;
- la modification des objectifs d'AFD pour intégrer ou considérer les effets des changements climatiques sur les forêts.

L'étape 5 du cadre d'évaluation de la vulnérabilité porte sur l'élaboration d'options d'adaptation et sur leur mise au point. L'étape 5 va au-delà de l'évaluation directe des impacts des changements climatiques présents et à venir sur l'AFD et sur sa capacité d'adaptation. Elle intègre tout

un processus dans lequel l'organisme utilise les résultats des évaluations des impacts et de la capacité d'adaptation pour documenter et élaborer des options d'adaptation et les préciser.

Le cadre de travail présenté à la figure 4 systématise l'élaboration et la mise en œuvre continue des recommandations d'adaptation à mesure que l'AFD montre des vulnérabilités, système connu sous le nom d'« intégration de l'adaptation ». Ce système est fondé sur l'hypothèse fondamentale suivant laquelle l'adaptation s'enrichit des résultats de l'évaluation de la vulnérabilité effectuée à l'étape 4 du cadre d'évaluation.

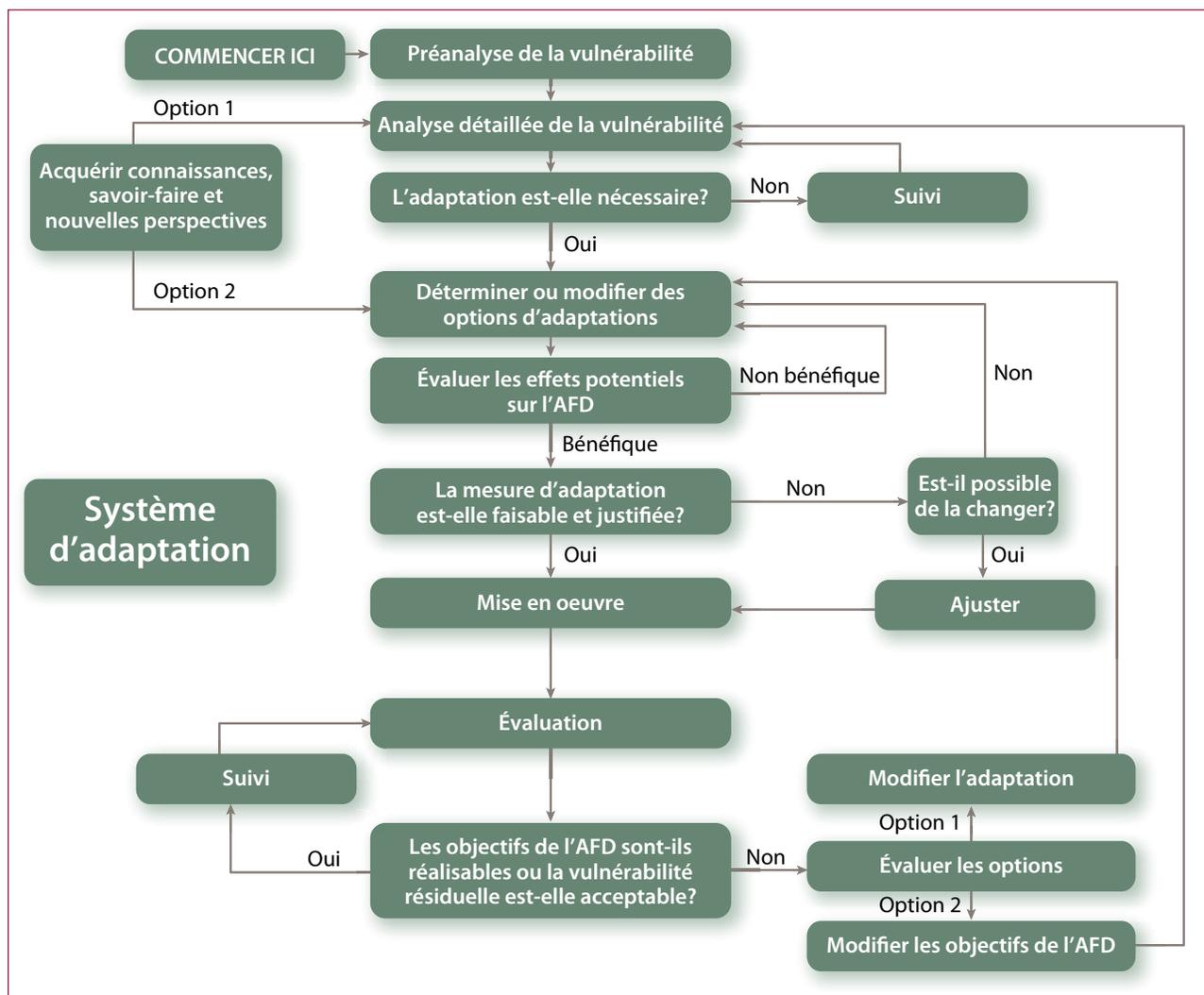


FIGURE 4. Cadre d'analyse décisionnelle de l'adaptation aux changements climatiques.

Le système d'adaptation présenté à la figure 4 n'a pas de fin précise. Sa mise en marche commence avec l'évaluation de la vulnérabilité. On part des résultats de l'évaluation de la vulnérabilité pour déterminer des mesures d'adaptation, les mettre en œuvre, les suivre et les modifier. Ces mesures doivent cependant être réexaminées périodiquement, et les vulnérabilités, réévaluées. Ce processus d'évaluation de la vulnérabilité de l'AFD se révèle donc continu et itératif. En d'autres termes, l'adaptation aux changements climatiques s'intègre dans l'élaboration des politiques et dans le quotidien du processus décisionnel. Le reste de ce chapitre et le suivant décrivent les éléments constitutifs du système d'adaptation présenté à la figure 4.

Deux activités principales caractérisent l'étape 5 : déterminer le besoin de mesures d'adaptation et déterminer ou modifier les options d'adaptation (figure 4).

Déterminer le besoin de mesures d'adaptation

Les analyses réalisées à l'étape 4 (évaluations des impacts sur l'AFD et de la capacité d'adaptation) permettent de déterminer les sources des vulnérabilités actuelles et à venir. Comprendre ces sources aide à déterminer si des adaptations sont exigées. S'il en résulte qu'aucune adaptation n'est nécessaire, alors le système d'AFD doit faire l'objet d'un suivi et la vulnérabilité, d'une réévaluation périodique.

Déterminer ou modifier les options d'adaptation

Si le besoin en matière d'adaptation se concrétise, il faut déterminer quelles sont les options d'adaptation. Le choix de ces options ou leur modification subséquente dépend du type de vulnérabilité de l'AFD et de son envergure (évaluée à l'étape 4). Certaines options d'adaptation réduiront les impacts négatifs potentiels ou augmenteront les impacts positifs potentiels, tandis que d'autres favoriseront la capacité d'adaptation ou réduiront le déficit de capacité d'adaptation.

Étape 6 : Mise en œuvre et intégration des options d'adaptation

Dans le processus décisionnel, l'intégration de l'adaptation se fait en continu : (1) les mesures d'adaptation sont évaluées en fonction de leur efficacité; (2) la faisabilité technique et les coûts-avantages sont évalués; (3) les mesures d'adaptation qui sont faisables et justifiées

sur le plan économique sont mises en œuvre; (4) la performance des mesures d'adaptation fait l'objet de suivi et d'évaluation; (5) le programme d'adaptation ou les objectifs d'aménagement sont modifiés si nécessaire; et (6) la vulnérabilité est réévaluée périodiquement à mesure qu'évoluent les connaissances, les savoir-faire et qu'on entrevoit de nouvelles perspectives (figure 4).

Évaluer l'efficacité des adaptations potentielles

L'étape qui suit la détermination de la série de mesures d'adaptations potentielles consiste à évaluer et à sélectionner les plus avantageuses pour l'AFD, c'est-à-dire les plus prometteuses pour la réalisation des objectifs de cet aménagement, dans le contexte des changements climatiques, compte tenu de sa définition dans le système de gestion en question.

Si les options sélectionnées semblent avantageuses par rapport aux objectifs d'AFD, alors on procède à l'évaluation de leur faisabilité technique (voir la section suivante). Sinon, il faut refaire l'exercice de détermination et d'évaluation des options d'adaptation et trouver des options de rechange.

Déterminer la faisabilité et les coûts-avantages des options d'adaptation

Cette étape consiste à étudier la « faisabilité » de la mise en œuvre des mesures d'adaptation proposées et peut comprendre des considérations d'ordre économique (c.-à-d. le caractère abordable, le coût, l'efficacité et la présence d'avantages nets), technique, institutionnel et d'acceptabilité sociale. Dans certains cas, la faisabilité peut être limitée par des obstacles particuliers ou par des contraintes. Par exemple, l'incertitude liée aux chances de succès peut être trop grande pour justifier l'application de mesures d'adaptation sans pousser plus loin la recherche. Il faut noter et décrire ces contraintes.

Si une option d'adaptation particulière semble impossible à réaliser, il vaut peut-être la peine de déterminer si on peut la modifier pour la rendre possible. Si c'est le cas, on procède à des ajustements; sinon, il faut la rejeter et chercher d'autres options.

Une fois que l'on a établi qu'une série particulière d'options d'adaptation favoriseront les objectifs d'AFD et qu'elles seront acceptables et réalisables, alors les options deviennent des recommandations.

Mettre en œuvre les adaptations recommandées

S'adapter signifie changer sa façon de faire les choses. La mise en œuvre d'une mesure d'adaptation peut donc signifier de changer quelque chose dans la planification, les procédures, les politiques, les règles, les lois, les investissements, les protocoles, les lignes directrices, les normes et les méthodes de travail. Cependant, les objectifs d'AFD ne sont pas touchés par cette mise en œuvre.

Évaluer la performance d'adaptation

L'évaluation est un processus continu. Son but est de déterminer si les mesures d'adaptation qui ont été mises en œuvre permettent d'atteindre les objectifs d'aménagement. Tout comme la façon d'évaluer les options avant leur mise en œuvre, l'évaluation des mesures d'adaptation après leur mise en œuvre est basée sur des critères objectifs ou des questions explicites (p. ex., « Est-ce que la durabilité de la diversité biologique est à moindre risque après la mise en œuvre de la mesure d'adaptation? »).

Indépendamment de l'acceptabilité et de la faisabilité des diverses options d'adaptation, il est probable qu'une certaine vulnérabilité demeure après leur mise en œuvre. Après la mise en œuvre d'une mesure ou d'une stratégie d'adaptation, la question fondamentale que doit se poser le décideur est : « Puis-je atteindre mes objectifs d'AFD, sinon, est-ce que la vulnérabilité résiduelle de l'AFD est acceptable? » Si la réponse à l'une ou l'autre partie de cette question est affirmative, alors le gestionnaire doit surveiller le système et procéder à des évaluations périodiques. Cependant, si la réponse est négative ou le devient à une étape subséquente, le décideur doit considérer la possibilité de modifier la mesure d'adaptation. S'il ne peut modifier la mesure, il doit envisager la perspective de modifier un ou plusieurs objectifs d'AFD et de refaire l'évaluation de sa vulnérabilité comme il est décrit ci-dessous.

Modifier les mesures d'adaptation ou les objectifs d'AFD

Dans l'éventualité où l'AFD ne progresse pas de façon satisfaisante après la mise en œuvre des mesures d'adaptation, le gestionnaire ou l'organisme peut envisager d'autres possibilités. L'une d'elle est de modifier la mesure d'adaptation. Choisir cette option ramène l'organisme à l'étape intitulée « Déterminer ou modifier les options d'adaptation » dans le cadre de l'analyse décisionnelle (figure 4). Une autre possibilité est de modifier les objectifs d'AFD, lesquels mènent à l'étape intitulée « Analyse détaillée de la vulnérabilité ». Cet exercice entraîne la réévaluation de la vulnérabilité de l'AFD compte tenu du nouvel objectif.

Acquérir des connaissances, du savoir-faire et de nouvelles perspectives

Au cours du temps, l'émergence d'information nouvelle peut mener à une meilleure compréhension des impacts des changements climatiques sur les forêts et sur les objectifs d'AFD. Il se peut aussi qu'il survienne des événements qui affectent la capacité d'adaptation ou qui changent les attentes de la société envers les forêts. Cette information nouvelle pourrait nécessiter la révision des objectifs d'AFD. Dans de tels cas, refaire l'évaluation de la vulnérabilité de l'AFD peut se justifier. Il se peut aussi que l'information et les perspectives nouvelles mènent à l'adoption d'options d'adaptation plus efficaces et effectives, lesquelles doivent alors être évaluées et éventuellement mises en œuvre.

Effectuer le suivi

Le suivi est une partie essentielle du cadre d'évaluation de la vulnérabilité (figure 4). Le suivi (ou monitoring) comprend la vérification régulière du système d'AFD pour s'assurer que l'on a atteint les objectifs (ou qu'ils le seront dans l'avenir) dans le contexte des changements climatiques.

SOUPLESSE DU CADRE

On ne retrouve pas au Canada un système d'AFD unique et uniforme. En fait, il en existe un grand nombre, chacun variant selon le contexte spatial, opérationnel et organisationnel. La nature de la vulnérabilité de l'AFD aux forces externes diverses — y compris les changements climatiques — est par conséquent variable, tout comme la façon de considérer la question des changements

climatiques et d'intégrer les solutions à l'AFD. L'évaluation de la vulnérabilité doit donc se faire à des échelles multiples (p. ex., l'échelle nationale, provinciale et celle de l'unité d'aménagement forestier), selon différents contextes organisationnels (p. ex., organisme national, autorité provinciale de gestion forestière, industrie titulaire d'une concession forestière, collectivité dépendante de la forêt et propriété privée) et pour différentes situations géographiques. Le cadre qui est présenté ici est souple et applicable à ces divers contextes spatiaux, opérationnels et organisationnels et à différentes situations géographiques.



Photo : Kelvin Hirsch



Photo : Ressources naturelles Canada

CONCLUSIONS

Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité présenté ici comprend plusieurs éléments qui en font un outil d'aide adéquat pour les aménagistes forestiers désirant mieux comprendre les changements climatiques et s'y adapter. On y trouve d'abord une approche détaillée et intégrée pour planifier l'adaptation aux changements climatiques. Cette approche basée sur des méthodes bien établies d'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques a été modifiée pour intégrer l'aspect des changements climatiques dans l'AFD. Ensuite, le cadre présente une approche systématique et structurée pour analyser la vulnérabilité et favoriser l'adoption de mesures d'adaptation qu'il est facile d'intégrer dans le processus décisionnel. Enfin, le cadre présente une approche analytique qui s'inspire des connaissances et du savoir-faire provenant d'horizons variés, notamment les scientifiques, les décideurs et les aménagistes forestiers.

En mettant en application ce cadre d'évaluation de la vulnérabilité, les aménagistes forestiers du Canada réduiront les risques associés aux changements climatiques, de même qu'ils pourront tirer profit des occasions favorables qui leur sont associées. Ils amélioreront en outre leur capacité à tenir compte des changements climatiques dans les objectifs l'AFD. Maintes raisons justifient les aménagistes forestiers de vouloir utiliser ce cadre d'évaluation de la vulnérabilité, car ils les guident dans la réalisation de nombreuses activités de planification et d'adaptation, notamment :

- mieux se préparer aux changements climatiques et mieux planifier la gestion conséquente en codifiant l'information selon sa pertinence pour l'adaptation et en l'intégrant au processus décisionnel;
- déterminer les lacunes critiques en matière de connaissances;

- tenir compte de l'incertitude de façon explicite;
- évaluer la capacité d'adaptation et l'intégrer dans le processus décisionnel;
- mettre en œuvre les mesures d'adaptation d'une manière planifiée et proactive;
- faire un suivi de l'application des mesures d'adaptation, évaluer leur efficacité et les modifier si nécessaire;
- subdiviser en parties gérables le problème complexe des changements climatiques;
- baser le processus d'adaptation — autant l'étape de planification que l'étape décisionnelle — sur l'ensemble des sciences, des recherches, des politiques et des connaissances pratiques;
- établir un langage commun pour l'analyse, la consultation et les discussions.

On prévoit que les changements climatiques continueront d'évoluer dans l'avenir. Certains de leurs impacts seront progressifs, mais il se produira aussi des phénomènes extrêmes périodiques et inattendus, tels que la récente épidémie du dendroctone du pin ponderosa. C'est pourquoi l'un des principes clés qui régit le cadre d'évaluation est celui de l'intégration continue : l'évaluation de la vulnérabilité, l'adaptation et le suivi devraient en effet être vus comme un processus inhérent et continu qui s'intègre parfaitement dans les politiques, la pratique, les opérations et la gestion prévisionnelle.



Photo : Kelvin Hirsch



REMERCIEMENTS

Des remerciements tout spéciaux sont adressés aux membres du Groupe de travail sur les changements climatiques (GTCC) du CCMF : Stan Kavalinas, Daryl Price et Evelynne Wrangler (Alberta Ministry of Environment and Sustainable Resource Development [ministère de l'Environnement et du Développement durable des ressources de l'Alberta]), Jim Snetsinger, Kathy Hopkins et Dave Peterson (British Columbia Ministry of Forests, Lands, and Natural Resource Operations [ministère des Forêts, des Terres et des Opérations des ressources naturelles de la Colombie-Britannique]), Greg Carlson et Ryan Klos (ministère de la Conservation et de la Gestion des ressources hydriques du Manitoba), Mike Bartlett, Tom Ng et Chris Norfolk (ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick), Wayne Kelly (Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources [ministère des Ressources naturelles de Terre-Neuve et du Labrador]), Tom Lakusta (ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles des Territoires du Nord-Ouest), Jonathan Kierstead et Jorg Beyeler (Nova Scotia Department of Natural Resources [ministère des Ressources naturelles de la Nouvelle-Écosse]), Paul Gray (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario), Dan McAskill (Prince Edward Island Department of Agriculture and Forestry [ministère de l'Agriculture et des Forêts de l'Île-du-Prince-Édouard]), Dwayne Dye (Saskatchewan Ministry of Environment [ministère de l'Environnement de la Saskatchewan]), Robin Sharples (Yukon Department of Energy, Mines and Resources [ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Yukon]), Kelvin Hirsch et Tim Sheldan (Ressources naturelles Canada) et Marie-Ève Bonneau et Kumiko Onoda (Secrétariat du Conseil canadien des ministres des forêts).

Nous désirons exprimer de sincères remerciements aux membres du Groupe d'analyse technique (GAT) du GTCC : Paul Gray (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario), Mark Johnston (Conseil de recherches de la Saskatchewan), Jason Edwards, Kelvin Hirsch, David Price et Catherine Ste-Marie (Ressources naturelles Canada) et Marie-Ève Bonneau, Kendra Isaac et Kumiko Onoda (Secrétariat du Conseil canadien des ministres des forêts) pour leur apport pertinent, rétroaction, conseils et appui aux multiples versions de ce rapport.

Nous remercions aussi Les Stanfield, Jim Baker, Bill Dalton et Nick Baggs (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario), Paul Lansbergen (Association des produits forestiers du Canada), Jimena Eyzaguirre (Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie) et David Pearson (Université Laurentienne) pour l'apport de leurs judicieux conseils et suggestions.

Nous avons également beaucoup apprécié les contributions respectives de Peter Fuglem (British Columbia Ministry of Forests, Lands, and Natural Resource Operations [ministère des Forêts, des Terres et des Opérations des ressources naturelles de la Colombie-Britannique - retraité]), de Jeff Young (Ressources naturelles Canada) de même que le travail exceptionnel de nos préparatrices de textes Brenda Laishley (Ressources naturelles Canada) et Peggy Robinson (conseillère en rédaction indépendante); la graphiste Sue Mayer (Ressources naturelles Canada), la traductrice de l'anglais au français Hélène D'Avignon, de Denis Rochon (réviseur pigiste) et de Benoit Arsenault (Ressources naturelles Canada) pour la révision des textes en français.



Photo : Kelvin Hirsch

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bell, W. 1997. *Foundations of future studies: human science for a new era*. Transaction Publishers. New Brunswick, NJ.
- Berkhout, F.; Hertin, J.; Jordan, A. 2002. Socio-economic futures in climate change impacts assessment: using scenarios as learning machines. *Glob. Environ. Chang.* 12:83–95.
- Bernier, P.; Schoene, D. 2009. Adapting forests and their management to climate change: an overview. *Unasylva*. 231/232 Vol. 60:5–11.
- (CCMF) Conseil canadien des ministres des forêts. 2006. Critères et indicateurs de l'aménagement forestier durable au Canada : bilan national 2005. *Ressour. nat. Can. et Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.* <http://www.ccfm.org/francais/coreproducts-criteria_in.asp>
- (CCMF) Conseil canadien des ministres des forêts. 2008. Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà. Ottawa, ON. <http://www.ccfm.org/pdf/Vision_FR.pdf>. Consulté le 22 janvier 2012.
- Edwards, J.E.; Hirsch, K.G. 2012. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : préparer l'avenir. *Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.*
- Ford, J.D.; Smit, B.; Wandel, J. 2006. Vulnerability to climate change in the Arctic: a case study from Arctic Bay, Canada. *Glob. Environ. Chang.* 16:145–160.
- Fussler, H.M.; Klein, R.T. 2006. Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Clim. Chang.* 75:301–329.
- Godet, M. 1987. *Scenarios and strategic management*. Butterworths, London and Boston.
- Gray, P.A. 2012. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : une approche systématique d'exploration de l'état de préparation organisationnelle. *Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.*
- Johnston, M.; Williamson, T.; Nelson, H.; Van Damme, L.; Ogden, A.; Hessel, H. 2011. Adaptive capacity of forest management systems on publicly owned forest landscapes in Canada. Pages 267–278 in J.D. Ford and L. Berrang-Ford, eds. *Climate change adaptation in developed nations: from theory to practice*. *Adv. Glob. Chang. Res.* 42, Springer, New York.
- Johnston, M.; Williamson, T.; Munson, A.; Ogden, A.; Moroni, M.; Parsons, R.; Price, D.; Stadt, J. 2010. *Climate change and forest management in Canada: impacts, adaptive capacity, and adaptation options. A state of knowledge report*. *Sustain. For. Manag. Netw.*, Edmonton, AB. 54 p.
- Johnston, M.H.; Campagna, M.; Gray, P.A.; Kope, H.; Loo, J.A.; Ogden, A.E.; O'Neill, G.A.; Price, D.T.; Williamson, T.B. 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. *Cons. can. minist. for., Ottawa, ON.* 52 p.
- Johnston, M.H.; Edwards, J.E. n.d. Adapting sustainable forest management to climate change: an analysis of case studies from across Canada. *Can. Council. For. Minist., Ottawa, ON.* Forthcoming.
- Lemmen, D.S.; Warren, F.J.; Lacroix, J.; Bush, E., eds. 2008. *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*. *Gouv. du Can., Ottawa, ON.* 448 p.
- Lemprière, T.C.; Bernier, P.Y.; Carroll, A.L.; Flannigan, M.D.; Gilsenan, R.P.; McKenney, D.W.; Hogg, E.H.; Pedlar, J.H.; Blain, D. 2008. L'importance d'adapter le secteur forestier aux changements climatiques. *Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Cent. for. Nord, Edmonton, AB. Rapp. inf. NOR-X-416F.* 64 p.
- Lindner, M.; Maroschek, M.; Netherer, S.; Kermer, A.; Barbati, A.; Garcia-Gonzalo, J.; Seidl, R.; Delzon, S.; Corona, P.; Kolstrom, M.; Lexer, M.J.; Marchetti, M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manag.* 259(4):698–709.
- McCarthy, J.J.; Canziani, O.F.; Leary, N.A.; Dokken, D.J.; White, K.S., eds. 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge UK.
- O'Brien, K.; Eriksen, S.; Schjolden, A.; Nygaard, L. 2004. What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. *Cent. Int. Climate Environ. Res., Oslo, Norway.* <<http://www.cicero.uio.no/media/2682.pdf>>. Consulté le 21 août 2007.
- Ogden, A.E.; Innes, J.L. 2007. Incorporating climate change adaptation considerations into forest management planning in the boreal forest. *Int. For. Rev.* 9(3):713–733.

- Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E., eds. 2007. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York, NY.
- Peterson, G.D.; Cumming, G.S.; Carpenter, S.R. 1997. Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Cons. Biol.* 17(2):358–366.
- Price, D.T.; Isaac, K.J. 2012. Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : emploi de scénarios dans l'évaluation de la vulnérabilité. *Cons. can. minist. for.*, Ottawa, ON.
- Price, D.T.; Isaac, K.J. n.d. Adapting sustainable forest management to climate change: an extended report on scenarios for vulnerability assessment. *Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., North. For. Cent.*, Edmonton, AB. Inf. Rep. Forthcoming.
- Reid, S.; Smit, B.; Caldwell, W.; Belliveau, S. 2007. Vulnerability and adaptation to climate risks in Ontario agriculture. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chang.* 12(4):609–637.
- Schneider, S.H.; Semenov, S.; Patwardhan, A.; Burton, I.; Magadza, C.H.D.; Oppenheimer, M.; Pittock, A.B.; Rahman, A.; Smith, J.B.; Suarez, A.; Yamin, A. 2007. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Pages 779–810 *in* M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, eds. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York, N.Y. 976 p.
- Schoemaker, P.J.H. 1993. Multiple scenario development: its conceptual and behavioural foundation. *Strateg. Manag.* 14(3):193–213.
- Seppala, R.; Buck, A.; Katila, P., eds. 2009. *Adaptation of forests and people to climate change — A global assessment report*. Int. Union For. Res. Organ. IUFRO World Series Vol. 22.
- (SFMN) Sustainable Forest Management Network. 2002–2011. *Forest futures*. Univ. Alberta, Edmonton, AB. <<http://www.sfmn.ales.ualberta.ca>>. Consulté le 29 novembre 2011.
- Spittlehouse, D. 2008. *Climate change, impacts, and adaptation scenarios: climate change and forest and range management in British Columbia*. B. C. Minist. For. Range, For. Sci. Program, Victoria, BC. Tech. Rep. 045.
- (TRNÉE) Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. 2011. *Le prix à payer : répercussions économiques du changement climatique pour le Canada. Quatrième rapport sur la prospérité climatique*. Ottawa, ON. 174 p. <<http://nrtee-trnee.ca/>>. Consulté le 4 octobre 2011.
- Williamson, T.B.; Colombo, S.J.; Duinker, P.N.; Gray, P.A.; Hennessey, R.J.; Houle, D.; Johnston, M.H.; Ogden, A.E.; Spittlehouse, D.L. 2009. *Les changements climatiques et les forêts du Canada : des impacts à l'adaptation*. Rés. gestion durable for.; Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Cent. for. Nord, Edmonton, AB. 86 p.
- Williamson, T.; Hessel, H.; Johnston, M. 2012. Adaptive capacity deficits and adaptive capacity of economic systems in climate change vulnerability assessment. *For. Policy Econ.* 15: 60–166.
- Williamson, T.B.; Isaac, K.J. n.d. Adapting sustainable forest management to climate change: an overview of approaches for assessing human adaptive capacity. *Can. Counc. For. Minist.*, Ottawa, ON. Forthcoming.
- Wilson, I.H. 1978. Scenarios. Pages 225–247 *in* J. Fowles, ed. *Handbook of futures research*. Greenwood Press, Westport, CT.

GLOSSAIRE

Adaptation | Le fait de s'adapter, dans le cadre de systèmes naturels ou humains, en réaction à des stimuli climatiques réels ou prévus et à leurs effets, ce qui permet d'en atténuer les conséquences néfastes ou d'en exploiter les aspects bénéfiques (Parry et collab., 2007). L'adaptation peut prendre de nombreuses formes.

L'adaptation préventive | ou planifiée comprend des actions délibérées ou des activités entreprises dans le but de réduire les impacts négatifs (et risques) futurs et d'accroître les impacts positifs futurs en termes d'ampleur et de probabilité.

L'adaptation réactive | comprend des actions délibérées ou des activités entreprises dans le but de réduire les impacts négatifs ou d'accroître les impacts positifs une fois qu'ils sont survenus ou lorsqu'ils surviennent.

L'adaptation autonome | renvoie aux actions ou aux activités spontanées ou automatiques (c.-à-d. sans pensée ou planification consciente ou délibérée) en réaction aux stimuli causés par le climat ou les changements climatiques.

Aménagement adaptatif | Processus systématique d'amélioration continue des politiques et des pratiques de gestion par l'apprentissage tiré de l'application des politiques et des pratiques antérieures (MEA, 2005).

Aménagement forestier durable | Aménagement axé sur le maintien et l'amélioration de la santé à long terme des écosystèmes forestiers dans l'intérêt du vivant tout en offrant aux générations d'aujourd'hui et de demain des avantages écologiques, économiques, culturels et sociaux (CCMF, 2008). D'après le Conseil canadien des ministres des forêts, les critères pour définir et suivre l'aménagement forestier au Canada doivent porter sur la diversité biologique, l'état et la productivité des écosystèmes, le sol et l'eau, la contribution des forêts aux cycles écologiques

planétaires, les avantages économiques et sociaux et la responsabilité de la société.

Capacité d'adaptation | « La capacité d'un système à s'adapter aux changements climatiques (y compris la variabilité du climat et ses extrêmes) pour en atténuer les dommages potentiels, tirer avantage des possibilités ou faire face aux conséquences néfastes » (Parry et collab., 2007). Dans le cadre d'évaluation de la vulnérabilité, la capacité d'adaptation renvoie à la composante humaine (par opposition à la composante biologique) du système d'aménagement forestier durable.

Climat | « Pris dans son sens strict, le climat est généralement défini comme étant « les conditions météorologiques moyennes » ou, de façon plus rigoureuse, comme étant la description statistique — exprimée en termes de moyenne et de variabilité — de valeurs mesurables sur une période de temps variable, quelques mois ou des milliers d'années, sinon des millions. La période classique est de 30 ans telle que l'a définie l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Ces valeurs concernent le plus souvent des variables de surface comme la température, les précipitations et le vent. Lorsqu'il est pris dans un sens plus large, le terme « climat » englobe l'état du système climatique, description statistique comprise. » (Parry et collab., 2007).

Évaluation de la capacité d'adaptation | Évaluation (1) des ressources et des capacités humaines et institutionnelles disponibles (p. ex., le capital humain, social) dans le but de déterminer les besoins en matière d'adaptation et de mettre en œuvre les mesures d'adaptation; (2) des attributs, propriétés et caractéristiques structureaux influençant la capacité d'un système de s'adapter (p. ex., sa souplesse, sa rigidité, sa diversité, ses liquidités et sa substituabilité); et (3) des facteurs entravant les choix optimaux concernant les besoins et les capacités d'adaptation (p. ex., l'inefficacité des institutions, les lacunes critiques en matière de connaissances, le manque de conscientisation et les perceptions biaisées des risques). La capacité d'adaptation peut être améliorée par l'investissement direct dans

le capital de capacité d'adaptation ou par la levée des barrières qui grèvent l'investissement optimal dans la capacité d'adaptation.

Évaluation de la sensibilité | Évaluation de la sensibilité ou de l'ampleur de la réaction potentielle d'un système à un rythme ou à une ampleur particulière de changement du climat local (y compris les changements des valeurs moyennes, de la variabilité et des extrêmes). On peut réduire ou modifier la sensibilité par l'adaptation. Les impacts des changements climatiques sont fonction à la fois de l'exposition au risque et de la sensibilité du système.

Évaluation de l'exposition au risque | Évaluation des tendances passées, présentes et à venir du climat et de sa variabilité, et de l'ampleur des écarts dans les valeurs moyennes et la variation des mesures du climat entre deux périodes de temps pour une région donnée. L'exposition au risque quant au climat futur et à sa variabilité est généralement évaluée à l'aide de scénarios qui portent sur l'évolution possible du climat dans l'avenir, évolution estimée par les modèles de circulation générale qu'alimentent divers scénarios d'émission de gaz à effet de serre.

Impacts des changements climatiques | « Les effets des changements climatiques sur les systèmes naturels et humains. Selon les considérations d'adaptation, il est possible de distinguer les impacts potentiels et les impacts résiduels. Les impacts potentiels représentent tous les impacts pouvant survenir selon une projection donnée des changements climatiques, sans considération de mesures d'adaptation. Les impacts résiduels sont ceux qui devraient survenir après la mise en œuvre des mesures d'adaptation » (Parry et collab., 2007). Dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité de l'aménagement forestier durable, les impacts des changements climatiques sont la résultante du risque auquel un système est exposé et de la sensibilité de ce système pour un degré particulier de risque.

Intégration de l'adaptation | Un processus d'intégration des considérations climatiques dans les politiques et le processus décisionnel quotidien. Ainsi, un organisme peut utiliser les résultats de l'évaluation de la vulnérabilité pour faire des recommandations d'adaptation qui permettent de tenir compte des changements climatiques dans les activités quotidiennes d'aménagement forestier durable.

Options d'adaptation | Une série d'actions ou d'activités potentielles qui visent à cerner ou à réduire les vulnérabilités constatées au cours de l'évaluation.

Recommandations d'adaptation | Un sous-ensemble des options d'adaptation comprenant celles qui favorisent les objectifs d'aménagement durable des forêts et dont la mise en œuvre a été jugée acceptable et faisable.

Scénarios | Série de descriptions vraisemblables souvent simplifiées sur les façons dont l'avenir pourrait se dérouler. Les descriptions sont basées sur un ensemble d'hypothèses cohérentes définissant les forces motrices et les relations clés. Les scénarios peuvent être conçus à partir de jugements d'experts, d'information technique, de modélisation ou de l'intuition, et ils sont parfois combinés dans un « exposé narratif » (Parry et collab., 2007). Un exposé narratif reflète différentes hypothèses sur les facteurs de changements se produisant à l'intérieur d'un système et l'ensemble des impacts spécifiques qui pourraient résulter de chacune d'elles, toutes étant également susceptibles de se produire. Les scénarios ne sont pas des prévisions et ils ne comprennent généralement pas de marge d'erreur ou de probabilité d'occurrence.

Scénario d'impacts sur les forêts | Une gamme de possibilités de conditions forestières envisagées pour l'avenir résultant d'un scénario climatique donné. Les scénarios d'impacts des changements climatiques sur les forêts comprennent la description des changements qui pourraient survenir dans (1) les processus physiologiques, phénologiques et de régénération; (2) la fréquence et l'intensité des perturbations biotiques comme les épidémies d'insectes et les maladies, ainsi que des perturbations non biotiques comme les extrêmes climatiques, la sécheresse et les feux de forêt; (3) la santé et la productivité des écosystèmes; (4) l'inventaire forestier; et (5) la composition des forêts et des classes d'âge dans le paysage.

Système couplé homme-environnement | Un concept communément employé dans la documentation sur la résilience et la vulnérabilité qui renvoie à des groupes (p. ex., organismes gouvernementaux, entreprises, communautés et citoyens) qui ont des liens serrés avec l'écosystème naturel (p. ex., les écosystèmes forestiers), où les relations entre l'homme et ces systèmes naturels sont réglementées et dirigées par les institutions.

Système d'aménagement forestier durable | Un système d'aménagement forestier durable (AFD) est un système couplé homme-environnement qui génère des biens et des services à partir des forêts et dans lequel l'aménagement des forêts se fait d'une manière cohérente selon les principes et objectifs d'AFD. Les systèmes d'AFD varient selon leur contexte spatial, opérationnel et organisationnel. Ils peuvent se présenter à diverses échelles de grandeur : forêt provinciale, forêt communautaire, aire protégée, concession industrielle ou boisé privé.

Vulnérabilité | Dans le contexte des changements climatiques, la vulnérabilité d'un écosystème se définit par son degré de sensibilité ou son seuil de résistance aux effets négatifs des changements climatiques, y compris les variations climatiques et leurs extrêmes. Ce seuil est fonction de la nature, de l'ampleur et de la vitesse des changements climatiques et de leurs variations auxquelles un système est exposé, ainsi que de la sensibilité et de la capacité d'adaptation de ce système (Parry et collab., 2007).

Références bibliographiques

- (CCMF) Conseil canadien des ministres des forêts. 2008. Une vision pour les forêts du Canada : 2008 et au-delà. Ottawa, ON. <http://www.ccfm.org/pdf/Vision_FR.pdf>. Consulté le 22 janvier 2012.
- [MEA] Millennium Ecosystem Assessment Responses Working Group. 2005. Appendix A: colour maps and figures. Pages 585–623 in K. Chopra, R. Leemans, P. Kumar, and H. Simons, eds. Ecosystems and human well-being policy responses, volume 3 [on-line]. Island Press, Washington, DC. <http://www.maweb.org/documents/document.776.aspx.pdf>. Consulté le 11 avril 2012.
- McCarthy, J.J.; Canziani, O.F.; Leary, M.N.A.; Dokken, D.J.; White, K.S., eds. 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge UK.
- Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E., eds. 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York, NY.



Photo : Ressources naturelles Canada



Photo : Kelvin Hirsch

ANNEXE

L'approche centrée sur la vulnérabilité

La vulnérabilité définit le degré auquel un système est susceptible ou incapable de faire face aux effets adverses des changements climatiques, y compris leur caractère variable et leurs extrêmes. Le degré de vulnérabilité est « fonction de la nature, de l'ampleur et de la vitesse des changements climatiques et de leurs variations auxquelles un système est exposé, mais aussi de la sensibilité et de la capacité d'adaptation de ce système » (Schneider et collab., 2007). Les changements climatiques peuvent avoir à la fois des effets positifs et négatifs sur les forêts et sur l'AFD. Par conséquent, pour les fins du cadre présenté dans le document principal, l'expression « évaluation de la vulnérabilité » renvoie aux deux effets des changements climatiques autant positifs (effets qui peuvent être améliorés par l'adaptation) que négatifs (qui peuvent être mitigés par l'adaptation).

Les évaluations modernes de la vulnérabilité et de l'adaptation partagent quatre éléments : l'évaluation de l'exposition au risque, l'évaluation de la sensibilité, l'évaluation de la capacité d'adaptation et l'adaptation elle-même. Elles se définissent ainsi :

Évaluation de l'exposition au risque : Évaluation des tendances passées, présentes et à venir du climat et de sa variabilité, et de l'ampleur des écarts dans les valeurs moyennes et la variation des mesures du climat entre deux périodes de temps pour une région donnée. L'exposition au risque quant au climat de l'avenir et à sa variabilité est généralement évaluée à l'aide de scénarios qui portent sur l'évolution possible du climat dans l'avenir, évolution estimée par les modèles de circulation générale qu'alimentent divers scénarios d'émission de gaz à effet de serre.

Évaluation de la sensibilité : Évaluation de la sensibilité ou de l'ampleur de la réaction potentielle d'un système à un rythme ou à une ampleur particulière de changement du climat local (y compris les changements des valeurs moyennes, de la variabilité et des extrêmes). On peut réduire ou modifier la sensibilité par l'adaptation. Les impacts des changements climatiques sont fonction à la fois de l'exposition au risque et de la sensibilité du système.

Évaluation de la capacité d'adaptation : Évaluation (1) des ressources et des capacités humaines et institutionnelles disponibles (p. ex., le capital humain, social) dans le but de déterminer les besoins en matière d'adaptation et de mettre en œuvre les actions d'adaptation; (2) des attributs, propriétés et caractéristiques structureaux influençant la capacité d'un système de s'adapter (p. ex., sa souplesse, sa rigidité, sa diversité, ses liquidités et sa substituabilité); et (3) des facteurs entravant les choix optimaux concernant les besoins et les capacités d'adaptation (p. ex., l'inefficacité des institutions, les lacunes critiques en matière de connaissances, le manque de conscientisation et les perceptions biaisées des risques) (Williamson et collab., 2012). La capacité d'adaptation peut être améliorée par l'investissement direct dans le capital de capacité d'adaptation ou par la levée des barrières qui grèvent l'investissement optimal dans la capacité d'adaptation.

Adaptation : Actions spécifiques entreprises pour diminuer les effets négatifs et les risques liés aux changements climatiques et pour augmenter l'ampleur des effets positifs et la probabilité qu'ils se produisent. L'adaptation peut prendre de nombreuses formes. L'adaptation préventive ou planifiée comprend des actions délibérées ou des activités entreprises dans le but de réduire les impacts négatifs (et risques) futurs et d'accroître les impacts positifs futurs en termes d'ampleur et de probabilité. L'adaptation sensible ou réactive comprend des actions délibérées ou des activités entreprises dans le but de réduire les impacts négatifs ou d'accroître les

impacts positifs une fois qu'ils sont survenus ou lorsqu'ils surviennent. L'adaptation autonome renvoie aux actions ou aux activités spontanées ou automatiques (c.-à-d. sans pensée ou planification consciente ou délibérée) en réaction aux stimuli causés par le climat ou les changements climatiques. L'intégration de l'adaptation est le développement de processus qui permettent de tenir compte des changements climatiques dans les activités quotidiennes de gestion.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a appliqué une approche centrée sur l'évaluation de la vulnérabilité dans son quatrième rapport d'évaluation (Parry et collab., 2007), et cette approche a aussi été appliquée dans l'évaluation nationale des impacts des changements climatiques au Canada (Lemmen et collab., 2008). L'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques a été entreprise dans beaucoup de contextes (p. ex., Fussel et Klein, 2006) de même qu'elle a trouvé beaucoup d'applications en foresterie et dans d'autres secteurs d'activité (O'Brien et collab., 2004; Ford et collab., 2006; Reid et collab., 2007; Lindner et collab., 2010; Johnston et Edwards, n.d.).

Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité de ce rapport renvoie à « l'évaluation de la politique d'adaptation » (Fussel et Klein, 2006). Il représente la quatrième génération des méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité. Le schéma de la figure A1 représente les

relations entre les différents aspects de cette approche centrée sur l'évaluation de la politique d'adaptation : l'exposition au risque, les impacts, la capacité d'adaptation, la vulnérabilité et l'adaptation. L'ampleur des impacts (autant positifs que négatifs) des changements climatiques auxquels un système est soumis est lié à son exposition au risque et à sa sensibilité. Les systèmes non exposés au risque et ceux qui montrent peu de sensibilité auront des impacts relativement faibles et seront par conséquent considérés comme peu vulnérables. Cependant, même en cas de potentiel d'impact élevé — en raison d'un fort degré d'exposition au risque ou d'une grande sensibilité, ou les deux à la fois — on peut réduire la vulnérabilité d'un système en augmentant sa capacité d'adaptation.

L'adaptation est une composante essentielle du cadre présenté à la figure A1. La partie de l'évaluation qui porte sur la vulnérabilité (exposition au risque, sensibilité et capacité d'adaptation) contribue à déterminer les besoins d'adaptation. En retour, l'application de mesures d'adaptation réduit la vulnérabilité en diminuant la sensibilité et l'exposition au risque ou en améliorant la capacité d'adaptation. Par conséquent, l'évaluation de la vulnérabilité de même que la détermination et la mise en œuvre des mesures d'adaptation sont considérées ensemble sur une base continue.

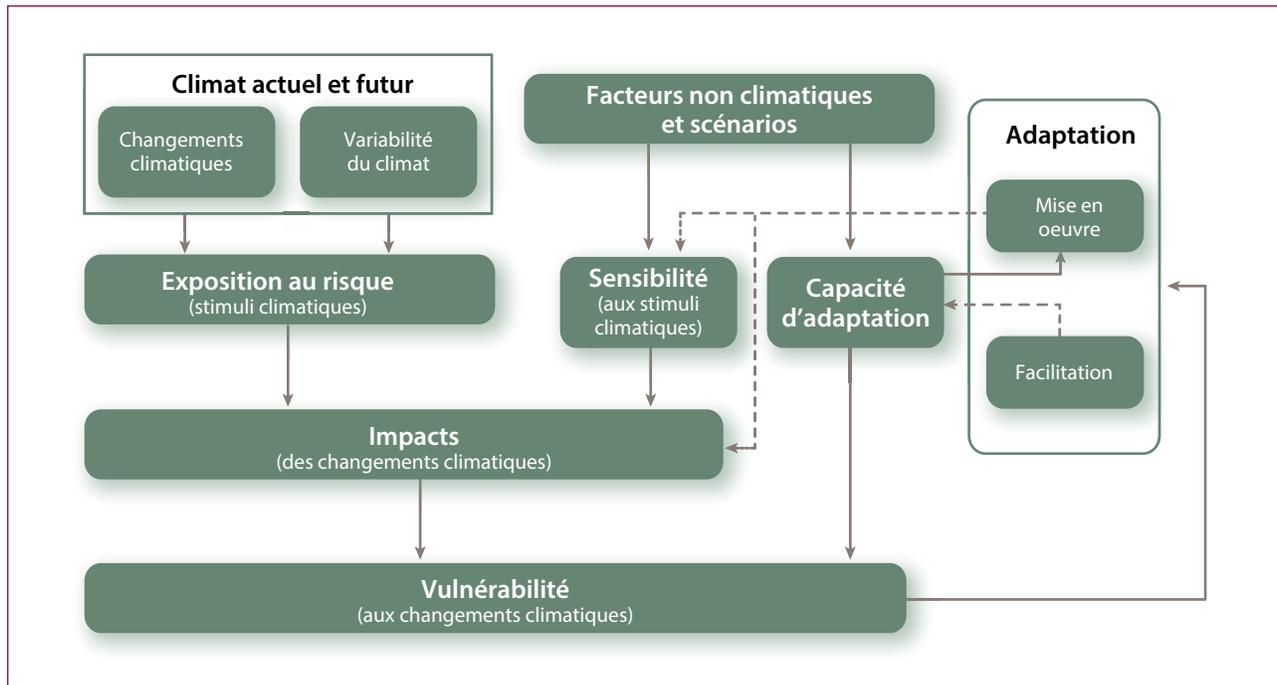


FIGURE A.1 Schéma détaillé de l'approche centrée sur l'évaluation de la politique d'adaptation (source : adapté de Fussler et Klein, 2006). Ce schéma montre les divers éléments du cadre d'évaluation de la politique d'adaptation présenté dans le rapport et les divers types de liens qui les unissent. Les lignes continues représentent les relations directes de cause à effet. Par exemple, l'augmentation des températures moyennes dans une région accroîtra l'exposition au risque. Les lignes tiretées représentent l'effet des actions humaines. Par exemple, accroître l'investissement dans l'information publique sur la lutte contre les températures extrêmes (c.-à-d. la facilitation) augmentera la capacité d'adaptation. On peut aussi mettre en place des mesures d'adaptation ciblées pour réduire la sensibilité du système à l'accroissement de la température, ce qui en réduira la vulnérabilité. La ligne pointillée indique le flux d'information alimentant les réactions liées aux politiques d'adaptation. Par exemple, une nouvelle donnée sur les sources de vulnérabilité pourrait influencer sur l'élaboration des politiques d'adaptation.

Références bibliographiques

- Ford, J.D.; Smit, B.; Wandel, J. 2006. Vulnerability to climate change in the Arctic: a case study from Arctic Bay, Canada. *Glob. Environ. Chang.* 16:145–160.
- Fussler, H.M.; Klein, R.T. 2006. Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Clim. Chang.* 75:301–329.
- Johnston, M.H.; Edwards, J.E. n.d. Adapting sustainable forest management to climate change : an analysis of case studies from across Canada. *Can. Coun. For. Minist., Ottawa, ON. Forthcoming.*
- Lemmen, D.S.; Warren, F.J.; Lacroix, J.; Bush, E., eds. 2008. *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007.* Gouv. du Can., Ottawa, ON. 448 p.
- Lindner, M.; Maroschek, M.; Netherer, S.; Kermer, A.; Barbati, A.; Garcia-Gonzalo, J.; Seidl, R.; Delzon, S.; Corona, P.; Kolstrom, M.; Lexer, M.J.; Marchetti, M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manag.* 259(4):698–709.
- O'Brien, K.; Eriksen, S.; Schjolden, A.; Nygaard, L. 2004. What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. *Cent. Int. Climate Environ. Res., Oslo, Norway.* <<http://www.cicero.uio.no/media/2682.pdf>>. Consulté le 21 août 2007.
- Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E., eds. 2007. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York, NY.
- Reid, S.; Smit, B.; Caldwell, W.; Belliveau, S. 2007. Vulnerability and adaptation to climate risks in Ontario agriculture. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chang.* 12(4):609–637.
- Schneider, S.H.; Semenov, S.; Patwardhan, A.; Burton, I.; Magadza, C.H.D.; Oppenheimer, M.; Pittock, A.B.; Rahman, A.; Smith, J.B.; Suarez, A.; Yamin, A. 2007. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Pages 779–810 *in* M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, eds. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, and New York, N.Y. 976 p.
- Williamson, T.; Hessel, H.; Johnston, M. 2012. Adaptive capacity deficits and adaptive capacity of economic systems in climate change vulnerability assessment. *For. Policy Econ.* 15: 60–166.

Pour obtenir les autres rapports du Groupe de travail sur le changement climatique du CCMF, contactez :

Conseil canadien des ministres des forêts
Service canadien des forêts
580, rue Booth, 8^e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

www.ccfm.org

