



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



CADRE D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES COMMUNAUTÉS FORESTIÈRES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

*T.B. Williamson, D.T. Price, J.L. Beverly, P.M. Bothwell, J.R. Parkins,
M.N. Patriquin, C.V. Pearce, R.C. Stedman, et W.J.A. Volney*

RAPPORT D'INFORMATION NOR-X-414 Centre de foresterie du Nord



Canada

Le Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, représente le gouvernement fédéral en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba, au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest en ce qui a trait aux recherches forestières et au transfert de technologie. Cet organisme s'intéresse surtout à la recherche en vue d'améliorer l'aménagement forestier afin que tous les Canadiens puissent en profiter aux points de vue économique, social et environnemental.

Le Centre de foresterie du Nord constitue l'un des cinq établissements du Service canadien des forêts, dont l'administration centrale est à Ottawa (Ontario).

The Canadian Forest Service's Northern Forestry Centre is responsible for fulfilling the federal role in forestry research and technology transfer in Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Nunavut, and the Northwest Territories. The main objective is research in support of improved forest management for the economic, social, and environmental benefit of all Canadians.

The Northern Forestry Centre is one of five centers of the Canadian Forest Service, which has its headquarters in Ottawa, Ontario.

La carte sur la couverture indique l'emplacement des communautés forestières canadiennes. Chaque petit point représente une subdivision de recensement où l'industrie des produits forestiers représente au moins 50 % de la base économique des revenus d'une communauté. La carte fut préparée par Marty Siltnanen et Sue Mayer, du Service canadien des forêts. Les données nécessaires pour la carte furent fournies par Dave Watson, du Service canadien des forêts, et par les résultats du recensement de Statistique Canada.



CADRE D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES COMMUNAUTÉS FORESTIÈRES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

T.B. Williamson, D.T. Price, J.L. Beverly, P.M. Bothwell¹,
J.R. Parkins², M.N. Patriquin, C.V. Pearce³,
R.C. Stedman⁴, et W.J.A. Volney

RAPPORT D'INFORMATION NOR-X-414

Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
2007

¹Edmonton, AB, auparavant avec le Service canadien des forêts

²Department of Rural Economy, 515 General Services Building, University of Alberta, Edmonton, AB T6G 2H1

³Mountain Labyrinths Inc., Box 2029, Revelstoke, BC V0E 2S0

⁴Department of Natural Resources, Fernow Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853

© Sa Majesté du chef du Canada, 2007

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320, 122 Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Numéro de catalogue: Fo133-1/414F-PDF
ISBN 978-0-662-07931-6
ISSN 0831-8247

Pour une version électronique de ce rapport, visitez la librairie du Service canadien des forêts à <http://bookstore.cfs.nrcan.gc.ca/>

TTY: 613-996-4397 (Teletype for the hearing-impaired)
ATS: 613-996-4397 (appareil de télécommunication pour sourds)

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Cadre d'évaluation de la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique [ressource électronique] / T.B. Williamson ... [et al.].

(Rapport d'information; NOR-X-414)

Monographie électronique en version PDF.

Mode d'accès: World Wide Web.

Publ. aussi en anglais sous le titre : A framework for assessing vulnerability of forest-based communities to climate change.

Comprend des réf. bibliogr .

ISBN 978-0-662-07931-6
No de cat.: Fo133-1/414F-PDF

1. Villes forestières--Canada.
2. Sylviculture--Aspect de l'environnement--Canada.
3. Forêts--Aspect économique--Canada.
4. Climat--Changements--Évaluation du risque--Canada.
5. Forêts--Productivité--Facteurs climatiques--Canada.
- I. Williamson, T. B.
- II. Centre de foresterie du Nord (Canada)
- III. Coll. : Rapport d'information (Centre de foresterie du Nord (Canada) : En ligne); NOR-X-414.

SD390.7.C55F7214 2008

307.7

C2007-980293-1

Williamson, T.B.; Price, D.T.; Beverly, J.L.; Bothwell, P.M.; Parkins, J.R.; Patriquin, M.N.; Pearce, C.V.; Stedman, R.C.; Volney, W.J.A. 2007. *Cadre d'évaluation de la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique*. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, (Edmonton) Alberta. Rapport d'information NOR-X-414.

■ RÉSUMÉ

Ce rapport présente une méthodologie qui permet d'évaluer la vulnérabilité des communautés forestières aux impacts du changement climatique et aux risques associés à ce phénomène. Certaines collectivités sont particulièrement sensibles aux impacts du changement climatique et aux perturbations qui affectent la composition et la productivité de la forêt, et qui interfèrent avec les agents responsables des processus de transformation de l'écosystème forestier (par. ex. les feux de forêt). Cette sensibilité particulière peut être due notamment à une faible capacité d'adaptation (« immobilité » relative des résidents, manque de diversité et d'autonomie économique, éloignement, etc.). Ce rapport définit certains des facteurs qui devraient être considérés dans l'évaluation de la vulnérabilité des communautés forestières et décrit les paramètres que devraient suivre les spécialistes et les responsables locaux pour déterminer de manière systématique les principaux facteurs de vulnérabilité aux impacts du changement climatique. La première phase consiste à mobiliser la communauté pour établir les paramètres contextuels de l'évaluation et à obtenir des données historiques et prospectives sur le régime climatique de la région. La deuxième consiste à interpréter ce qu'impliquent les effets prévus du changement climatique pour les forêts de la région et à déterminer les impacts sociaux et économiques qu'ils induiront sur divers plans : réserves de matière ligneuse; sources d'emplois et de revenus; augmentation du risque d'incendie forestier; viabilité économique des entreprises locales (changements structurels des marchés mondiaux); santé de la forêt; pêches, valeur esthétique du paysage forestier; qualité de l'eau et volume des réserves; activités traditionnelles et culturelles; activités récréatives; climat économique local. La troisième consiste à évaluer la capacité d'adaptation de la population locale, capacité qui dépend de plusieurs facteurs : prospérité, mobilité et niveau d'éducation de la population, réseaux sociaux, institutions, conception du risque en présence et ressources naturelles à leur disposition. Une importante considération est la capacité d'adaptation en sur le plan individuel (ménages et entreprises) et collectifs (collectivité et économie locale). Par conséquent, le profil d'adaptabilité exact d'une région forestière donnée nécessite la prise de mesures à divers niveaux d'interaction. Il faut également souligner que la capacité d'adaptation peut varier selon qu'elle soit évaluée à court terme (valeurs d'actif fixes) ou à long terme (valeurs d'actif variables). La démarche décrite dans ce document est un outil dont pourront se servir les collectivités pour recueillir l'information qui les aidera à déterminer les secteurs où elles sont le plus vulnérables aux impacts du changement climatique.

ABSTRACT

This report describes a general framework for and approach to assessing the vulnerability of forest-based communities to climate change and the potentially increased risks associated with such change. Communities that face relatively high levels of exposure to climate change and that are highly sensitive to changes in the composition and productivity of forests and to changes in forest disturbances (e.g., wildfire), or that have relatively low adaptive capacity (because of factors such as individual immobility, low economic diversity, remoteness, or lack of autonomy) will be vulnerable to climate change. This report identifies specific elements that should be considered in assessing vulnerability and outlines a series of steps that researchers or a community itself may follow to systematically determine sources of vulnerability to climate change. The first phase is to engage the community, develop a context for assessment, and obtain data on past and current climate and future climate scenarios. The second phase is to interpret what the anticipated climate changes may mean in terms of the surrounding forests and to determine the resulting social and economic impacts, including changes in local timber supply; employment and income effects; increases in the risk of wildfire; changes in the economic viability of local firms (because of structural change in global markets); changes in forest health, wildlife, fisheries, forest esthetics, water quality and quantity, traditional and cultural activities, and outdoor recreation opportunities; and increases in instability, volatility, and uncertainty in the local economy. The third phase is to measure the local capacity for adaptation. Many factors affect adaptive capacity, including wealth, mobility, education, social networks, trust, institutions, risk perceptions, and natural resource endowments. An important consideration is that the capacity to adapt exists both as a property of individual households and firms and as a general property of the community and the local economy. Therefore, an accurate portrayal of adaptive capacity requires measurement at different levels of aggregation. Adaptive capacity may also vary depending on whether it is assessed over the short term (where assets are fixed) or over the long term (where assets are variable). The framework presented in this document is a tool that communities can use to gather information that will help them identify where they are most vulnerable to climate change.

■ DÉDICACE

Ce rapport est dédié à la mémoire de Mike Waldram. Mike était un visionnaire et un grand défenseur des communautés forestières. Ce rapport n'aurait pas été possible sans l'encouragement et l'appui de Mike.

■ PRÉFACE

Les communautés forestières font face à plusieurs défis et, au cours des dernières années, le changement climatique a commencé à faire surface comme étant l'une de ces préoccupations. Une manière d'améliorer la capacité des communautés à s'adapter au changement climatique, c'est de s'assurer qu'elles aient accès à l'information sur les sources de vulnérabilité. Le présent document contient un cadre pour effectuer des évaluations sur la vulnérabilité des communautés forestières. Le cadre fut mis au point de sorte à incorporer une variété d'approches et de sources d'information, y compris les connaissances locales, des opinions d'experts, la collecte de données détaillées et une analyse technique. Le cadre met l'accent sur l'évaluation de la vulnérabilité qui se produit suite aux impacts du changement climatique sur les forêts. Il est important de reconnaître que le changement climatique va affecter les communautés de d'autres manières qui ne sont pas incluses dans le cadre. À titre d'exemple, le changement climatique pourrait avoir des incidences directes sur la santé, sur l'infrastructure de la communauté et sur les risques de conditions météorologiques exceptionnelles. De plus, le changement climatique peut affecter d'autres industries et les ressources naturelles, telles que l'industrie agricole, l'industrie du tourisme, ainsi que les ressources en eau de surface et souterraines. Par ailleurs, les communautés sont affectées par plusieurs forces qui ne sont pas reliées au climat. Ces aspects ne sont pas directement considérés ici, mais un cadre de vulnérabilité pourrait éventuellement être élargi pour couvrir ces sujets. Le présent document met l'accent sur l'évaluation de la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique et il est le résultat d'une initiative conjointe du Réseau canadien de forêts modèles et du Service canadien des forêts.

■ CONTENTS

INTRODUCTION	1
LA VULNÉRABILITÉ, C'EST QUOI AU JUSTE?	2
CADRE D'ÉVALUATION ET APPROCHE	4
Sensibilité des communautés forestières au changement climatique	5
Cadre d'évaluation	7
Approche et portée pour l'évaluation de la vulnérabilité	9
OPTIONS MÉTHODOLOGIQUES POUR L'ÉVALUATION	10
MISE EN CONTEXTE PAR UN SURVOL DE LA COMMUNAUTÉ	10
CLIMAT LOCAL.	11
Compréhension du climat local et de son influence actuelle	11
Scénarios climatiques	12
IMPACTS SUR LES FORÊTS	16
Impacts sur la composition et la productivité de la forêt	16
Saisir les connaissances locales	16
Surveillance	17
Modélisation.	18
Effets sur la susceptibilité aux incendies de forêt et sur la santé de la Forêt	21
Incendies de forêt	21
Santé de la forêt	23
IMPACTS SUR LA COMMUNAUTÉ	24
Scénarios socioéconomiques	24
Évaluation des impacts sur l'économie régionale.	27
Méthodologie liée aux impacts sur l'économie régionale	27
Modèles d'impacts économiques	28
Impacts sur les valeurs du paysage	29
CAPACITÉ D'ADAPTATION	31
Indicateurs de la capacité d'adaptation	31
Approche basée sur la communauté	31
Capacité d'adaptation du système économique d'une communauté	32
Capital social	34
Perception des risques.	35
Perceptions des risques chez les individus	36
Perceptions du risque de la communauté	37
Institutions et gouvernance	38
ÉVALUATION GLOBALE	39
SOMMAIRE ET CONCLUSIONS	41
REMERCIEMENTS	42
TRAVAUX CITÉS	43

■ FIGURES

1. Cheminement des impacts du changement climatique sur les communautés forestières. 6
2. Modèle conceptuel d'évaluation de la vulnérabilité des communautés forestières. 8

■ TABLEAUX

1. Facteurs contribuant à la sensibilité d'une communauté aux incendies de forêt 22
2. Cliché comparatif des caractéristiques des modèles. 28

INTRODUCTION

On s'attend à ce que les impacts du changement climatique seront plus grands pour certaines sections de la société que pour d'autres à cause; de leur emplacement géographique; du degré d'association avec les environnements sensibles au climat; et, des caractéristiques économiques, politiques et culturelles uniques de certaines régions (McCarthy et coll. 2001; Dolan et Walker 2004). Au Canada, les zones rurales et les communautés dépendant des ressources causent plus de préoccupations (Comité sénatorial permanent de l'agriculture et des forêts - 2003). Ce rapport propose un cadre général et une approche pour mieux comprendre la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique.

Les communautés forestières seront évidemment affectées par les mêmes impacts généraux que les communautés non forestières. Voici des exemples d'impacts généraux : effets sur la santé, impacts sur l'infrastructure et exposition aux conditions météorologiques exceptionnelles. En plus de ces impacts généraux, les communautés forestières pourraient être affectées par le changement climatique de manières spécifiques (entre autres), à cause de leurs connections aux forêts sensibles au climat :

- Les résidents des communautés forestières ont généralement des liens très forts avec leur paysage environnant; des changements dans ce paysage pourraient affecter leurs activités et leurs valeurs.
- Les communautés forestières sont situées près des forêts et les résidents pourraient donc subir de plus grands risques de pertes de propriété, perturbations des emplois, perturbations des déplacements, impacts sur la santé et menaces d'évacuation causées par le changement dans la fréquence des incendies de forêt.

- L'industrie forestière supporte l'économie de plusieurs communautés forestières, mais l'approvisionnement des matières premières (le bois de la forêt) pourrait être affecté par des facteurs reliés au climat.
- L'industrie forestière est axée sur l'exportation et les économies locales pourraient être affectées par des changements structureaux dans les marchés mondiaux causés par le changement climatique à l'échelle planétaire.

L'adaptation a le potentiel de réduire les répercussions néfastes et d'accroître les bienfaits du changement climatique. Elle a également le potentiel de réduire les dangers et les risques associés au changement climatique. Cependant, une meilleure connaissance de la vulnérabilité locale est essentielle pour une adaptation fructueuse (McCarthy et coll. 2001). La vulnérabilité dépend essentiellement : du montant d'exposition du système au changement climatique (c-à-d., le montant de changement climatique auquel on peut s'attendre dans une région donnée, l'étendue des changements dans la variabilité du climat et le degré de changement dans la fréquence des conditions météorologiques exceptionnelles); la sensibilité des systèmes naturels et humains au changement climatique; et, la capacité de ses systèmes à s'adapter. C'est pourquoi une évaluation de la vulnérabilité d'un système exige une bonne compréhension de chacune de ces composantes à des échelles appropriées.¹ L'équipe américaine « US National Assessment Synthesis Team » (NAST 2001; Parson et coll. 2003) soulignait un besoin croissant d'évaluer la vulnérabilité des systèmes humains au climat et au changement climatique. Le Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évaluation du climat (GIEC) suggérait que : « L'évaluation quantitative de la sensibilité, de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité des systèmes

¹Une définition plus détaillée de la vulnérabilité, qui s'applique mieux aux communautés qui dépendent de la forêt, est présentée dans la section intitulée « La vulnérabilité, c'est quoi au juste? » (ci-après).

naturels et humains au changement climatique, en mettant l'accent sur les changements dans l'étendue des variations climatiques, la fréquence et la gravité des phénomènes climatiques extrêmes, est une haute priorité pour réduire les écarts entre les connaissances courantes et les besoins d'élaboration des politiques » (McCarthy et coll. 2001, p. 17). Par ailleurs, l'Institut sur l'environnement de Stockholm faisait remarquer que : « Il est essentiel que nous ayons un cadre conceptuel commun qui a été opérationnalisé en indicateurs et mesures. Au delà de ça, plusieurs études de cas qui démontrent de quoi aurait l'air une évaluation de haute qualité seraient très utiles » (Kasperson and Kasperson 2001).

Pour une variété de raisons, la capacité du Canada d'évaluer la vulnérabilité au changement climatique des communautés forestières est faible. En premier lieu, la prédiction des changements du climat et des réactions biophysiques est un secteur de recherche difficile qui est caractérisé par l'incertitude et une expérimentation continue. Étendre les résultats de ces projections à une évaluation des impacts socioéconomiques ajoute aux défis de quantifier la vulnérabilité. Deuxièmement,

bien que plusieurs projections à grande échelle (de mondiale à régionale) des impacts écologiques aient été essayées, relativement peu a été fait pour produire des évaluations à des échelles qui sont pertinentes pour les aménagistes forestiers et les communautés forestières. Troisièmement, la connaissance des facteurs contribuant à la résilience des systèmes naturels et humains, et aux capacités adaptatives de ces systèmes, est incomplète. Quatrièmement, il existe un manque généralisé de compréhension des processus impliqués dans la détermination des risques sociaux et de comment les caractéristiques des systèmes sociaux et les caractéristiques de types de risques particuliers influencent les perceptions des communautés et les réactions comportementales.² Cinquièmement, il existe un manque de compréhension des rôles des configurations des droits de propriété, des versements, des méthodes de gouvernance, des processus politiques, et des structures institutionnelles en relation avec la promotion ou la restriction de la capacité d'adaptation et de résilience. En dernier lieu, il nous manque des outils d'évaluation intégrés et systématiques. Cette étude tente d'aborder toutes ces lacunes.

■ LA VULNÉRABILITÉ, C'EST QUOI AU JUSTE?

Une autre communauté est considérée vulnérable au changement climatique s'il y a une probabilité de conséquences négatives (c-à-d., la communauté est exposée et sensible) qui dépassent la capacité de la communauté de s'adapter (McCarthy et coll. 2001). Ces trois éléments (c-à-d., exposition, sensibilité et capacité d'adaptation) sont communs dans la plupart des définitions de la vulnérabilité au changement climatique (voir Dow 1992; Adger and Kelly 1999; McCarthy et coll. 2001; Luers et coll. 2003). Cependant, la vulnérabilité est considérée dans différents contextes et la définition de la vulnérabilité peut varier jusqu'à un certain point selon le contexte.

Kelly et Adger (2000), Brooks (2003) et Dolan & Walker (2004) ont résumé les différentes définitions de la vulnérabilité qui sont déjà apparues dans la documentation. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a décrit la vulnérabilité de la façon suivante :

« La vulnérabilité est une fonction de la sensibilité d'un système aux changements du climat (le degré auquel un système va réagir à un changement quelconque dans le climat, y compris les effets bénéfiques et néfastes), la capacité d'adaptation (le degré selon

²« La construction sociale est une formule utilisée par certains secteurs en sociologie pour mettre l'accent sur la manière par laquelle les institutions sociales, ainsi que la vie sociale en général, sont socialement produites, plutôt que données ou déterminées d'une manière naturelle » (Jary et Jary 1995). Donc, la construction du risque social comprend les processus et les interactions qui ont lieu et qui mènent, en bout de ligne, à une quelconque perception du risque déterminée socialement en comparaison à une mesure du risque objective et basée sur la science.

lequel des ajustements aux pratiques, aux processus ou aux structures peuvent modérer ou compenser les dommages potentiels ou de profiter des opportunités créées par un changement quelconque dans le climat), et le degré d'exposition d'un système aux dangers climatiques. Dans ce cadre, un système très vulnérable serait un système qui est très sensible aux changements modestes dans le climat, où la sensibilité comprend le potentiel d'effets néfastes substantiels, et pour qui l'habileté de s'adapter est sérieusement restreinte. La résilience est l'autre côté de la médaille de la vulnérabilité – un système résilient ou une population résiliente ne sont pas sensibles à la variabilité et aux changements du climat, et ont la capacité de s'adapter (McCarthy et coll. 2001, p. 89; certains mots furent mis en italique pour emphase) ».

Cette perception de la vulnérabilité a deux principales caractéristiques distinctes. En premier lieu, la vulnérabilité est perçue comme un effet, un résultat final. C'est-à-dire qu'un système est considéré comme étant vulnérable si le total des impacts potentiels, après l'adaptation, est particulièrement élevé selon les prédictions. Deuxièmement, cette perception de la vulnérabilité comprend ou incorpore les facteurs de causalité (c-à-d., les dangers ou les risques particuliers), les sensibilités du système et les propriétés du système qui influencent la capacité d'adaptation. Cependant, la perspective du GIEC a également deux lacunes en ce qui a trait à son application potentielle dans les communautés forestières. À titre d'exemple, elle ne tient pas vraiment compte de comment les caractéristiques des menaces climatiques pourraient influencer la réaction des gens envers ces menaces. De plus, le point de vue du GIEC suppose que si la capacité d'adaptation est élevée, la réaction adaptative sera également élevée. Cette supposition pourrait ne pas être toujours vraie, puisque des variables individuelles ou communautaires pourraient jouer un rôle médiateur important de la relation entre la capacité et l'action.

Une autre définition de la vulnérabilité vient de la documentation sur les risques naturels. Cette

perspective considère le facteur de causalité (le danger en question) et la vulnérabilité comme étant des entités indépendantes (Kelly et Adger 2000; Brooks 2003). Dans la documentation sur les dangers, la vulnérabilité est définie comme étant l'existence d'une ou plusieurs propriétés d'un système humain particulier qui déterminent sa capacité de s'adapter ou de composer avec cela en général. Cependant, la gravité et l'éventualité de dangers particuliers ne sont pas reliées à la vulnérabilité du système. Cette perspective est similaire à celle présentée dans la littérature des sciences sociales portant sur le mieux-être des communautés et sur la capacité des communautés. La capacité des communautés est définie comme étant « l'habileté collective d'un groupe de combiner différentes formes de capital dans des contextes institutionnels et relationnels afin de produire des résultats ou des aboutissements désirés » (Beckley et coll. 2002; Flora et Emery 2006). Les résultats désirés pourraient être de réagir ou de composer avec succès avec des stress externes et internes, afin de créer et de profiter des opportunités et de répondre aux besoins variés des résidents (Kusel 2001).

Pour les fins du cadre d'évaluation décrit ici, une définition spécifique de la vulnérabilité fut formulée. Cette définition élargit de différentes façons sur la définition du GIEC citée ci-haut (McCarthy et coll. 2001). En premier lieu, en suivant Smit et Pilifosova (2002), la portée a été élargie de sorte à inclure l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation aux dangers actuels reliés au climat, ainsi qu'à ceux associés avec le changement climatique futur. Deuxièmement, comme dans le cas de Davidson et coll. (2003), on a tenu compte des facteurs économiques et sociaux qui pourraient nous aider à comprendre les réactions individuelles et communautaires aux risques actuels et futurs. De tels facteurs (par ex., les perceptions des risques ou des dangers et la réticence du public de changer des institutions économiques et sociales de sa communauté) pourraient être basés tout au moins sur le manque d'information concernant la probabilité, l'ampleur et les manifestations locales du changement climatique. Ces facteurs peuvent médier la relation entre le potentiel pour une réaction adaptative (basée sur

la capacité des indicateurs communautaires) et la réaction adaptative comme telle. Trop ou pas assez d'investissement dans l'adaptation peut également se produire dans des cas où il existe un potentiel pour des économies externes (c-à-d., choix et comportements individuels logiques découlant des coûts sociaux qui ne sont pas considérés dans les décisions individuelles), des structures de gouvernance pour fournir des niveaux optimaux de biens publics qui manquent ou qui sont inadéquats (par ex., prévenir, protéger contre ou contrôler les incidences de dangers), ou les incidences d'échec institutionnels (c-à-d., quand des institutions locales ne peuvent pas s'ajuster ou se redéfinir en réaction aux conditions et circonstances externes changeantes, peut-être à cause d'un leadership faible). Donc, pour les buts du présent cadre d'évaluation pour les communautés forestières, nous avons définis la vulnérabilité tel que voici :

Dans le contexte d'une communauté forestière, la vulnérabilité est une fonction de la sensibilité et du degré d'exposition des systèmes sociaux, écologiques et économiques aux dangers climatiques (présentement et à l'avenir) et de

la capacité d'adaptation. Une communauté très vulnérable est une communauté où les systèmes économiques, sociaux et écologiques sont sensibles aux dangers climatiques, là où la sensibilité inclut le potentiel d'effets néfastes substantiels et là où la capacité de s'adapter est sérieusement restreinte. Des contraintes adaptatives peuvent être reliées à un ou plusieurs facteurs : capacité limitée, mauvaise perception des risques et des institutions faibles ou intransigeantes.

Cette définition met l'accent sur les répercussions néfastes potentielles comme sources de vulnérabilité pour les communautés forestières. Il faut remarquer, cependant, que le changement climatique peut avoir des impacts positifs ou peut créer des opportunités pour les communautés. Donc, en plus d'examiner les sources de vulnérabilité, les communautés devraient être au courant de la possibilité des impacts positifs. Adopter des mesures pour exploiter les effets positifs du changement climatique est également une forme légitime d'adaptation.

■ CADRE D'ÉVALUATION ET APPROCHE

Ce document présente un cadre pour relier l'information de sources multiples qui peut être utilisée pour mieux comprendre les sources de vulnérabilité au changement climatique au sein des communautés forestières.³ En principe, l'évaluation de la vulnérabilité devrait être holistique, examinant le système qui nous intéresse dans son entier au lieu de concentrer sur des symptômes ou des composantes spécifiques. Une telle approche est nécessaire parce que le changement climatique va probablement avoir des effets multiples sur une communauté forestière. Cependant, si l'intention d'une évaluation est de seulement aborder une partie d'un système, cela devrait être énoncé clairement dès le départ.

Le reste de cette section décrit les éléments et les caractéristiques du cadre d'évaluation proposé pour les communautés forestières. Le cadre et l'approche décrits ici mettent l'accent sur les impacts du changement climatique sur les forêts, les impacts résultants sur les communautés et la capacité d'adaptation des communautés. Tel que recommandé ci-haut, le cadre tente d'être holistique en considérant comment ces différents aspects contribuent à l'ensemble de la vulnérabilité d'une communauté. Cependant, il ne tient pas compte des impacts potentiels sur d'autres secteurs économiques (par ex., agriculture ou tourisme), sur les ressources en eau, sur la santé publique, sur l'infrastructure municipale ou

³Le cadre décrit dans le présent document est basé, en partie, sur les résultats d'un atelier d'experts organisé par le Réseau canadien de forêts modèles, à Edmonton, les 27 et 28 mai 2004. La liste des participants à cet atelier est incluse dans la section des remerciements.

sur les exigences en matière de construction; par ailleurs, il ne tient pas compte des changements dans les risques associés avec les conditions météorologiques exceptionnelles. Il est également important de reconnaître que l'avenir de la plupart des communautés rurales est, et va continuer à être, affecté par toute une variété de tendances socioéconomiques non climatiques (par ex., règles commerciales, tendances démographiques, mondialisation, urbanisation et l'économie émergente fondée sur les connaissances). C'est pourquoi toute évaluation basée sur ce cadre devrait reconnaître les sources de vulnérabilité en dehors du secteur forestier et devrait reconnaître que plusieurs facteurs non climatiques vont affecter la communauté en question de concert avec le changement climatique.

Sensibilité des communautés forestières au changement climatique

Afin de mieux comprendre et évaluer la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique, il est tout d'abord nécessaire d'identifier les différentes façons par lesquelles de tels changements pourraient affecter ces communautés. Un point de départ pour ce processus est d'identifier les moyens par lesquels les individus, les commerces, les propriétaires et

l'ensemble de la communauté sont sensibles au climat actuel et à la variabilité du climat actuel (Ford et coll. 2006).

La vulnérabilité des communautés forestières aux facteurs climatiques est le résultat d'interactions complexes entre les processus atmosphériques (c-à-d., la météo) et les systèmes socioéconomiques à l'intérieur et à l'extérieur des communautés en question. Les échelles spatiales varient de quelques mètres (pour les organismes individuels) à quelques mètres carrés ou à quelques centaines de kilomètres carrés (pour les communautés végétales et les écosystèmes), jusqu'à l'échelle nationale ou mondiale. Les échelles temporelles peuvent varier du temps nécessaire pour une « condition météorologique exceptionnelle » (par ex., une « inondation qui se produit à tous les 200 ans » ou un incendie de forêt catastrophique) jusqu'à de nombreuses générations nécessaires pour des changements climatiques qui affectent les ressources mondiales et les populations humaines. La formulation d'un cadre d'évaluation de la vulnérabilité et son application dans des contextes communautaires spécifiques exigent une bonne compréhension des processus et des systèmes clés affectant la vulnérabilité de la communauté et de comment ces systèmes et processus sont reliés (Figure 1).

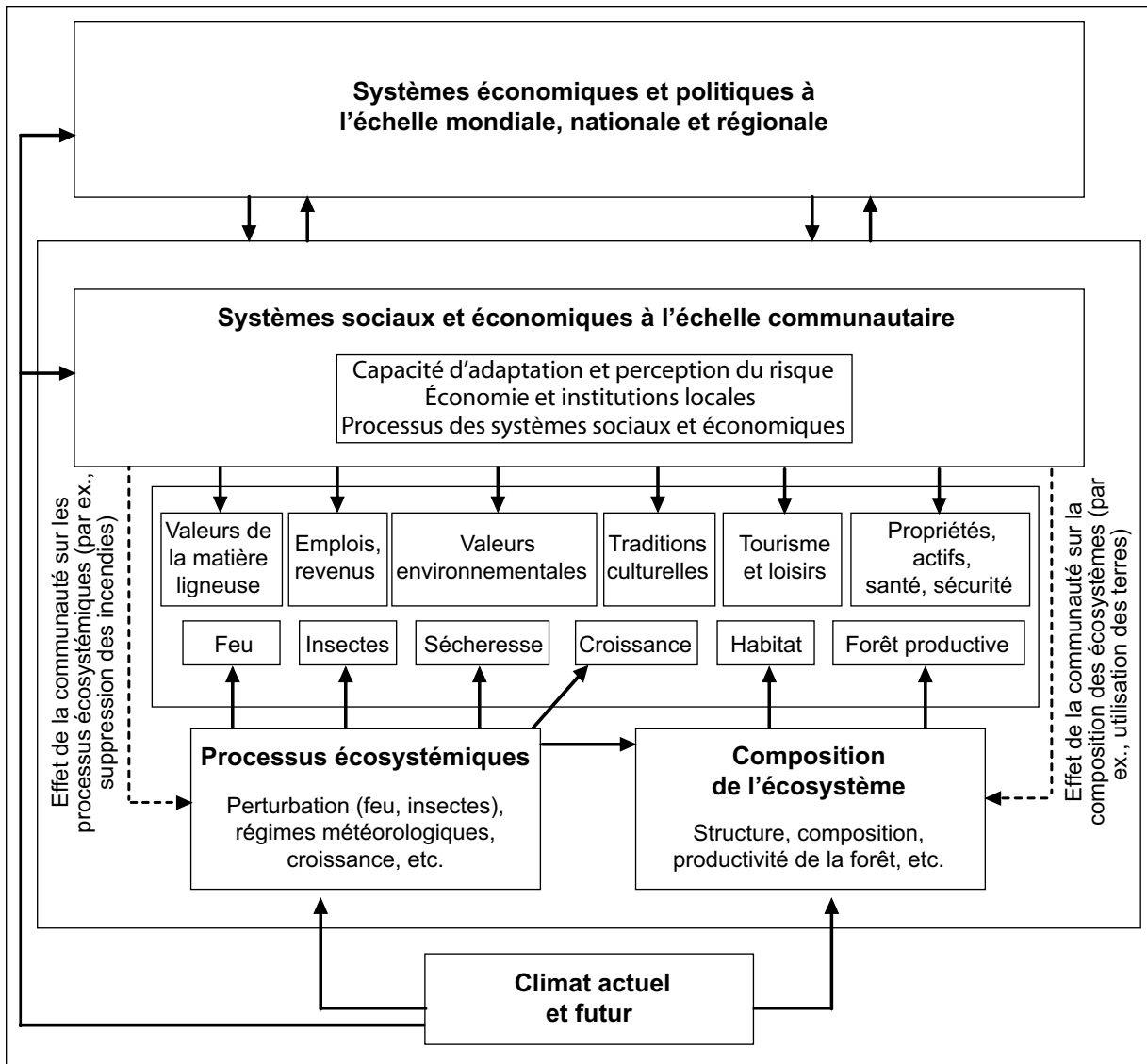


Figure 1. Cheminement des impacts du changement climatique sur les communautés forestières.

Il y a trois façons principales par lesquelles des changements du climat et la variabilité du climat peuvent affecter les communautés forestières. En premier lieu, le climat a des effets biophysiques directs sur la composition et sur les processus des écosystèmes. De tels changements peuvent avoir des implications importantes sur la disponibilité et la productivité des ressources forestières dont la communauté dépend. Deuxièmement, le changement climatique peut avoir des impacts directs sur les résidents d'une communauté, en affectant la santé, l'infrastructure de la communauté, les besoins en matière de chauffage et de climatatisation pour les bâtiments, ainsi que par des changements dans les risques associés avec les conditions météorologiques exceptionnelles. Troisièmement, des changements dans les marchés mondiaux pour les produits forestiers peuvent se produire suite aux changements dans la disponibilité mondiale du bois d'oeuvre causés par le changement climatique (Sohngen et coll. 2001; Perez-Garcia et coll. 2002). Plus précisément, on s'attend à ce que le changement climatique va mener à une augmentation de l'approvisionnement mondial en bois et à une restructuration générale de l'offre et de la demande mondiale. Cette restructuration du marché mondial pourrait avoir des implications pour les manufacturiers de produits forestiers dans les communautés forestières canadiennes qui se fient généralement sur les marchés d'exportation pour la vente de leurs produits. Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité développé dans ce rapport met l'accent sur le premier et le dernier de ces trois effets.

Cadre d'évaluation

Smit et Pilifosova (2003) ont mis au point un cadre conceptuel général pour l'évaluation de la vulnérabilité. Par la suite, Ford et Smit (2004) et Ford et coll. (2006) ont appliqué le cadre général aux communautés de l'Arctique. Pour la présente étude, un cadre similaire fut adopté et ajusté pour application aux communautés forestières (Figure 2). Cette cadre donne suite à la définition de la vulnérabilité présentée dans la section précédente. En particulier, la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique résulte de l'exposition au climat, de la sensibilité de l'écosystème forestier et des systèmes sociaux et économiques d'une communauté, de différents scénarios socioéconomiques, des tendances mondiales dans les marchés des produits forestiers, ainsi que de la capacité d'adaptation d'une communauté. Des aspects reliés à l'exposition et à la sensibilité au changement climatique furent discutés brièvement dans la section précédente. Des exemples de facteurs affectant la capacité d'adaptation incluent le capital humain, le leadership entrepreneurial, le niveau de diversification économique, l'efficacité et la productivité des entreprises, les niveaux de capital social et le degré auquel les institutions limitent ou non l'adaptation. Une autre considération inclut le niveau de sensibilisation et les perceptions générales des risques reliés au climat. Plusieurs de ces facteurs sont reliés et ils contribuent tous, d'une certaine manière, à l'évaluation de la vulnérabilité. Les différentes composantes du cadre d'évaluation de la vulnérabilité sont décrites en plus grands détails ci-après.

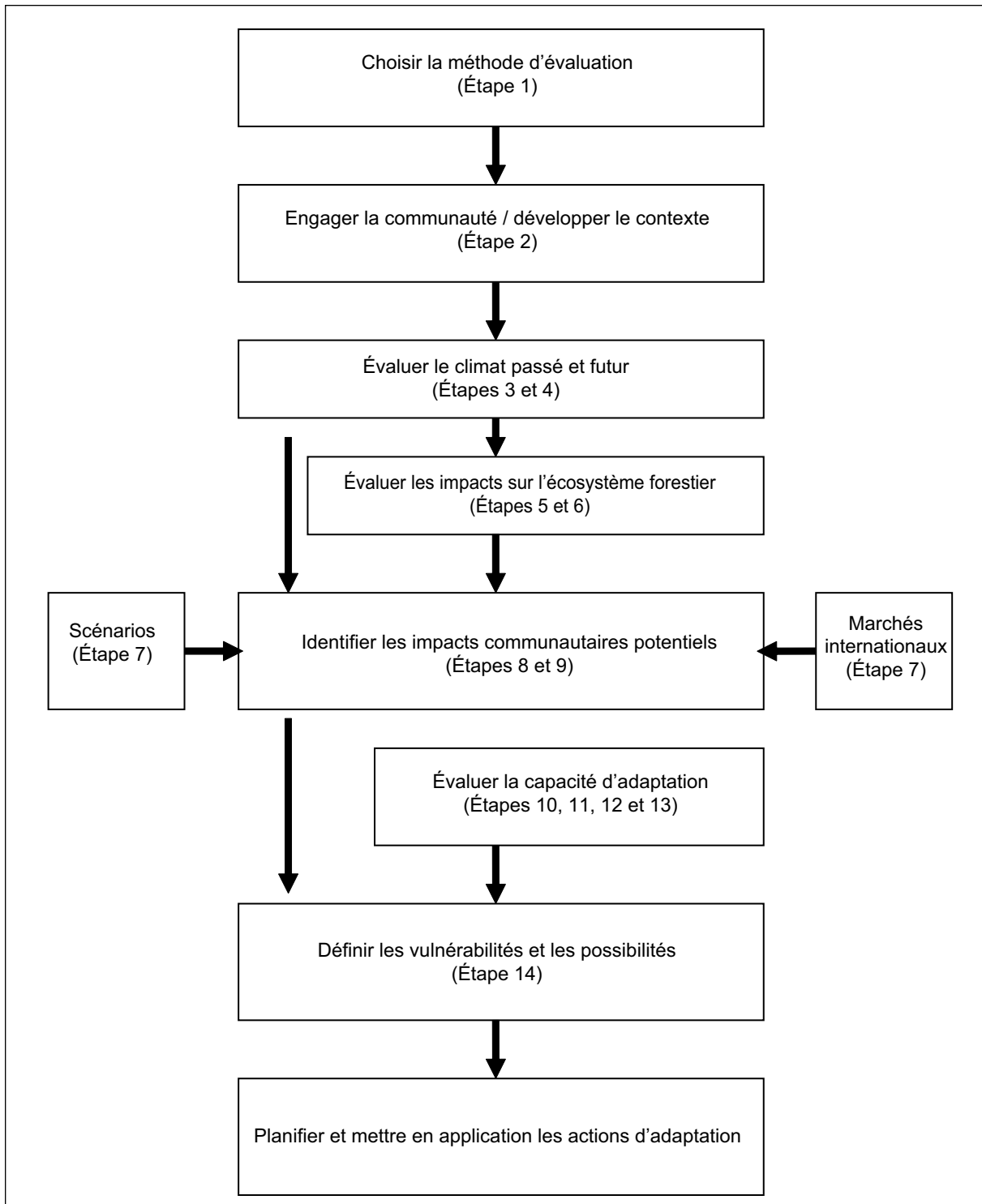


Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation de la vulnérabilité des communautés forestières.

Approche et portée pour l'évaluation de la vulnérabilité

Le but principal de ce rapport est d'identifier et de décrire les composantes d'un cadre d'évaluation de la vulnérabilité et ensuite de donner les grandes lignes d'une approche structurée pour effectuer une évaluation en utilisant le cadre. Les options méthodologiques pour l'évaluation de la vulnérabilité sont discutées en plus grands détails dans la prochaine section.

Les étapes suivantes sont recommandées comme approche pour effectuer une évaluation de la vulnérabilité basée sur le cadre décrit ci-haut.

- Étape 1 Décider sur une méthode d'évaluation selon le besoin, la capacité technique et le financement disponible.
- Étape 2 Développer un profil communautaire général, y compris un aperçu de la sensibilité de la communauté et des zones au climat actuel et à la variabilité du climat.
- Étape 3 Obtenir de l'information sur le climat actuel et sur la variabilité du climat, et sur tous les impacts qui peuvent être reliés aux changements climatiques récents. Obtenir de l'information sur comment les ménages, les propriétaires, les entreprises et la communauté en général sont affectés par le climat actuel et par la variabilité du climat, et sur toutes mesures qui ont été entamées pour s'adapter au climat actuel et à la variabilité du climat.
- Étape 4 Obtenir de l'information sur le climat futur (c-à-d., au moins trois [et jusqu'à six, si possible] différents scénarios climatiques) pour la région où la communauté est située.
- Étape 5 Évaluer les effets possibles sur les écosystèmes (par ex., changement dans la végétation ou dans la productivité) pour chaque scénario relié au climat.
- Étape 6 Pour chaque scénario, évaluer les changements possibles dans les incendies de forêt (ou autres perturbations

dommageables potentielles, telles que les sécheresses, les insectes et les maladies) dans la région.

- Étape 7 Obtenir de l'information sur les tendances mondiales, nationales et régionales dans les facteurs sociaux, économiques et politiques qui pourraient affecter la communauté.
- Étape 8 Combiner l'information obtenue dans les étapes 4, 5, 6 et 7, et évaluer les impacts potentiels du changement climatique sur l'économie locale.
- Étape 9 Évaluer les différents scénarios climatiques en relation avec les dommages environnementaux possibles (par ex., santé de la forêt, faune, pêches, esthétiques, niveaux d'eau, niveau et qualité des activités de plein air).
- Étape 10 Évaluer la capacité d'adaptation de la communauté.
- Étape 11 Évaluer le niveau général de capital social dans la communauté.
- Étape 12 Évaluer les perceptions des risques et l'ensemble des niveaux de sensibilisation à propos des enjeux reliés au changement climatique (à la fois chez les individus et chez les leaders de la communauté); déterminer s'il y a des différences importantes entre les perceptions locales et l'opinion des experts (ou les évaluations techniques), ainsi que les raisons pour de telles différences.
- Étape 13 Déterminer s'il existe des obstacles institutionnels importants à l'adaptation.
- Étape 14 Résumer les résultats et préparer une évaluation d'ensemble des facteurs qui pourraient contribuer à la vulnérabilité d'une communauté aux effets du changement climatique qui affectent la forêt.

Dans les sections suivantes, on discute en plus grands détails les différentes composantes identifiées ci-haut et pourquoi elles sont importantes pour l'évaluation de la vulnérabilité.

■ OPTIONS MÉTHODOLOGIQUES POUR L'ÉVALUATION

Tel que mentionné dans la section précédente, l'Étape 1 de l'évaluation de la vulnérabilité est d'évaluer les options méthodologiques et décider sur une approche. Nous ne recommandons pas nécessairement une méthodologie spécifique pour la collecte et l'analyse des données; il y a en déjà plusieurs. Il s'agit de la collecte et de l'analyse des données, de la collecte et de la modélisation des données, analogues et analyses documentaires des impacts (par ex., examens d'évaluations détaillées pour des communautés de types similaires, afin de permettre des comparaisons avec sa propre communauté), des sondages auprès des résidents locaux en utilisant des questionnaires et des échantillons représentatifs de la population, des ateliers et des groupes de discussion (à titre d'exemple, consultez Brklacich et Woodrow 2007; Reid et coll. 2007), des entrevues avec des intervenants, des leaders, des experts locaux et des ménages de la localité (à titre d'exemple, consultez Ford et coll. 2006; Reid et coll. 2007), et une évaluation subjective basée sur les opinions des

experts techniques (obtenues par des entrevues ou des sondages). Toute combinaison de ces approches pourrait être utilisée dans un endroit particulier, selon la disponibilité des ressources, pour effectuer l'évaluation, selon le niveau de détails requis et les niveaux de résolution spatiale et temporelle requis par un décisionnaire. Certaines communautés pourraient préférer de se fier sur les connaissances et les perceptions locales vis à vis les impacts et la vulnérabilité, alors que d'autres pourraient décider de commander une évaluation intégrée basée sur une collecte intensive des données, sur une modélisation et sur une analyse technique basées sur la science. L'approche la plus efficace et la plus compréhensive comprend l'intégration des connaissances locales et des méthodes scientifiques (par ex., modélisation, collecte des données, analyse) à travers toutes les étapes de l'évaluation de la vulnérabilité (Jones 2001; Mackinson 2001; Dolan et Walker 2004; Keskitalo 2004; Schröter et coll. 2005; Klopogge et Van Der Sluijs 2006).

■ MISE EN CONTEXTE PAR UN SURVOL DE LA COMMUNAUTÉ

L'Étape 2 du processus comprend la préparation d'une description générale de la communauté en question, établir un contexte pour une évaluation subséquente et commencer à identifier les secteurs où la communauté pourraient être sensible au changement climatique et à la variabilité du climat. Les aspects suivants, entre autres, devraient être inclus dans la description de la communauté :

- description de l'emplacement de la ville et de la région environnante;
- description des origines de la ville, de son développement historique et de sa connexion à la forêt environnante;
- description de la population de la communauté en relation aux caractéristiques démographiques (par ex., population par

groupe d'âge), saisonnalité et tendances historiques;

- listes des organisations et des événements locaux, des commerces de détail, des installations, de l'accès au modes de transports (par ex., chemins, chemins de fer, transports aériens et sur l'eau), des leaders de la communauté et du rôle de la communauté dans le contexte de la région environnante;
- description de l'économie locale (y compris la description des facteurs clés, appuyée par les données sur les ventes, les exportations, les emplois et les revenus, par secteur lorsque possible) et des enjeux importants qui l'affectent;
- description du gouvernement local;

- description des moyens par lesquels les membres de la communauté sont impliqués dans la gestion des forêts, ainsi que dans les politiques d'utilisation du territoire et de la planification;
- discussion des enjeux contemporains confrontant la communauté;
- discussion de la vulnérabilité au climat actuel et à la variabilité du climat, et des moyens par lesquels les gouvernements, les ménages, les entreprises et les propriétaires de terrain abordent déjà ces enjeux;
- observations anecdotiques du changement environnemental qui peuvent être reliées au changement climatique récent ou autres causes, et identification des régions et des ressources locales où la communauté peut

être particulièrement sensible au changement climatique futur.

Une bonne partie de cette information peut être disponible dans les documents de la communauté, tels que les plans directeurs, les plans de développement économique, les documents de la chambre de commerce locale et les renseignements à caractère commercial. Les dirigeants locaux et les résidents de longue date peuvent souvent être d'importantes sources d'information. Le Recensement du Canada (par l'entremise de Statistiques Canada) est une source fiable de données démographiques au niveau de la Division du recensement et de la subdivision du recensement; cette dernière correspond généralement aux municipalités.

■ CLIMAT LOCAL

Compréhension du climat local et de son influence actuelle

Une meilleure compréhension de la vulnérabilité commence en déterminant comment la communauté locale est affectée par le climat actuel et la variabilité du climat (Ford et coll. 2006). Le climat est une caractéristique naturelle définissante d'une région; à titre d'exemple, le climat de Port Alberni, en Colombie-Britannique, est distinct de celui de The Pas, au Manitoba, et cette différence cause toute une variété de différences sociales, culturelles et économiques entre ces deux communautés. Parce que plusieurs des gens qui vivent dans des communautés tributaires des ressources primaires passent de longues périodes de temps à l'extérieur, ils peuvent avoir une compréhension innée du climat local, ce qui pourrait mener à une plus grande sensibilisation vis à vis les changements climatiques avant l'apparition de tendances statistiquement importantes dans les dossiers historiques. L'Étape 3 du processus est de recueillir l'information et les données sur le climat actuel et son influence sur une communauté.

Le climat est également le facteur primaire déterminant le développement de la végétation et des sols. C'est pourquoi il influence fortement les caractéristiques, la végétation et la productivité des écosystèmes locaux, ainsi que les incidences de perturbations naturelles (par ex., incendies de forêt, insectes, maladies, tempêtes, inondations et sécheresses). Le climat a donc une grande influence sur la culture locale, sur l'économie locale, sur les types et les niveaux de risques auxquels les producteurs (par ex., corporations, propriétaires) et résidents font face, ainsi que la qualité de vie générale des gens. Tel que mentionné auparavant, les gens qui dépendent des industries sensibles au climat (telles que la foresterie et l'agriculture) pour leurs moyens de subsistance ont tendances à comprendre le climat et à reconnaître leur vulnérabilité au climat actuel et à la variabilité du climat.

Les résidents des communautés rurales dépendant sur les ressources font déjà l'expérience des impacts du changement climatique. À titre d'exemple, une poussée importante du

dendroctone du pin ponderosa de l'intérieur de la Colombie-Britannique est au moins partiellement attribuable à une série d'hivers exceptionnellement doux (Carroll et coll. 2004). D'autres observations locales dans cette région incluent des hivers plus courts, des espèces d'oiseaux qui n'ont pas été observées dans la région auparavant et des enneigements plus faibles (Frenkel 2005).

Obtenir des données historiques sur le climat d'une région entourant une communauté et colliger ces données avec les observations anecdotiques des résidents locaux, si possible, peuvent remplir trois fonctions. En premier lieu, une telle information va offrir une compréhension plus précise du climat local et de sa relation à la culture, aux normes et aux traditions locales. Deuxièmement, cela va aider à confirmer si le climat de la région locale a effectivement changé au cours des dernières années. Troisièmement, cela va aider à déterminer comment la communauté est vulnérable au climat actuel et à la variabilité du climat.

Des données mensuelles sur la température, sur la précipitation et sur les autres variables sont maintenant disponibles pour les stations climatologiques locales au Canada de la part du Service météorologique du Canada. D'autres agences, y compris le Service canadien des forêts, ont utilisé ces données, ainsi que d'autres, pour développer des sommaires sur le climat pour des régions et des périodes de temps spécifiques. Caractériser le climat d'une région exige généralement des données sur la température et les précipitations pour une longue période de temps. Dans la plupart des régions du Canada (sauf pour le grand nord et les plus grandes élévations dans l'ouest), des relevés quotidiens remontent jusqu'en 1900. C'est pourquoi la caractérisation du climat local pour le 20^{ième} siècle est généralement faisable. Des moyennes mensuelles sont suffisantes pour déterminer les tendances à long terme, bien que des données quotidiennes soient nécessaires pour évaluer des changements dans la variabilité (une analyse qui serait normalement effectuée par un climatologue ou par un statisticien averti). Les données mensuelles peuvent être résumées par saison et mises en graphiques pour une interprétation plus facile. Dans l'hémisphère nord,

les saisons sont généralement définies comme étant l'hiver (décembre à février), le printemps (mars à mai), l'été (juin à août) et l'automne (septembre à novembre).

Scénarios climatiques

McCarthy et coll. (2001) prédisaient avec grande certitude que les températures moyennes du globe vont augmenter durant les prochaines décennies et suggéraient que, peu importe l'action humaine dans un avenir rapproché, les effets du changement climatique vont persister pendant des siècles. En plus de l'augmentation des températures moyennes du globe, on peut s'attendre à ce que les précipitations, l'humidité et les quantités de nuages vont continuer à augmenter. On prévoit que les températures moyennes de l'air en surface à l'échelle planétaire vont augmenter de 1,4 % à 5,8 % d'ici l'an 2100 (Houghton et coll. 2001; McCarthy et coll. 2001), un taux de changement sans précédent, au moins durant les derniers 200 000 ans. Cependant, le taux de changement futur va différer de beaucoup dans différentes régions de la planète; certaines régions vont possiblement devenir plus froide en relation aux moyennes climatiques actuelles, tout au moins à court terme. Une autre prédiction générale est que la fréquence et l'intensité des conditions météorologiques exceptionnelles et des événements climatiques va augmenter dans plusieurs régions. En tant que telles, les augmentations de précipitations projetées pourraient ne pas être distribuées de manière égale au cours de l'année. Au lieu de ça, la précipitation pourrait se produire sous la forme d'événements pluvio-hydrologiques intenses plus fréquents qui vont causer des niveaux de ruissellement plus élevés et augmenter les risques d'inondations (Trenberth et coll. 2003). Des températures plus élevées vont augmenter l'évapotranspiration. Donc, dans certaines régions, il y a une plus grande probabilité de sécheresses prolongées (Hogg et Bernier, 2005). C'est pourquoi l'ampleur et la nature des changements climatiques vont varier selon les communautés. L'Étape 4 du processus d'évaluation est d'obtenir de l'information sur les scénarios climatiques du futur à une échelle qui soit pertinente à la communauté.

Hengeveld (2006) fit l'examen de l'état actuel de la science du changement climatique; il rapporta que les températures moyennes de surface du monde ont augmenté d'environ 0,7°C durant le 20^{ième} siècle; 0,4°C à 0,5°C de ce changement s'est produit depuis 1970. Durant cette période plus récente, les températures moyennes minimales durant la nuit sur la plupart de la surface terrestre de l'hémisphère nord ont augmenté à environ le double du taux des maximums durant le jour (Stone et Weaver 2002; Jones et Morberg 2003). Certaines régions, surtout dans les régions nordiques du Canada et de la Sibérie, se sont réchauffées plus que la moyenne, alors que l'Est des États-Unis et les régions Maritimes du Canada peuvent s'être refroidies un peu plus (Przyblak 2002; Robinson et coll. 2002). Logan et Price (2004) rapportaient un réchauffement moyen d'environ 2°C pour Alberta durant le 20^{ième} siècle.

Les tendances historiques pour les précipitations sont beaucoup moins claires, parce que les distributions spatiales et temporelles sont typiquement plus variables que celles pour la température. Les données disponibles suggèrent des augmentations récentes de 0,5 %–1,0 % par décennie des précipitations annuelles moyennes sur terre dans les régions des latitudes moyennes et élevées de l'hémisphère nord, avec de petites diminutions dans les régions sous-tropicales (New et coll. 2001; Frich et coll. 2002; Milly et coll. 2002; Trenberth et coll. 2003). Les ouragans de l'Atlantique de 2004–2005, ainsi que la tendance générale des dommages de tempêtes plus élevés au cours des années 1990 et au début du 21^{ième} siècle semblent confirmer l'augmentation anticipée de l'intensité des tempêtes à mesure que la chaleur accumulée dans l'atmosphère augmente graduellement (Frich et coll. 2002; Milly et coll. 2002).

La plupart de la preuve confirmant ou expliquant ces tendances observées est basée sur des simulations modélisées du climat mondial, (c-à-d., des modèles de circulation générale ou MCG). Ces modèles servent également de base pour prédire que les tendances observées vont probablement continuer durant les prochaines décennies, étant donné les augmentations passées

et projetées des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. L'atmosphère planétaire est un système immense et extrêmement complexe, composé de plusieurs processus biologiques et physiques interdépendants, souvent désordonnés. Les MCG plus sophistiqués complètement couplés demeurent encore de grandes simplifications de l'atmosphère planétaire, mais ils sont les meilleurs outils disponibles. De tels modèles sont utilisés à chaque jour comme base pour les prévisions météorologiques; la plupart des gens participant aux activités de plein air reconnaissent qu'elles sont imparfaites, mais ils ne les ignorent pas complètement. La réalité est que les prévisions du temps se sont grandement améliorées depuis les années 1960, presque entièrement à cause d'une meilleure compréhension des processus atmosphériques capturés dans les MCG.

Les effets prédits des augmentations dans les concentrations de GES sur le climat planétaire ont une base scientifique solide. Les explications sur les tendances climatiques observées récemment et sur les scénarios du changement climatique futur sont basées en grande partie sur l'inclusion du forçage des GES (c-à-d., augmentation des concentrations atmosphériques de GES) dans la physique des MCG. Donc, les MCG fournissent une base plausible pour projeter le climat futur, bien que la complexité et l'importance possible du processus de rétroaction (par ex., changements dans la quantité des nuages affectant l'équilibre de la radiation mondiale et les changements dans la couverture végétale influençant le captage et l'émission des sources naturelles de dioxyde de carbone [CO₂], de méthane [CH₄] et autres GES) doivent être reconnus. Les projections des MCG sont également assujetties à une incertitude substantielle, qui peut être retracées à deux sources : limites de l'exactitude des modèles (tel que discuté auparavant) et l'incertitude concernant les prédictions des changements de concentrations atmosphériques de GES. Ces prédictions sont basées sur les projections démographiques et économiques mondiales pour différentes régions de la planète (consultez Nakčenović et coll. 2000).

Les MCG demeurent les moyens primaires pour commencer à évaluer les effets possibles

du changement climatique sur les écosystèmes et sur l'infrastructure humaine. Différents MCG projettent différentes augmentations des températures pour des régions spécifiques du monde. Il existe cependant une entente générale parmi les modèles, y compris un consensus qu'un plus grand réchauffement va se produire sur terre que sur les océans et aussi qu'on peut s'attendre à un plus grand réchauffement près des pôles. Les augmentations projetées pour le centre du continent de l'Amérique du Nord sont donc relativement élevées. L'examen des résultats de trois MCG combiné avec deux scénarios d'émissions de GES utilisés communément (A2 et B2, tel que décrits dans Nakčenović et coll. 2000) suggère des augmentations possibles de 4°C à 8°C dans les minimums durant la nuit et de 2°C à 6°C dans les maximums durant le jour d'ici à 2100 pour le centre du continent de l'Amérique du Nord. L'ampleur du changement climatique futur va varier beaucoup d'une région à l'autre à travers le Canada.

Des températures plus chaudes vont promouvoir une plus grande évaporation de l'eau des lacs et de la végétation, ainsi qu'une plus grande humidité, ce qui va mener à son tour à de plus grandes précipitations. Bien que les MCG puissent varier grandement à la fois en matière d'ampleur et de distribution spatiale de leurs projections, la projection générale prévoit une augmentation de la précipitation annuelle moyenne d'environ 1 % à 2 % par degré de réchauffement (Hengeveld 2006). Ce changement peut mener à des précipitations moins fréquentes mais plus intenses (Trenberth et coll. 2003). De fait, plusieurs des risques potentiels causés par le changement climatique viennent des changements dans la fréquence et l'intensité de tels événements, parce que ce sont ces extrêmes au lieu des changements dans les valeurs moyennes qui vont probablement causer les impacts les plus sérieux sur les communautés humaines et sur les écosystèmes naturels. De par leur nature, plusieurs événements extrêmes sont aperiodiques et très localisés de sorte qu'ils sont difficiles à capturer avec les modèles courants. Néanmoins, les résultats des MCG fournissent de l'information importante qui peut être utilisée pour estimer

les changements dans les événements extrêmes, y compris : des augmentations importantes dans la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur qui causent du stress thermique et menacent la santé; augmentation du nombre d'ouragans dans les latitudes moyennes, avec les trajectoires de tempêtes changeant vers les latitudes plus hautes (par ex., des ouragans dans l'Atlantique remontant le long des côtes maritimes du Canada); des débits d'eau extrêmes plus fréquents dans les grandes rivières, telles que la Fraser, la Nelson et le St-Laurent; et, des événements El Niño plus fréquents, causant des étés plus secs et plus chauds et des hivers plus doux (surtout dans l'Ouest canadien).

Les données sur le climat incluent à la fois des données basées sur un système de pointage (pour des stations climatiques spécifiques) et des données rectangulaires (estimées à partir d'observations faites aux stations climatiques), ainsi que des données portant sur des séries chronologiques, les normales climatiques (moyennes calculées durant des périodes de 30 ans spécifiques) et des scénarios climatiques du passé et du futur développés à partir de simulations MCG.

De la recherche substantielle a été effectuée au cours des 5 dernières années sur comment le mieux interpréter et utiliser l'information fournie par les MCG. La plupart des MCG courants opèrent sur des grilles globales ayant un très faible pouvoir de résolution; à titre d'exemple, les cellules de grille individuelles sont aussi larges que 400 km² à l'équateur. La plupart des méthodes d'interprétation des résultats MCG à une échelle locale impliquent une forme quelconque de calibration comparée aux observations historiques et une forme quelconque de « réduction de la résolution » afin de rendre les données de la simulation plus applicables à un endroit particulier ou à une petite région.

Le GIEC (Houghton et coll. 2001) a proposé que les simulations des impacts du changement climatique devraient être basées sur une série de scénarios d'émissions de GES; chacun représenterait une « histoire » plausible future du changement des populations humaines et de la croissance économique. Ces rapports portent

le nom de « rapport spécial sur les scénarios d'émissions » (SRES) (Nakćenović et coll. 2000). Les différents groupes travaillant sur les MCG à travers le monde sont tous supposés d'effectuer des expériences de simulations « forcées » par certains ou tous ces scénarios d'émissions (SRES).

Price et coll. (2004) a décrit une base de données détaillées de scénarios de changement climatique interpolés couvrant l'Amérique du Nord à une résolution d'environ 10 km. Des ensembles de données mensuelles pour la période de 1961–2100 furent compilés pour chacun des deux scénarios d'émissions SRES clés (A2 et B2), tels que simulés par chacun de trois différents MCG : le CGCM2 canadien, le « UK Hadley Centre HadCM3 » et le « Australian CSIRO⁴ Mk 2 GCM ». (Des données similaires sont en voie de préparation pour la « US NCAR PCM⁵ ».) Chaque simulation MCG fut référencée à la période 1961–1990 en calculant les moyennes mensuelles pour cette période de 30 ans et en exprimant ensuite toutes les valeurs simulées en tant que changements de ces moyennes mensuelles. Dans le cas des variables de température, les changements furent rapportés en tant que différences de températures, alors que pour d'autres variables (précipitations, humidité, rayonnement solaire et vitesse du vent), les changements furent rapportés en tant que ratios en relation aux moyennes de 1961–1990. Ces chiffres provisoires (différences et ratios) pouvaient ensuite être appliqués aux moyennes

observées pour 1961–1990 au même endroit afin d'estimer les changements projetés dans chaque variable selon chaque simulation MCG.

En plus des données sur les scénarios, des séries chronologiques de données sur les températures et les précipitations mensuelles remontant jusqu'en 1901 ont été développées et sont disponibles sur la même base de cellule de grille (Price et coll. 2004). La combinaison de ces observations historiques avec les données MCG mises à échelle inférieure permettent la création de scénarios futurs qui sont fortement liées aux caractéristiques spatiales connues du climat de l'Amérique du Nord.

L'utilisation des données décrites ici exige une certaine prudence. Les scénarios mis au point pour une évaluation particulière de la vulnérabilité ne doivent pas être considérés comme étant des prédictions, surtout quand ils mettent l'accent sur un endroit à point unique, puisqu'il n'est aucunement certain qu'aucun des scénarios va « saisir » la réalité. Le futur est, par définition, incertain et, le plus une projection s'étend dans l'avenir, ou le plus près une projection est liée à un endroit particulier, le plus grand sera l'incertitude. Les données des scénarios sur le climat devraient donc être considérées comme représentant des alternatives plausibles du futur; ces scénarios futurs ne vont pas réellement se réaliser tels quels, mais l'un ou l'autre de ceux-ci pourrait s'avérer similaire à la réalité.

⁴CSIRO = Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

⁵NCAR = National Center for Atmospheric Research, PCM = Parallel Climate Model (modèle climatologique parallèle).

Impacts sur la composition et la productivité de la forêt

L'Étape 5 de l'évaluation est d'évaluer les impacts du changement climatique futur sur la composition et la productivité de la forêt. Les communautés et les résidents des communautés obtiennent une grande variété de biens (par ex., du bois d'oeuvre) et autres bienfaits (par ex., récréation, commodités, valeurs de conservation) des forêts (Davidson et coll. 2003). Selon l'emplacement d'une communauté forestière, le changement climatique peut avoir de petits ou de grands impacts sur la santé, la structure et la productivité des écosystèmes forestiers (Singh et Wheaton 1991; Burton et Cumming 1995; Saporta et coll. 1998; McKinnon et coll. 2004) et le flot de bienfaits peut ainsi être altéré (positivement ou négativement, ou les deux) au fil du temps. Une meilleure compréhension de la sensibilité et de la réaction de la forêt au changement climatique futur est une composante importante de l'évaluation de la vulnérabilité. Il existe plusieurs approches pour évaluer la sensibilité des écosystèmes et les réactions potentielles au changement climatique futur, y compris la cueillette des connaissances locales, la surveillance et la modélisation. Ces trois méthodes sont décrites ci-après.

Saisir les connaissances locales

Saisir les connaissances locales par l'entremise de la participation des intervenants joue un rôle important dans l'évaluation locale de la vulnérabilité (Dolan et Walker 2004; Kloprogge et Van Der Sluijs 2006; Keskitalo 2004), ainsi que dans l'évaluation environnementale et des risques en général (Duffield et coll. 1998; Huntington 2000; Usher 2000; Jones 2001; Mackinson 2001; Riedlinger et Berkes 2001; Corburn 2002). De fait, une bonne partie de ce que l'on sait sur l'importance du changement climatique au niveau de la communauté a émergé des observations et des connaissances locales. Au cours des dernières décennies, de telles observations ont contribué à un tableau de plus en plus cohérent de la réalité

des changements dans le climat, ainsi que de l'importance sociale et économique de tels changements au niveau local; elles ont également augmenté la sensibilisation à la possibilité de plus grands impacts de changements anticipés à l'avenir.

Une caractéristique communément reconnue de l'enjeu du changement climatique du point de vue de l'analyse communautaire, c'est l'incertitude scientifique associée avec l'évaluation des impacts à l'échelle locale. Par ailleurs, cependant, la possibilité existe que ces impacts soient substantiels. Des valeurs relativement élevées qui sont à risque pourraient inviter ou, dans certains cas, exiger des décisions ou des actions. Kloprogge et Van Der Sluijs (2006), bâtissant sur le concept de science post-normale introduit par Funtowicz et Ravetz (1992, 1993, 1996), font référence à cette situation comme étant un problème de science post-normale. Le problème de science post-normale du changement climatique représente la possibilité d'impacts socioéconomiques substantiels pour lesquels des décisions et des actions urgentes pourraient être nécessaires. Cependant, il existe une incertitude scientifique importante et une pénurie générale de faits indéniables pour guider les décisionnaires qui doivent se fier sur les meilleures connaissances et informations disponibles; en d'autres mots, de « durs engagements de valeurs » doivent être pris à partir de « faits pas toujours corroborés ». Bien sûr, la science doit continuer à contribuer au développement d'une base de connaissances pour la prise de décisions en réaction au changement climatique, mais la science par elle-même n'est pas suffisante. Pour l'évaluation des enjeux comme ceux des impacts du changement climatique à l'échelle de la communauté, les connaissances scientifiques doivent être augmentées par les connaissances locales et par une évaluation subjective.

Les intervenants locaux peuvent contribuer de plusieurs façons leurs connaissances dans le cadre d'une évaluation de la vulnérabilité. À titre d'exemple, ils peuvent décrire les conditions

locales et fournir des observations personnelles sur les changements climatiques récents et leurs effets. Les intervenants locaux peuvent également être la meilleure source d'imagination créatrice à propos des mécanismes et des processus par lesquels les changements climatiques projetés pourraient affecter une zone locale. De plus, les intervenants locaux sont généralement la meilleure source d'information à propos de la capacité d'adaptation des institutions locales.

D'autres auteurs ont renforcé le point de vue que les connaissances locales sont nécessaires pour l'évaluation des vulnérabilités. Dolan et Walker (2004), à titre d'exemple, ont suggéré que les connaissances locales sont nécessaires pour donner un contexte local à la recherche scientifique. Schröter et coll. (2005) suggéreraient qu'en obtenant les connaissances locales par la participation des intervenants, cela accroît l'exactitude des évaluations et fait en sorte que les évaluations sont localement pertinentes et plus acceptables aux décideurs locaux. Keskitalo (2004) suggérait que les évaluations de la vulnérabilité qui incorporent des processus pour saisir les connaissances locales sont généralement un meilleur reflet de la culture, des modes de vie et du travail de la localité. Jones (2001) a indiqué que les connaissances locales sont souvent nécessaires pour identifier les seuils et également nécessaires pour l'identification, l'évaluation et la mise en application des mesures d'adaptation. Une fois que des seuils aient été définis par les intervenants locaux, les probabilités d'excéder les seuils peuvent être calculées et ces probabilités peuvent ensuite servir de base pour des décisions concernant le besoin de mesures d'adaptation. Shackley et Deanwood (2003) ont identifiés les connaissances locales et les apports des intervenants comme étant essentiels dans la construction des futurs sociaux et économiques. Tel qu'on le discutera plus loin, les scénarios socioéconomiques contribuent également un contexte important pour des évaluations de la vulnérabilité au changement climatique à l'échelle de la communauté.

Cette section aborde les impacts du changement climatique sur les forêts dans le secteur d'intérêt. Les connaissances locales sont importantes

pour la compréhension de ces impacts, mais elles sont également nécessaires pour un bon nombre d'aspects additionnels de l'évaluation de la vulnérabilité, y compris l'évaluation des impacts sociaux et économiques locaux, ainsi que la capacité d'adaptation, l'identification des seuils communautaires et le développement de scénarios socioéconomiques associés aux conditions futures dans la région.

Surveillance

Des programmes ciblant d'abord la compréhension des écosystèmes particuliers ont, dans certains cas, continué suffisamment longtemps pour fournir des preuves incontournables des impacts du changement climatique. À titre d'exemple, dans plusieurs pays de l'Europe de l'Ouest des botanistes amateurs et professionnels ont noté les dates du développement et de la floraison de plusieurs espèces de plantes depuis plus d'un siècle. Des travaux récents, en Allemagne, ont utilisé ce type d'information afin de démontrer des augmentations importantes dans la durée moyenne de la saison de croissance. Au sein des forêts aménagées, des parcelles-échantillon permanentes fournissent des records sur les taux de croissance des arbres au cours de plusieurs décennies ou même plus longtemps encore. Ces données peuvent être utiles pour reconstruire les réactions de productivité au climat historique. Plus récemment, des programmes d'études intensive sur le terrain (par ex., le réseau « Long Term Ecological Research » [LTER] aux États-Unis [<http://lternet.edu/>] et BOREAS [http://www-eosdis.ornl.gov/BOREAS/bhs/BOREAS_Home.html]; consultez également Sellers et coll. 1995, 1997) ont fournis beaucoup d'information à propos du fonctionnement des écosystèmes, ainsi que de l'information pour la calibration des modèles. Des changements dans les populations fauniques ont été suivis durant de longues périodes de temps. Toute cette information a donné des aperçus sur les effets des pressions naturelles et humaines. Dans le Nord, une étude continue du troupeau des ours polaires de Churchill (*Ursus maritimus*) (une attraction touristique importante), de concert avec des observations météorologiques et satellites durant

plus de 20 ans, ont clairement démontré que les facteurs climatiques affectent le comportement et la survie des ours; il y a maintenant des preuves de plus en plus accablantes que le réchauffement de l'Arctique menace déjà cette population des ours polaires, ainsi que les écosystèmes dans lesquels ils vivent (Stirling et coll. 1999, 2004).

Pour un pays aussi vaste et aussi peu densément peuplé que le Canada, la surveillance à long terme est dispendieuse et il arrive souvent que cela ne soulève pas suffisamment d'intérêt pour un financement systématique. Cependant, le programme AttentionNature (<http://www.naturewatch.ca/français/>) facilite la collection de données phénologiques par des bénévoles de la localité. Le programme contient quatre composantes : Opération floraison, Veille au gel, Attention grenouilles et Veille au vers. Le site Web explique pourquoi il est important de recueillir de telles données et il décrit comment les obtenir et les enregistrer. Dans les communautés rurales, les programmes de surveillance locale par des bénévoles responsables pourraient, au fil du temps, fournir des données très importantes pour la communauté et qu'il n'aurait pas été possible d'obtenir d'une autre manière. À titre d'exemple, une bonne partie de l'attention accordée au changement climatique dans le nord du Canada a commencée par des rapports locaux supportés ensuite par une interprétation scientifique.

Modélisation

Les modèles d'écosystèmes sont un moyen d'évaluer la sensibilité des forêts au changement climatique. Au cours des 5 dernières années, beaucoup d'effort de recherche au Canada a été investi dans le développement de modèles des processus écosystémiques qui seront convenables pour interpréter les impacts sur une petite échelle et sur une grande échelle. En principe, un modèle écologique qui a été mis à l'épreuve (c-à-d., calibré et validé) dans quelques sites où les processus naturels (par ex., survie et croissance d'une essence d'arbre particulière) ont été étudiés avec beaucoup de détails devrait être applicable dans une plus grande variété de sites. L'idéal, ce serait que de

tels essais aient été effectués dans le cadre de toute une panoplie de conditions environnementales de sorte que le modèle puisse être utilisé avec confiance sur une grande superficie. En pratique, cependant, le nombre immense de processus importants, d'espèces et d'ensembles de conditions environnementales font en sorte qu'il est impossible de couvrir toutes les combinaisons. De plus, il est peu probable qu'aucun modèle d'écosystème actuel puisse représenter exactement les forêts d'aujourd'hui. Quand il s'agit d'évaluer les impacts du changement climatique, l'incertitude inhérente au sein de tout modèle écologique doit être combinée avec les incertitudes du climat futur, y compris les limites des MCG utilisés pour générer des projections climatiques et les possibilités inconnues d'un monde futur qui pourraient affecter le climat de manières que nous ne pouvons pas anticiper.

Dans le contexte rural canadien, l'un des principaux défis est de tenir compte de la variabilité spatiale à cause de la variété de types de sols et des gradients climatiques que l'on rencontre; à leur tour, ils sont causés par la latitude, l'élévation et la continentalité (distance de la côte). Les sols varient en matière de structure, de capacité de rétention d'eau et en contenu de nutriments en dedans de distances relativement petites; la variabilité est donc énorme.

L'application de n'importe quel modèle d'écosystème, même dans une région relativement petite, telle un canton (township) ou une zone d'entente de gestion forestière, exige des « données spatiales », y compris la climatologie, l'information sur les sols et la couverture végétale, les données des inventaires forestiers, ainsi que les records de la distribution par âge, l'historique des feux et la gestion précédente. Les méthodes pour évaluer la variabilité spatiale incluent différentes méthodes de cartographie et d'interpolation des données, ainsi que l'utilisation de la photographie aérienne et l'imagerie par satellite. Les systèmes d'information géographique (SIG) représentent un outil important pour compiler et gérer les ensembles de données spatiales.

Modèles empiriques de productivité de la forêt

Les modèles empiriques de croissance et de rendement utilisés dans la gestion des forêts sont des modèles statistiques dérivés des données observées. Les données sont recueillies dans des parcelles-échantillon sur une période de plusieurs années ou décennies et utilisées ensuite pour définir les relations entre les conditions du site et la productivité à l'échelle du peuplement pour les essences individuelles dans une superficie particulière. De tels modèles sont relativement exacts quand ils sont appliqués à des peuplements similaires à ceux pour lesquels ils furent calibrés, mais ils ont tendance à produire des estimations inférieures quand ils sont appliqués en dehors de la portée des mesures initiales, où les conditions climatiques sont souvent différentes. C'est pourquoi un modèle de croissance et de rendement à l'échelle du peuplement développé, disons, pour l'épinette noire qui pousse dans le nord de l'Alberta, pourrait être imparfait pour prédire la croissance de l'épinette noire dans un site de l'ouest de l'Ontario. Ceci suggère que les modèles de croissance et de rendement développés par le passé pourraient ne pas être adéquats pour estimer les rendements des forêts à l'avenir, quand on anticipe que les températures seront généralement plus chaudes et que les conditions de l'humidité du sol seront différentes. Ça ne veut pas dire que les modèles de croissance et de rendement n'ont aucune valeur pour prédire la productivité de la forêt sous le changement climatique. Par exemple, il peut être possible de développer des « modificateurs de climat » qui peuvent être appliqués aux tableaux de rendement existants afin de les corriger pour les effets du changement climatique. De plus, les modèles de croissance et de rendement sont essentiels dans l'essai et dans la validation de d'autres modèles de « sensibilité au climat » qui pourraient être mis au point et appliqués dans des régions plus vastes. Par ailleurs, une évaluation minutieuse des effets des gradients spatiaux du climat sur la productivité d'un site (par ex., dus aux différences de latitudes et d'élévation) peut être un analogue utile pour estimer les effets du réchauffement du climat.

Modèles des processus

Les modèles des processus font des projections basées sur une représentation mathématique du processus qui régit les réactions de la végétation aux facteurs environnementaux. Les relations observées (c-à-d., à l'échelle qui nous intéresse) peuvent être utilisées pour vérifier le succès d'un modèle, mais elles ne sont pas utilisées dans la création du modèle. À l'inverse, à l'intérieur d'un modèle de processus, il y a souvent des représentations de processus « empiriques » à une plus petite échelle. En utilisant l'exemple sur la croissance et le rendement que l'on vient de décrire, la productivité à l'échelle du peuplement pourrait être estimée en calculant la conversion nette de l'énergie solaire en glucide par la photosynthèse et en affectant une portion de ceci à la production du bois, basé sur la connaissance de la croissance des plantes et sur les contraintes imposées par l'approvisionnement en eau, en nutriments et par les températures. Cependant, la représentation de la photosynthèse au niveau de la feuille dans un tel modèle est habituellement basée sur les études en laboratoire de la biochimie de la feuille, qui peut être mesurée (ou observée) mais pas complètement expliquée sans des connaissances des interactions moléculaires à l'intérieur des cellules de la plante. L'objectif est de faire une représentation appropriée du processus pour l'échelle d'application du modèle.

Si un financement approprié est disponible, nous recommandons l'usage de modèles des processus pour évaluer les impacts du changement climatique sur les forêts (pour un aperçu, consultez Lindner et coll. [2002]). On peut choisir parmi plusieurs modèles; chacun a ses propres forces et faiblesses. Voici deux exemples de modèles des processus utilisés pour étudier la réaction des écosystèmes à différents scénarios climatiques au Canada : « Integrated Biosphere Simulator » (El Maayer et coll. 2001; Kucharik et coll. 2000) et « Photosynthesis and Evapotranspiration model » (Aber et coll. 1997). Selon la portée des questions posées, il pourrait être approprié d'utiliser plusieurs modèles. En plus de faire des simulations avec de multiples modèles, il est également important

d'essayer de soumettre chacun d'entre eux à différents scénarios de changement climatique (c-à-d., tels que créés par différents MCG et forcés par différents scénarios d'émissions de GES). Un modèle d'écosystème basé sur les processus produit typiquement un résultat diagnostique pour un bon nombre de variables d'indicateurs importants, dont plusieurs peuvent être reliés aux observations de tous les jours (sinon, le modèle aura peu de valeur). Les indicateurs importants peuvent être divisés en trois groupes principaux : composition taxonomiques, productivité et stock de carbone.

De ces trois indicateurs, la composition taxonomique et comment elle change avec un climat changeant sera peut-être la plus intéressante pour la plupart des gens. Elle fait un lien direct à ce qui peut être observé « sur le terrain » et elle pourrait également permettre des comparaisons avec des types de végétations dans d'autres régions. À titre d'exemple, un des résultats plausibles du réchauffement planétaire est que les sécheresses vont devenir plus fréquentes dans les régions qui ont déjà des ressources d'eau limitées, telle que dans la bordure sud de la forêt boréale en Alberta et en Saskatchewan. Dans ces régions, des sécheresses plus fréquentes ou plus intenses vont probablement causer un dépérissement répété de la cime, ce qui pourrait mener à un déclin général et à la disparition possible de cet écosystème forestier. Si ces conditions persistent, la couverture arborée dans ces régions va éventuellement être remplacée par de la prairie. Donc, dans les provinces des Prairies, on peut s'attendre à ce que des superficies substantielles de forêt présentement dominées par le pin et le tremble puissent être remplacées par des prairies semi-naturelles qui ressemblent fortement aux écosystèmes de prairies à herbes courtes que l'on trouve dans les prairies avant la conversion à l'agriculture. Bien sûr, il se pourrait bien que ces prairies soient rapidement converties pour l'usage agricole, mais c'est quelque chose que le modèle pourrait ne pas reconnaître.

Les forestiers sont familiers avec l'évaluation de la productivité du site pour prédire les rendements

à long terme du bois d'oeuvre et déterminer les régimes de gestion. Les indicateurs utilisés dans la gestion des forêts, tels que l'indice de qualité de station (IQS)⁶ et l'accroissement moyen annuel (AMA)⁷, sont relativement faciles à déterminer sur le terrain. Cependant, ils sont difficiles à estimer dans un modèle des processus parce que la relation entre la productivité primaire nette (PPN)⁸ et une mesure telle que l'IQS est complexe. Des chercheurs du Service canadien des forêts au Centre de foresterie des Laurentides, au Québec, ont travaillé sur ce problème avec le modèle StandLEAP (Raulier et coll. 2000; Bernier et coll. 2001, 2002). Ils ont atteint une bonne entente entre les estimations (basées sur les processus) de la hauteur d'un arbre et du diamètre à hauteur de poitrine pour les peuplements de sapin baumier et d'érable à sucre dans des parcelles-échantillon dans la province de Québec, et ils ont également essayé d'utiliser ce modèle pour les essences boréales en Saskatchewan et en Alberta. Tenir compte des effets du stress hydrique dans les provinces de l'Ouest a été problématique, cependant, et une recherche plus approfondie est nécessaire.

Des changements dans la production annuelle du bois font généralement suite aux changements dans la PPN, mais la relation n'est pas simple parce qu'elle varie selon les changements saisonniers et pluriannuels dans le climat. La corrélation avec la PPN change également à mesure que la croissance de l'arbre accélère, à partir du stade de semis, à mesure qu'il atteint graduellement un maximum près de la moitié de la durée de vie typique du peuplement et que sa croissance ralentit par la suite. Cependant, tout en tenant compte de ces mises en garde, plusieurs modèles d'écosystèmes sont capables de simuler la PPN (souvent séparément entre composantes en surface et souterraines), et les valeurs PPN simulées peuvent être interprétées comme étant des projections approximatives des tendances générales de la production de bois future.

⁶Hauteur moyenne des arbres dominants à un âge spécifique.

⁷Production de bois marchand ($m^3 ha^{-1} a^{-1}$).

⁸Croissance nette de la biomasse végétale vivante au cours d'une période spécifiée, telle qu'une année.

Effets sur la susceptibilité aux incendies de forêt et sur la santé de la Forêt

L'Étape 6 comprend l'évaluation des effets du changement climatique sur la perturbation et sur la santé des forêts.

Incendies de forêt

Le changement climatique pourrait affecter la susceptibilité des forêts aux incendies (Flannigan et coll. 2005), et des augmentations des incidences et de l'intensité des incendies de forêts pourraient accroître le risque associé pour les communautés. Un risque d'incendie de forêt pour une communauté comprend deux aspects : la susceptibilité de la communauté à un événement d'incendie important⁹ (y compris la probabilité ou la vraisemblance d'un tel événement) et les impacts escomptés si la communauté fait l'expérience d'un tel incendie.

La susceptibilité aux incendies de forêt varie à travers le paysage qui entoure une communauté. Cette variation spatiale est due aux interactions complexes entre les variables qui influencent la propagation de feu. À cause de cela, certaines régions seront beaucoup plus aptes à brûler que d'autres. Il est généralement possible de classer la région autour d'une communauté en ce qui concerne la probabilité relative d'incendies de forêt selon le jugement d'experts ou une modélisation sophistiquée.

Les impacts potentiels d'un incendie sont également sujets aux variations spatiales. À titre d'exemple, les impacts d'un incendie près d'un lotissement résidentiel vont différer de ceux d'un incendie dans une zone forestière productive qui fournit une scierie ou un incendie dans une forêt non commerciale qui fournit de l'habitat important pour la faune. L'emplacement d'un feu va déterminer si les impacts sont directs ou indirects, et s'ils se produisent à court ou à long terme.

Évaluer l'ampleur du risque d'incendie de forêt pour une communauté exige un lien entre la

variation spatiale des impacts de l'incendie et les susceptibilités de brûlage spatialement explicites. À cette fin, les zones d'impact des incendies autour et à l'intérieur d'une communauté peuvent être décrites pour tenir compte des variations spatiales des impacts du feu. Ces zones peuvent être définies de sorte à refléter les grandes divisions d'utilisation du territoire et les valeurs forestières dans la région, les principaux déterminants d'incendie (c-à-d., combustibles, topographie, climat), ainsi que les capacités de gestion des incendies. Tout comme pour la cartographie de probabilités d'incendies (Parisien et coll. 2005), les zones d'impact du feu peuvent également refléter les conditions futures prédites qui sont associées aux changements dans les variables socioéconomiques, l'utilisation du territoire ou les activités d'atténuation des incendies.

Description de l'expérience d'une communauté avec les incendies et évaluer ses impacts

On peut dire qu'une communauté a subi un incendie important si le feu, ou des parties du feu, se produit à l'intérieur des limites juridictionnelles qui définissent la communauté elle-même ou à l'intérieur des limites de gestion des terres qui définissent les zones de paysage environnantes utilisées par les systèmes sociaux et économiques de la communauté. L'expérience d'une communauté avec le feu sera déterminée par les impacts du feu; à son tour, cela va dépendre de l'emplacement du feu en relation à la communauté elle-même et au paysage environnant. À titre d'exemple, on peut s'attendre à ce que les incendies qui se produisent dans les zones forestières tout juste à côté d'une communauté vont causer des pertes structurales (c-à-d., impacts directs à court terme), alors que les incendies dans les zones forestières productives entourant la communauté pourraient affecter l'approvisionnement en bois et/ou les valeurs récréatives (c-à-d., impacts à plus long terme). Le Tableau 1 dresse une liste de quelques-uns de facteurs qui affectent la sensibilité des communautés forestières aux incendies de forêt.

⁹Un incendie grave est un incendie qui atteint une dimension finale de ≥ 200 ha. Un incendie sur une superficie de < 200 ha peut éventuellement avoir des impacts importants sur une communauté, mais presque toutes les situations historiques d'interface communautés-incendies au Canada ont été associées avec des incendies qui dépassaient de beaucoup les 200 ha. Ces vastes et intenses incendies sont difficiles à contrôler et ils ont donc un bien plus grand potentiel de conséquences écologiques, économiques et sociales importantes.

Tableau 1. Facteurs contribuant à la sensibilité d'une communauté aux incendies de forêt

Catégorie des impacts	Facteurs critiques
Impact économique	
Pertes structurales	Matériaux de construction et configuration à l'échelle du site
Pertes non structurales	Morphologie de la communauté Stocks de bois Infrastructure Emplois et revenus
Impact social	
Impacts sur la santé	Facteurs démographiques Exposition Mobilité
Capacité des communautés	Ressources Services et infrastructure Planification
Impact écologique	
Impacts directs sur les habitats sensibles	Espèces menacées, populations fauniques
Impacts écologiques indirects	Qualité de l'eau, esthétique, usage des forêts et érosion

La localisation spatiale d'un incendie en relation à la communauté et autres variables, telles que la configuration des vents dominants, influence également l'expérience d'un incendie pour la communauté. À titre d'exemple, les incendies qui sont situés entre la communauté et le lit des vents dominants vont causer des impacts sur la santé des humains causés par la fumée qui pourraient ne pas se produire quand les incendies sont situés ailleurs dans le paysage.

Les zones impactées par le feu peuvent servir de base pour évaluer le type d'expérience d'incendies auquel on peut s'attendre si un feu brûle une superficie quelconque du paysage entourant une communauté. Les zones d'utilisation des terres peuvent être utilisées comme référence initiale pour définir les zones d'impact du feu. Cependant, il peut être nécessaire de subdiviser les zones d'utilisation des terres pour refléter d'autres

déterminants des impacts du feu. La communauté comme telle peut aussi être divisée en zones pour refléter les impacts potentiels associés avec les incendies qui se produisent dans différentes sections de la zone d'interface (c-à-d., la bordure entre la communauté et la forêt environnante inflammable).

La complexité et la sophistication des évaluations d'impacts du feu à l'intérieur d'une zone vont dépendre des données disponibles et des délais. De simples évaluations pourraient impliquer l'utilisation des données existantes et des opinions d'experts pour des estimations qualitatives des impacts, alors que des évaluations plus complexes pourraient impliquer une combinaison de méthodes, y compris la collecte de données, la modélisation statistique et les techniques de relevés.

Évaluer les changements des risques d'incendies associés avec les conditions futures projetées

Les changements prédits pour le climat futur et la couverture terrestre peuvent être incorporés dans les évaluations des impacts afin d'estimer le risque d'incendies de forêt d'une communauté. Des cartes de susceptibilité aux incendies de forêt sont créées à partir d'une variété d'entrées de données, y compris la végétation (combustibles), la topographie, les patrons d'allumage des incendies, la répartition de la dimension des feux, ainsi que les conditions météorologiques propices aux incendies forestiers. On peut s'attendre à ce que plusieurs de ces conditions environnementales vont changer selon les scénarios climatiques prédits pour l'avenir.

Des cartes de susceptibilité de référence pour une région donnée peuvent être comparées avec des cartes produites à partir d'entrées qui ont été altérées afin de refléter les conditions futures projetées associées au changement climatique. Dans la même veine, les impacts futurs du feu à l'intérieur de chaque zone d'une région d'étude peuvent être réévalués en changeant les bordures des zones afin de refléter les changements futurs prédits en matière de conditions socioéconomiques, de facteurs écologiques, de valeurs et d'attitudes, ainsi que de changements liés aux activités d'atténuation (par ex., gestion des combustibles autour des structures) ou de changements des capacités d'extinction des incendies.

Santé de la forêt

Les parasites des forêts, y compris les insectes, les pathogènes, les mauvaises herbes et les vertébrés, affectent directement la productivité de la forêt. De concert avec d'autres agents biophysiques, ils peuvent interagir de sorte à créer des impacts bien au delà de leurs effets individuels (Volney et Hirsch 2005). D'un point de vue socioéconomique, ces impacts peuvent éventuellement changer les relations des communautés forestières avec la forêt. De fait, les parasites peuvent déterminer la direction du développement communautaire par la nature des forêts qu'ils endommagent et les types de végétation qui se développent après des

épidémies. L'épidémie actuelle du dentroctone du pin argenté (*ponderosa*) dans le centre de la Colombie-Britannique est un exemple d'un tel processus qui est déjà en cours. Par surcroît, il y a toujours un certain risque qu'un climat altéré va changer la dynamique des espèces nuisibles en faveur d'un nouvel état d'équilibre qu'on ne peut pas prévoir. Cependant, nous en savons assez à propos des parasites indigènes que des changements soudains peuvent être généralement anticipés; en tant que telles, des interventions de gestion à long terme peuvent être mises en application afin de s'adapter à ces événements et réduire les risques de changements catastrophiques dans le comportement des écosystèmes (Volney et Mallett 1998).

Quantifier les impacts des interactions entre les parasites, et des interactions des parasites avec d'autres agents perturbateurs, est présentement le ressort de la modélisation, parce que l'expérience avec ces interactions est limitée. Néanmoins, le risque est réel et les pertes peuvent être astronomiques. À titre d'exemple, les effets du feu suite à des poussées catastrophiques d'insectes peuvent être dramatiques. Les impacts spécifiques dépendent des écosystèmes forestiers affectés, du type de saison des feux qui se produit suite à la mortalité d'arbres causée par des espèces nuisibles, ainsi que de la structure spatiale et verticale des peuplements attaqués. Le résultat de ces interactions va également dépendre fortement des événements météorologiques spécifiques qui ont lieu avant et durant les événements individuels d'incendies et de parasites, ainsi que du régime climatique dominant à ce moment-là.

On sait que nombreux parasites affectent les essences forestières indigènes, mais ils affectent les peuplements forestiers à différents stades de développement, dans différents habitats, dans différentes écozones et sous différents régimes de gestion. Afin de traiter avec cette complexité dans le contexte des impacts de modélisation du changement climatique, un cadre universel pour évaluer les effets des parasites est nécessaire. Un tel cadre a déjà été mis au point pour les parasites des plantations (Volney et coll. 2005)

et pourrait être adapté pour les peuplements forestiers en général. Le cadre tient compte de multiples perturbations durant toute la vie des peuplements, mais il ne modélise pas explicitement les interactions reliées aux perturbations, ni ne modélise-t-il spécifiquement le changement

climatique. Cependant, les effets du changement climatique pourraient être évalués en considérant les probabilités et les impacts pour les écozones où les conditions actuelles imitent les climats futurs de l'aire à l'étude.

IMPACTS SUR LA COMMUNAUTÉ

Scénarios socioéconomiques

L'analyse de scénarios est une méthode pour examiner des alternatives (possibilités d'avenirs) selon une variété de changements hypothétiques ou prévus aux conditions actuelles (c-à-d., des scénarios). Le but de l'analyse de scénarios (Étape 7) est d'améliorer la prise de décisions en considérant les implications de différentes options de gestion ou de différentes influences externes avant que des politiques soient changées ou que des événements externes futurs ne se produisent.

Les scénarios socioéconomiques sont une composante importante des évaluations de la vulnérabilité (Yohe et coll. 1999; Lorenzoni et coll. 2000; Berkhout et coll. 2002; Shackley et Deanwood 2003). Il a quatre raisons principales pour le développement de scénarios socioéconomiques dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité au climat à l'échelle de la communauté :

- Fournir une base pour la compréhension de la vulnérabilité aux impacts du climat dans le contexte de d'autres forces socioéconomiques affectant une communauté particulière; la vulnérabilité d'une communauté au climat et au changement climatique peut être moins importante que sa vulnérabilité à certaines autres pressions économiques. Par contre, d'autres facteurs peuvent exacerber le degré selon lequel la communauté est vulnérable aux effets du climat.
- Fournir une base de référence pour évaluer les impacts économiques nets possibles du changement climatique; une façon d'évaluer la sensibilité de l'économie locale aux effets du climat est d'évaluer l'activité économique

future selon différents scénarios climatiques et de comparer ceux-ci au niveau d'activité économique auquel on peut s'attendre sans le changement climatique (c-à-d., le point de repère). Évaluer les impacts nets implique souvent la comparaison de différents scénarios avec la situation de base. Cependant, dans plusieurs cas, la base de référence elle-même évolue au fil du temps. Les scénarios socioéconomiques fournissent de l'information sur les tendances prévues dans la base de référence.

- Fournir des perspectives spécifiques par secteurs pour les industries locales importantes; à titre d'exemple, on peut s'attendre à ce que le changement climatique va affecter les marchés pour les produits agricoles et forestiers à l'échelle mondiale, nationale et régionale. Les changements dans l'offre et la demande à ces niveaux-là pourraient avoir des implications importantes à l'échelle locale en matière de production, de profitabilité, d'emploi, de prix des biens locaux et de l'utilisation du territoire.
- Fournir une approche structurée pour l'obtention de connaissances locales expertes concernant l'avenir de la communauté; le développement de scénarios implique normalement d'obtenir de l'information et du feedback des experts et des intervenants locaux.

La préparation de scénarios commence normalement avec un remue-méninges afin d'identifier les facteurs clés, les éléments moteurs et les incertitudes critiques auxquels la communauté doit faire face. Cette activité produit ensuite des «

anecdotes » alternatives sur le futur (Bell 1997). Cette méthode fit surface pour aborder certaines des limites des méthodes de modélisation quantitative et formelle. À titre d'exemple, les techniques de modélisation économétrique et statistique ignorent souvent des facteurs qualitatifs importants, et elles ont un mauvais rendement en ce qui concerne la modélisation des impacts non linéaires qui résultent des processus non linéaires (Bell 1997). Les modèles économiques ont une exactitude limitée pour de longues périodes, surtout quand il y a des changements structureaux fondamentaux dans les constructs sociaux (poussés par des changements dans les institutions, les politiques, les changements technologiques et autres facteurs). Par contre, le développement de scénarios qualitatifs fournit un moyen utile pour communiquer et explorer des idées sur comment des changements complexes dans l'environnement externe d'une communauté vont l'affecter et les implications de différentes réactions à l'échelle de la communauté. La trame des scénarios est généralement assez large. Elle peut incorporer des évaluations sur comment certains facteurs non mesurables ou difficiles à prédire vont affecter la communauté au fil du temps. Donc, le développement de trames qualitatives utilisant une approche de préparation de scénarios permet à une communauté de développer une vision du futur qui tient compte des changements complexes dans l'environnement externe, qui est applicable à long terme et qui est localement pertinent.

Développer des trames socioéconomiques qui sont pertinentes au niveau de la communauté représente certains défis. La meilleure approche est de consulter les intervenants locaux, les experts locaux et peut-être des experts de l'extérieur afin de saisir leurs connaissances, leurs perspectives et leurs opinions sur l'avenir des industries locales, sur les facteurs qui vont probablement affecter leur compétitivité ou créer de nouvelles opportunités économiques. Ceci peut être accompli d'une manière formelle par l'entremise d'un processus de planification structurée de scénarios ou d'une manière informelle par l'entremise d'entrevues ouvertes avec les leaders des entreprises locales. La modélisation et la collecte de données peuvent

appuyer un processus local de planification de scénarios. Cependant, tel que mentionné auparavant, il faut reconnaître les limites de la capacité de n'importe-quel modèle de fournir des estimations crédibles du développement économique à long terme d'une communauté.

De nombreux auteurs ont décrit des méthodes et des approches formelles pour le développement de scénarios qualitatifs, y compris Godet (1987), Wilson (1978) et Bell (1997). Berkhout et coll. (2002) décrivaient des approches pour le développement de scénarios dans le contexte de l'évaluation du changement climatique en identifiant deux grandes catégories d'approches possibles : normatives et exploratoires.

Avec les approches normatives, un état désiré unique pour l'avenir de l'économie locale est décrit; on y identifie et décrit les directions, les forces et les faiblesses locales, ainsi que les facteurs qui habilitent ou qui contraignent les agents sociaux à faire les changements nécessaires pour atteindre cet état futur.

Les approches de scénarios exploratoires sont plus communes. Elles ont également tendances à être plus complexes, détaillées et gruge-temps. Selon Berkhout et coll. (2002), une analyse de scénario exploratoire est basée sur quatre principes sous-jacents : reconnaître que les tendances passées ne servent pas de base pour une projection de l'avenir; accepter que le futur ne peut pas être prédit avec certitude, mais que « l'exploration » d'avenirs possibles peut éclairer la prise de décision locale; accepter l'incertitude et reconnaître qu'un certain nombre d'avenirs différents pourraient se produire; et, reconnaître que les connaissances locales et la contribution des intervenants locaux sont fondamentalement importantes pour le développement d'une trame de scénario fructueuse.

Dans une analyse de scénarios exploratoires, plusieurs avenirs possibles sont identifiés. À titre d'exemple, ce type d'analyse pour une communauté particulière pourrait générer quatre scénarios (ou trames « historiques ») d'avenirs, chacun étant défini comme une combinaison unique de

suppositions sur les conditions économiques et environnementales futures. Les critères qui différencient les scénarios sont définis par les participants. Dans plusieurs cas, il s'agit de caractéristiques hors de contrôle de la communauté locale (par ex., suppositions à propos du développement économique mondial, du changement climatique mondial, du niveau d'intégration du marché mondial, de la répartition mondiale des revenus, du niveau d'harmonie politique, des taux de changements technologiques ou du changement de la population). Les implications de chaque scénario pour l'économie locale sont ensuite identifiées et décrites par l'entremise de discussions structurées ou animées (par ex., groupes de discussion ou ateliers) avec des experts locaux. Les participants à ces discussions peuvent déterminer les implications pour l'économie locale en identifiant les opportunités stratégiques et les secteurs menacés, en décrivant la capacité de la communauté de s'adapter aux changements externes et en identifiant les changements locaux et les améliorations locales nécessaires pour réaliser la vision décrite dans une trame (scénario) particulière.

Une source potentielle de vulnérabilité au changement climatique dans les communautés dépendant sur les ressources, c'est l'économie locale.¹⁰ Évaluer les impacts sur l'économie locale comme source de vulnérabilité est extrêmement complexe pour plusieurs raisons. Tout d'abord, un climat changeant va affecter l'économie à différents niveaux (mondial, national, régional et local). L'économie d'une communauté forestière est normalement liée aux marchés mondiaux et elle sera donc sensible aux changements dans l'approvisionnement mondial du bois d'œuvre causés par le changement climatique et par la restructuration conséquente des marchés mondiaux, par les changements dans les structures des échanges commerciaux et par les changements possibles dans la capacité des entreprises locales d'avoir accès aux marchés extérieurs.

Une deuxième source de complexité, c'est la longue période de temps durant laquelle les effets du changement climatique vont se produire et la

variabilité des impacts au fil du temps. Il n'y a pas nécessairement une correspondance biunivoque entre l'ampleur du changement climatique au cours d'une période de temps particulière et l'ampleur des impacts. Les impacts dans un secteur particulier peuvent être relativement faibles au départ (disons, au cours des prochains 20 à 30 ans), mais ils pourraient augmenter d'une manière radicale à mesure que les seuils sont atteints et dépassés, ou si des changements se produisent qui excèdent la capacité d'adaptation des entreprises dans la communauté. Ce problème est d'autant plus compliqué par les nombreux autres facteurs qui vont éventuellement compliquer l'économie d'une communauté au fil du temps, tels que le changement dans la technologie, la mondialisation, la croissance de la population, les changements des goûts et des préférences, ainsi que le changement institutionnel; tous ceux-ci peuvent se produire simultanément avec le changement climatique. En tant que tel, il peut être difficile d'évaluer uniquement les impacts des tendances climatiques. Si les pressions non reliées au climat augmentent, les communautés vont devenir de plus en plus perturbées, leurs ressources pourraient être de plus en plus consacrées à s'occuper de ces enjeux et moins de ressources seront disponibles pour aborder les problèmes causés par le changement climatique.

Un troisième facteur de complication, c'est que les effets du changement climatique sur différents secteurs dans une zone géographique particulière (tels que l'agriculture, la foresterie et le tourisme) pourraient être différents en matière de direction (positive ou négative) et d'ampleur. Les effets nets dans la communauté sont potentiellement compensatoires, mais seulement en autant qu'il existe une capacité institutionnelle pour réaffecter les ressources d'un secteur de production à un autre. Cece suggère la nécessité d'une approche holistique qui tient compte à la fois des impacts économiques pour tous les secteurs industriels et de la capacité d'adaptation de l'économie. Cependant, la capacité actuelle de réaliser des évaluations économiques holistiques au Canada est plutôt limitée.

¹⁰Le changement climatique peut affecter à la fois les industries extractives (comme l'industrie forestière) et les industries non extractives (comme le tourisme). Une évaluation de l'impact économique du changement climatique devrait considérer les impacts sur tous les secteurs sensibles au climat.

Une approche pratique et simplifiée pour évaluer les impacts, c'est de mettre l'accent sur les aspects où l'économie locale sera le plus sensible au changement climatique, ce qui va varier d'une communauté à l'autre. Cette approche comprend une décision sur la portée de l'analyse; tenir compte de comment les changements dans les systèmes économiques à des niveaux plus élevés vont affecter le système économique de la communauté; le cadre temporel de l'analyse et les périodes de prédiction spécifiques (par ex., des périodes 10 ans, de 30 ans et de 60 ans); le secteur ou les combinaisons de facteurs à être étudiés; et, l'approche méthodologique à être utilisée.

Le reste de la discussion dans cette section est axée sur les méthodes pour évaluer les impacts économiques à l'échelle de la communauté. Les modèles discutés ici sont ceux typiquement utilisés pour évaluer les implications des changements en matière d'emplois et de revenus dans la production et les exportations de l'industrie forestière locale (suite aux facteurs reliés au changement climatique).

Évaluation des impacts sur l'économie régionale

Le changement climatique peut causer des changements (ou des impacts) concentrés sur le plan spatial qui ont des conséquences pour les agents et les institutions économiques. L'évaluation des impacts économiques régionaux (Étape 8) comprend l'identification et la quantification de ces impacts au niveau régional afin de permettre aux décideurs de faire des jugements éclairés à savoir si un impact particulier est acceptable en relation aux conditions existantes (Davis 1990). En d'autres mots, une évaluation des impacts économiques sert de guide pour la prise de décisions (Loomis 1993).

L'échelle de l'analyse a des implications importantes pour l'interprétation des résultats. À titre d'exemple, des changements qui sont considérés des « transferts » au niveau provincial peuvent être considérés des « impacts » à l'échelle régionale ou communautaire. De plus, alors que les économies aux échelles géographiques plus vastes pourraient être capables d'absorber et de s'ajuster

aux chocs associés au changement climatique, il se peut que les économies des communautés forestières plus petites soient moins capables de s'y ajuster; par conséquent, les impacts économiques locaux pourraient être relativement plus sévères.

Méthodologie reliée aux impacts sur l'économie régionale

Déterminer les impacts ou les changements sur l'économie régionale causés par le changement climatique exige une certaine connaissance de l'état « pré-choc » de l'économie régionale. Un tel savoir peut être accumulé en recueillant de l'information de base et des données spécifiques pour chaque secteur en matière de production, de valeurs des expéditions, de capital-actions (c-à-d., coût de remplacement ou valeur courante du capital industriel), d'exportations, de paiements aux facteurs de production (par ex., main-d'œuvre, capital et ressources naturelles), de niveaux d'activité et de transactions entre les secteurs. De l'information anecdotique et de source locale peut contribuer des aperçus sur les tendances et les facteurs historiques qui ont contribué à la situation courante.

Le type d'information nécessaire dépend de l'étendue de l'analyse prévue. Certaines données de recensement sont facilement accessibles auprès de Statistique Canada et peu dispendieuses, y compris des profils indicateurs de recensement (par ex., revenu médian, emploi, valeur résidentielle médiane et niveau d'éducation), comptes économiques nationaux et provinciaux, ainsi que des tableaux entrées-sorties nationaux et provinciaux. Des tableaux de recensement et de l'information sur demande par région sur les activités sectorielles sont également disponibles auprès de Statistique Canada, à un prix plus élevé.

Des modèles d'équilibre général (ÉG) sont utilisés communément dans les analyses d'impacts économiques. Quand ce type de modèle est utilisé à cette fin, de l'information détaillée sur l'activité économique et les maillages sectoriels (coefficients techniques et d'élasticité) est nécessaire. Tel que discuté auparavant, de telles données ne sont pas généralement disponibles au niveau régional ou communautaire; cependant, une variété de

techniques existent pour la création de base de données économiques régionales détaillées. Les approches peuvent être classifiées en trois catégories : synthétiques, sondages et hybrides (Richardson 1985). L'approche synthétique descendante comprend une mise à l'échelle mathématique des coefficients entrées-sorties provinciaux; bien qu'elle soit peu dispendieuse et moins chronophage que les autres méthodes, ce type de modélisation est également moins fiable. L'approche ascendante comprend la collecte de données primaires sur les transactions industrielles; cette méthode est considérée comme étant la plus fiable, mais elle est dispendieuse et bouffe-temps. La méthode hybride comprend une mise à l'échelle synthétique et une collecte ciblée de données primaires afin d'améliorer la fiabilité. Patriquin et coll. (2002) offrent une discussion plus détaillée de ces méthodes dans le contexte d'une analyse régionale au Canada.

Modèles d'impacts économiques

Les modèles ÉG sont des outils standards pour évaluer les impacts économiques des projets industriels proposés, des événements

majeurs, des enjeux portant sur les échanges internationaux et des changements dans les politiques gouvernementales intérieures (Miller et Blair 1985; Pyatt et Round 1985). Chaque secteur d'une économie est relié à d'autres secteurs, soit directement par des transactions (achats et ventes) ou indirectement par la compétition pour la main-d'oeuvre, les capitaux et le territoire utilisé dans la production industrielle. Les modèles ÉG tiennent compte des maillages sectoriels et offrent un tableau plus complet de l'impact qu'un secteur peut avoir sur d'autres secteurs et sur l'ensemble de l'économie d'une région.

Deux volets théoriques existent dans le cadre de l'approche ÉG : les approches de prix-fixes (entrées-sorties [E-S] et de matrice de comptabilité sociale [MCS]), ainsi que les approches de prix variables (modèles informatiques d'équilibre général [CGE]). Chaque approche est valide dans certaines circonstances. Dans certains cas, l'approche E-S ou MCS peut être utilisée pour servir de base pour l'approche CGE plus flexible. Les caractéristiques générales de ces deux approches de modélisation sont comparées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Cliché comparatif des caractéristiques des modèles

Caractéristiques des modèles	E/S - MCS	CGE
Fréquence de l'utilisation	Commune	Rare
Complexité	Simple	Plus complexe
Exigences en matière de données	Faibles	Moyennes
Rôle des prix	Fixes	Endogène
Rôle de la technologie	Fixe	Pas nécessairement fixe
Disponibilité des intrants	Capacité excessive	Contraintes possibles
Échéancier	Extrêmement court terme	Variable
Impacts - secteurs	Unidirectionnels	Multidirectionnels
Structure théorique	Linéaire	Non linéaire

Note : E/S = entrée/sortie, MCS = matrice de comptabilité sociale, CGE = modèle informatique d'équilibre général. Source : M.N. Patriquin, Service canadien des forêts, Edmonton, Alberta, communication personnelle, 19 juillet 2007.

Les modèles à prix-fixes, tels que les modèles E-S et MCS, sont les outils ÉG les plus communs, mais ils sont également les plus limités en ce qui a trait à la portée de l'analyse qui peut être entreprise, leur rigidité et la nature de leurs suppositions sous-jacentes (qui sont souvent considérées trop simplistes). À titre d'exemple, les modèles E-S ne tiennent pas compte de la compétition entre les secteurs économiques pour du territoire, de la main-d'œuvre et des capitaux; donc, les facteurs de production (par ex., main-d'œuvre, matières premières et capitaux) sont supposés être disponibles sans limites. Cependant, ces approches et autres approches à prix-fixes demeurent populaires à cause de la grande disponibilité des données (au niveau national et provincial) et de leur coût inférieur. Les modèles à prix-flexibles, tels que les modèles CGE, sont moins communs (à cause des exigences plus élevées au niveau des entrées requises et des prix plus élevés pour leur développement), mais ils surmontent plusieurs des restrictions des approches à prix-fixes.

Plusieurs auteurs ont comparé les approches à prix-fixe et les approches à prix-flexibles dans différents types d'économies régionales basées sur les ressources naturelles et basées sur la forêt, y compris Alavalapati et coll. (1996), Seung et coll. (1997), Partridge et Rickman (1998), Alavalapati et Adamowicz (1999), Alavalapati et coll. (1999), Patriquin et coll. (2002) et Patriquin et coll. (2003). Ces études ont démontré que les techniques CGE peuvent fournir de l'information utile sur les impacts potentiels des changements dans la gestion des ressources naturelles. Ces modèles ne sont pas communément appliqués à l'échelle régionale, mais il y a une entente générale qu'ils fournissent des perspectives uniques qui ne sont pas disponibles avec les techniques à prix-fixes appliquées généralement.

Certaines restrictions importantes des modèles d'impacts économiques devraient être soulignées, surtout en ce qui concerne la manière selon laquelle ils peuvent être appliqués dans l'évaluation des impacts du changement climatique futur. Les modèles ÉG sont statiques, en général, et les coefficients techniques qu'ils

contiennent sont fixes en ce qui concerne le temps. Ces modèles supposent que les connaissances et les technologies sont les mêmes en comparaison avec deux différents états (par ex., deux différentes périodes de temps). De plus, ces modèles supposent généralement que les ressources, telles que le capital-actions, sont fixes. Cependant, le changement climatique est un processus à long terme et, parce que les conditions changent, il est inévitable que les connaissances, les technologies et le capital-actions vont changer durant les échelles de temps pour lesquelles les évaluations des impacts économiques sont effectuées. Donc, les résultats des modèles économiques qui considèrent les impacts du changement climatique ne peuvent pas être considérés comme étant des prédictions. Ils indiquent plutôt les sensibilités relatives de certaines sections de l'économie et la nature générale des impacts économiques. De fait, ils peuvent surestimer l'ampleur d'impacts particuliers parce que les modèles ne contiennent pas l'adaptation ou les nouveaux investissements.

Impacts sur les valeurs du paysage

Les effets du changement climatique sur le paysage environnant pourraient affecter les habitants des communautés forestières. Les gens qui demeurent dans des communautés dépendant sur la forêt et autres ressources naturelles vont souvent accorder une valeur élevée aux caractéristiques de l'environnement du paysage forestier environnant. Ces caractéristiques de l'environnement, de ces qualités et de ces valeurs contribuent en quelque sorte au « sentiment d'appartenance » à une communauté particulière (Stedman 1999), mais elles peuvent être menacées à cause du changement climatique. Ces valeurs sont souvent considérées comme représentant différentes « valeurs utilitaires » (par ex., activités de loisir en plein air), comme « valeurs de non-usage » (par ex., valeurs d'existence, valeurs de transmission, valeurs d'option) et comme services écologiques (par ex., air pur et eau saine, écosystèmes en santé et paysages esthétiquement attrayants). Ces valeurs varient d'un endroit à l'autre et en relation à la distance du centre d'une communauté. L'Étape 9 du processus est d'évaluer comment le changement climatique pourrait

affecter la communauté suite aux changements dans le paysage environnant.

L'approche suivante générale, une étape à la fois, peut être utilisée pour acquérir une meilleure compréhension du degré selon lequel le changement climatique pourrait affecter ces valeurs durant différentes périodes de temps :

1. Identifier les caractéristiques environnementales de valeur et sensibles au climat.

Les catégories générales de telles caractéristiques comprennent les aspects suivants :

- santé générale de l'écosystème forestier environnant;
- aires protégées et sites particuliers qui sont importants pour la communauté, là où les communautés végétales pourraient être plus sensibles au changement climatique;
- eau et pêches;
- faune;
- qualité pittoresque, plein air et éléments du paysage qui sont importants pour le tourisme.

2. Cartographier ces valeurs dans le paysage autour de la communauté.

Un logiciel SIG ou des outils de cartographie disponibles sur le Web pourraient être utiles pour une cartographie à l'échelle de la communauté des éléments de ressources naturelles qui ont de la valeur autour de la communauté (par ex., essayez le <http://www.greenmapping.org>). L'identification

des éléments de ressources naturelles ou d'atouts naturels autour de la communauté exige normalement une certaine consultation auprès de la communauté (Brown 2005). Dans certains cas, des rapports sur l'aménagement du territoire pourraient être une ressource utile.

3. Évaluer les impacts potentiels sur chacune des valeurs selon différents scénarios climatiques.

La méthode d'évaluation des impacts va dépendre des besoins et des ressources. Une approche basée sur la communauté pourrait inclure : une consultation auprès d'experts locaux afin de dresser une liste de caractéristiques (éléments) environnementales sensibles au climat; préparer des cartes informelles montrant l'emplacement et la distribution de ces valeurs à l'intérieur d'une région définie autour de la communauté; déterminer les risques potentiels pour ces valeurs causés par le changement climatique au fil du temps; et, organiser des ateliers, des groupes de discussion, des entrevues et des sondages afin de déterminer et de classer l'importance des impacts potentiels. Une approche plus orientée sur la technique pourrait comprendre une combinaison de relevés, de modélisations et de cartographie SIG. Brown (2005) a décrit une méthodologie de relevés pour déterminer la répartition spatiale des valeurs environnementales et Rutherford et coll. (1998), ainsi que Chuenpagdee et coll. (2001), ont décrit une méthodologie qui peut être utilisée pour interpréter les préférences de la communauté en relation aux dommages environnementaux potentiels causés par le changement climatique.

Indicateurs de la capacité d'adaptation

Une composante importante de l'évaluation de la vulnérabilité, c'est de mesurer la capacité d'adaptation des systèmes économiques et sociaux (Étape 10).

McCarthy et coll. (2001) ont suggéré que la capacité d'adaptation est déterminée par la technologie, le capital social, la disponibilité de ressources, le capital humain, la capacité décisionnelle des institutions et les perceptions du public vis à vis les événements attribuables au changement climatique. Dans le même ordre d'idées, Brooks (2003), Adger et coll. (2004) et O'Brian et coll. (2004) ont tous utilisé une définition de la durabilité sociale qui met l'accent non seulement sur les impacts ou sur les dommages aux systèmes sociaux qui pourraient se produire à cause du changement climatique, mais aussi sur les caractéristiques d'un système qui lui permet de faire face au changement. Ces auteurs reconnaissent que la vulnérabilité d'un système humain va au delà des impacts directs reliés au climat de sorte à inclure l'état actuel des systèmes sociaux, ainsi que les processus politiques et institutionnels dynamiques aux niveaux microéconomique et macroéconomique.

Dans leur étude du secteur agricole du Canada, Smit et Pilifosova (2001) ont identifiés les déterminants de la capacité d'adaptation au changement climatique comme étant la richesse économique, les capacités en matière de technologie et d'information, l'infrastructure, les institutions, le capital social et l'équité. Plus récemment, Adger et coll. (2004) ont identifié un grand nombre d'indicateurs tels que la richesse, l'inégalité, l'engagement à l'éducation, l'isolement des communautés rurales, la qualité de l'infrastructure de base, l'influence politique, la volonté d'investir dans l'adaptation et différentes mesures de durabilité environnementale. Ces indicateurs sont utilisés pour comparaisons à l'échelle des pays pour identifier de vastes régions

à travers le monde ayant des niveaux plus élevés ou plus bas en matière de capacité d'adaptation.

Dans le même ordre d'idées, la documentation sur les dangers (par ex., Tobin 1999), sur la promotion de la santé (par ex., Goodman et coll. 1998) et sur les communautés qui dépendent des ressources (par ex., Kusel 2001) identifie les caractéristiques des communautés qui leur permettraient de résister aux menaces ou aux chocs plus génériques, tels qu'un tremblement de terre ou un ralentissement économique. Surtout dans la documentation reliée aux communautés qui dépendent des ressources, il y a une transition importante s'éloignant de la pensée en terme de stabilité de la communauté pour mettre l'accent plutôt sur les processus sociaux et les capacités des communautés locales comme étant des composantes importantes de leur capacité d'adaptation à long terme et, ainsi, de leur viabilité.

Approche basée sur la communauté

Beckley et coll. (2002) ont décrit une approche basée sur les indicateurs pour l'évaluation de la capacité d'adaptation à l'échelle de la communauté. Empruntant de Kusel (2001), ils ont défini la capacité des communautés comme étant « la capacité collective d'un groupe (ou d'une communauté) de combiner différentes formes de capital dans un contexte institutionnel afin de produire les résultats escomptés (Beckley et coll. 2002, p. 7). Les formes de capital représentent la variété d'atouts disponibles au sein des communautés afin de poursuivre des résultats spécifiques, tels que voici :

- capital naturel : ressources naturelles et services écologiques, tels que l'air pur et l'eau saine;
- capital humain : les capacités, l'éducation et la santé des individus qui contribuent toutes aux capacités de base et au rendement économique de la communauté;
- capital économique : la base industrielle, l'infrastructure physique telle que les

chemins et les bâtiments et le capital financier, tel que les budgets organisationnels et l'épargne des ménages;

- capital social : les relations entre les membres de la communauté qui contribuent à l'action collective.

Flora et Emery (2006) ont mis au point un cadre plus large pour évaluer la capacité d'adaptation des communautés et qui incorporait le capital naturel, le capital culturel, le capital humain, le capital social, le capital politique, le capital financier et le capital immobilier.

Cette approche basée sur le capital (ou reposant sur l'actif) pour l'évaluation de la vulnérabilité fournit un cadre utile pour organiser certaines mesures de la capacité d'adaptation en relation au changement climatique en « suites » d'indicateurs. L'étendue de ces suites d'indicateurs démontre la complexité des concepts de la capacité d'adaptation et du besoin d'études compréhensives à long terme pour mieux les comprendre. L'un des défis à ce niveau est d'identifier un sous-ensemble ou une liste-clé d'indicateurs pour évaluer certains des aspects clés de la capacité d'adaptation à l'échelle de la communauté sans devenir trop simpliste. Le cadre pourrait être d'autant plus raffiné par l'entremise d'une recherche des indicateurs à l'échelle locale avec les membres de la communauté (Parkins et coll. 2001). Grâce à des ateliers et à des recherche-sondages, les participants au projet peuvent identifier les indicateurs spécifiques qui sont les plus pertinents aux buts et aspirations de leur communauté et ils peuvent ensuite rétroagir ceux-ci au cadre organisateur.

Il est aussi important de reconnaître les aspects les plus dynamiques de la capacité d'adaptation. Certains auteurs font allusion à l'importance de considérer le processus inhérent à l'adaptation. Ces aspects sont incorporés dans les arrangements institutionnels et organisationnels, qui peuvent être combinés avec l'actif (stock de capitaux) pour produire une variété de résultats. La capacité d'adaptation peut être facilitée ou limitée par des institutions, ainsi que les règles, les normes et les structures de gouvernance qui leur sont associées (Adger et Kelly 1999). Le sujet important des

institutions et de la gouvernance est discuté en plus grand détail dans une autre section de ce document.

Capacité d'adaptation du système économique d'une communauté

Le changement climatique peut affecter le système économique d'une communauté par les changements du prix des biens et services produits localement (par ex., lors du changement des prix dans les marchés d'exportation); les changements dans la disponibilité, la qualité et le coût des ressources naturelles locales; et, la montée de l'incertitude financière (par ex., par une variance croissante entre le surplus des intrants et la variance possiblement accrue des prix pour les intrants et les produits). L'ampleur des impacts économiques nets sur les communautés forestières dépendra éventuellement de la capacité des systèmes économiques au sein de ces communautés de s'adapter à ces changements.

Le système économique d'une communauté comprend les entités suivantes : entreprises, investisseurs (ou propriétaires d'entreprises), travailleurs, propriétaires fonciers (ou fournisseurs d'intrants de ressources naturelles), fournisseurs intermédiaires et consommateurs locaux (c-à-d., situés à l'intérieur ou étroitement associés avec la communauté). Ces différents agents sont interreliés et peuvent être réglementés par différentes institutions (par ex., les marchés, les gouvernements et les droits de propriété). Le système économique d'une communauté est également relié à d'autres systèmes économiques à des niveaux plus élevés ou plus bas.

Capacité d'adaptation des entreprises individuelles

Les entreprises sont la pierre angulaire du système économique, parce qu'elles achètent des intrants, elles transforment ces intrants en produits pour ensuite les vendre et les distribuer aux consommateurs. Les entreprises dans les communautés forestières opèrent dans des environnements économiques complexes et rapidement changeants. La capacité d'adaptation peut être perçue comme étant la capacité des

entreprises individuelles de réagir (ou de s'adapter) aux forces externes et aux signaux économiques, et de demeurer en affaires. À court terme, les décisions opérationnelles sont limitées par le fait que certains intrants (tels que le capital-actions d'une entreprise) sont fixes. La nature fixe de ces intrants signifie que les options d'adaptations sont limitées à court terme. À long terme, tous les intrants (y compris le capital) sont variables et un différent ensemble de stratégies d'adaptation pourrait être possible. Donc, en évaluant la capacité d'adaptation des entreprises, il est nécessaire de différencier entre les capacités d'adaptation à court terme et celles à long terme.

Les quelques études qui ont examiné les effets du changement climatique sur les marchés du bois d'oeuvre à l'échelle mondiale ont suggéré que les impacts sur les producteurs en Amérique du Nord (plus particulièrement au Canada) auront tendance à être négatifs (Sohngen et coll. 2001; Perez-Garcia et coll. 2002). Ces répercussions néfastes viendront d'une augmentation générale des stocks de bois sur les marchés du monde; on anticipe que cela va mener à des prix relatifs plus bas. À court terme, les entreprises peuvent s'adapter à des prix relatifs plus bas en changeant leurs extrants et en réduisant leurs coûts. Cependant, une fois que les prix descendent en dessous de la moyenne des coûts variables, une entreprise va habituellement fermer ses portes. Donc, la différence entre les prix moyens et les coûts variables moyens au niveau de l'entreprise nous donne une idée de la capacité de cette entreprise de s'adapter à court terme aux changements des prix.

Une option d'adaptation pour les entreprises est de tenter de réduire les coûts variables moyens en améliorant l'efficacité. La capacité des entreprises de s'adapter de cette manière va dépendre d'une certaine « flexibilité » qui va permettre des améliorations en matière d'efficacité à court terme et la capacité de l'entreprise d'améliorer graduellement la technologie de son capital fixe.

Un autre impact potentiel du changement climatique est un changement dans la disponibilité des ressources ou des coûts des intrants (ou les deux). Dans les endroits où le changement

climatique a des effets négatifs sur la disponibilité des ressources, des répercussions néfastes sur l'économie locale sont possibles. Une stratégie d'adaptation potentielle des entreprises aux augmentations du coût des intrants de bois, c'est de substituer des intrants dans le processus de production. À titre d'exemple, si le prix (ou la disponibilité) des intrants de bois augmente en rapport aux coûts de main-d'oeuvre, une entreprise pourrait être en mesure de substituer de la main-d'oeuvre aux intrants de bois dans son processus de production (par ex., embaucher plus de travailleurs spécialisés ou d'offrir de la formation pour augmenter le montant d'extraction par mètre cube de bois). Le degré de flexibilité qu'a une entreprise dans la substitution des intrants est déterminé par la technologie courante de cette entreprise.

À long terme, le capital n'est pas fixe. Les entreprises peuvent réagir à des prix plus bas et aux changements dans le coût et la disponibilité des ressources en fermant leurs portes ou en déménageant, en augmentant la dimension de leurs installations (supposant que les économies d'échelle existent), ou en investissant dans les nouvelles technologies. La capacité d'adaptation des entreprises à cet égard peut être évalué en évaluant le potentiel d'économies de coûts en augmentant la dimension de leur installation (économies d'échelle), en changeant les proportions des intrants (par ex., par la substitution) et en adoptant de nouvelles technologies (qui est une fonction à la fois de la disponibilité de la technologie et de la capacité d'innovation des entreprises).

Capacité d'adaptation de l'économie locale

Les paragraphes précédents ont discuté la capacité d'adaptation des entreprises, mais la capacité d'adaptation peut également être considérée du point de vue de l'ensemble du système économique. La diversité économique peut être un déterminant important de la capacité d'adaptation de l'économie d'une communauté (Oinas et Legendijk 2005). Bien que l'expression *diversité* soit bien connue dans les sciences biologiques, le concept est relativement nouveau aux spécialistes en sciences sociales. De fait, les spécialistes en sciences sociales ont emprunté, à l'origine, la

théorie et les concepts des sciences biophysiques en s'efforçant de définir et de mesurer la diversité économique par l'entremise d'indices (Siegel et coll. 1995).

La diversité économique et la diversification sont fréquemment citées comme étant des indicateurs pour (ou des stratégies dans) les initiatives de développement économique régional (Conroy 1975; Ashton et Pickens 1995; Horne et Haynes 1999). À titre d'exemple, la diversité économique joue un rôle majeur dans la « Foothills Model Forest Local Level Indicators Initiative » [Initiative sur les indicateurs à l'échelle locale de la Forêt modèle de Foothills - 2004], dans le programme « Northeast Slopes Integrated Resource Management Pilot Program » [Programme pilote de gestion intégrée des ressources dans la région Northeast Slopes] (Regional Steering Group for the NES Strategy 2001) et le Programme de diversification de l'économie de l'Ouest du gouvernement canadien (Diversification économique de l'Ouest Canada 2006).

La diversité économique, et son rôle possible dans le développement régional, n'est pas aussi simple qu'on pourrait le supposer. Beaucoup d'efforts ont été consacrés à la mesure de la diversité et des relations (s'il y en a) entre la diversité, la stabilité, la croissance et la résilience (Kort 1981; Dabalen et Goldman 1994; Wagner et Deller 1998; Imbs et Wacziarg 2003). Ces études ont suggéré que la diversité économique et la diversification sont discutées communément en ce qui a trait au développement économique régional, mais qu'il n'y avait pas de consensus sur la méthode appropriée pour mesurer la diversité ou comment elle se rapporte à la stabilité, à la durabilité, à la croissance et à la résilience. De plus, il existe peu d'études spécifiques sur les enjeux de développement communautaire au Canada.

Il a été suggéré que la spécialisation contribue à l'efficacité et à la croissance, et qu'une structure industrielle diversifiée contribue à la stabilité, à un meilleur rendement innovateur et à une plus grande capacité d'adaptation (Oinas et Lagendijk 2005). La théorie du portefeuille (Zerbe et Dively 1994) suggère qu'en ce qui a trait à la voie du

développement économique d'une communauté, il pourrait y avoir des compromis entre maximiser la production et la croissance économique à court terme (par la spécialisation) et maximiser la capacité d'adaptation (par la diversification).

Capital social

Le capital social fait allusion aux relations et aux réseaux entre les individus, les organisations et les leaders de la communauté. Le capital social est un atout ou une ressource, à la fois pour les individus au sein des communautés et pour les communautés en tant qu'entités collectives. Le capital social contribue à la capacité des individus et des communautés de s'adapter au changement, en général (Matthews 2003; Franke 2005), et au changement climatique en particulier (Adger 2003). L'Étape 11 comprend l'évaluation du capital social d'une communauté.

La confiance interpersonnelle contribue à la formation et au maintien du capital social. Créer des réseaux et bâtir la confiance sont des conséquences de processus qui ont lieu au fil du temps et cela exige un investissement social. D'autres types de variables sociales peuvent être étroitement reliés à la formation du capital social. Un exemple, c'est le sentiment d'appartenance à un endroit (Stedman 1999). Matthews (2003) fit remarquer que « les communautés sont plus fortes quand leurs résidents s'identifient à elles et qu'ils expriment leur engagement envers elles ». Le degré de participation aux événements communautaires et l'intérêt envers la politique sont également perçus comme étant des indicateurs importants du capital social d'une communauté. Le capital social peut être une ressource vitale pour les communautés qui abordent le changement climatique, parce qu'il représente « des ressources et de l'appui » aux individus et aux groupes au sein des communautés (Matthews 2005).

On peut caractériser le capital social de différentes manières. Le capital social individuel fait allusion au réseau personnel d'un individu. La dimension, la densité et la diversité des réseaux peuvent varier d'une personne à l'autre, tout comme la fréquence et l'intensité des contacts

entre un individu et son propre réseau (Franke 2005). Les individus peuvent avoir des liens faibles (des « connaissances ») ou des liens forts (amis proches et parents) avec d'autres dans leurs réseaux personnels. Les types de positions des gens au sein du réseau d'un individu peuvent affecter les types d'appuis auxquels l'individu a accès.

Les gens obtiennent une grande variété d'appuis de leurs réseaux sociaux, y compris de l'information (à titre d'exemple, sur la santé, les emplois, les finances, la technologie et les déplacements), de l'appui émotionnel, de l'appui financier, de l'aide pour trouver de l'emploi, un endroit pour rester en temps de crise, de l'aide avec les réparations de véhicule ou les rénovations résidentielles, ainsi que pour la garde des enfants ou des favoris. L'information sur les niveaux typiques du capital social pour les individus au sein d'une communauté peut être obtenue par l'entremise de sondages auprès d'un échantillon représentatif de la population locale.

Le capital social existe également à des niveaux d'agrégation plus élevés. À titre d'exemple, le capital social collectif d'une communauté est mesuré par le nombre d'organisations dans une communauté, le nombre de membres dans ces organisations, ainsi que le niveau d'interconnexions entre les organisations (Franke 2005). De plus, les leaders de la communauté ont des réseaux sociaux qui peuvent être profitables pour l'ensemble de la communauté. Un niveau plus élevé de capital social dans une communauté contribue à sa capacité d'adaptation, parce qu'il appuie l'action collective par la communauté. Il contribue également aux actions ou aux décisions qui déterminent la santé et le mieux-être de l'ensemble de la communauté. L'information sur le nombre d'organisations, sur les réseaux intra – et inter – organisationnels et sur les réseaux de leaders de la communauté peut être obtenue par des entrevues avec les leaders de la communauté, à partir des sites Web dans la communauté ou à partir de documents, tels que ceux de la chambre de commerce et des profils communautaires.

Perception des risques

La perception des risques par les individus et par la communauté contribue à l'évaluation de la vulnérabilité de deux façons différentes. En premier lieu, une meilleure compréhension de la perception des risques de la part du public peut contribuer de l'information locale utile qui vient compléter les évaluations techniques des risques et mène à une compréhension plus holistique des « risques réels » associés au changement climatique. En deuxième lieu, tel que déjà souligné, certains aspects ou certaines caractéristiques des risques associés au climat ou de ceux qui perçoivent eux-mêmes de tels risques (c-à-d., les individus, les communautés ou les décisionnaires) vont causer une sous-estimation ou une sur-estimation des risques du changement climatique (Davidson et coll. 2003; Stedman et coll. 2004; Williamson et coll. 2005). La sous-estimation des risques a tendance à causer une adaptation inadéquate, ce qui fait que les individus et les communautés sont relativement plus vulnérables pour ne pas avoir entamé des actions ou des mesures pour atténuer certaines des répercussions néfastes. Dons, la sous-estimation des risque contribue à la vulnérabilité.

L'étude de la perception du risque continue à prendre de plus en plus d'ampleur dans les sciences sociales (à titre d'exemple, consultez Slovic 2000). L'étude du changement climatique en tant qu'enjeu de risque prend également de l'ampleur. Les perceptions des risques sont normalement étudiées par l'entremise de méthodes de recherches psychométriques. McDaniels et coll. (1996) et O'Connor et coll. (1999) ont appliqué cette approche pour évaluer les perceptions des risques écologiques associés aux changements à l'échelle planétaire. Stedman et coll. (2004) ont considéré les perceptions des décisionnaires canadiens en relation aux risques associés au changement climatique. Williamson et coll. (2005) ont étudié les perceptions des experts canadiens en foresterie en ce qui a trait au risque associé au changement climatique en relation aux écosystèmes forestiers et aux communautés forestières. L'Étape 12 de

l'évaluation comprend le développement d'une meilleure compréhension des perceptions des gens concernant les risques associés au climat et l'analyse de l'information dans le contexte de ses implications en ce qui a trait à la volonté des gens de s'adapter.

Perceptions des risques chez les individus

Dans l'ensemble, les perceptions du risque sont étudiées au niveau de l'individu. Ceux qui perçoivent la présence du risque ou de la vulnérabilité sont plus enclins à agir de manières qui vont atténuer le risque ou réduire la vulnérabilité. Par contre, si les risques sont mal interprétés, les individus pourraient sur-investir ou sous-investir dans des mesures d'adaptation. Les actions qui devraient être entamées pourraient être négligées (même si l'individu a une capacité suffisante de s'adapter). Par ailleurs, des actions qui devraient être évitées pourraient être entamées (ce qui cause un gaspillage des ressources). Savoir comment les membres des communautés forestières perçoivent les risques associés au climat sera un prédicteur important de l'adaptation de la communauté. Par surcroît, une telle compréhension peut également promouvoir une meilleure dissémination de l'information et une plus grande discussion communautaire concernant les risques associés au changement climatique.

Les perceptions des risques au niveau individuel sont typiquement mesurées en matière d'attitudes (ou de caractéristiques des risques), telles que la contrôlabilité, la crainte et la prévisibilité. Les préférences des gens pour certains types de risques peuvent être fortement affectées par ces caractéristiques. Les niveaux et les types de préoccupations peuvent également être influencés par d'autres facteurs, y compris ceux qui suivent :

- l'emploi courant (le degré selon lequel l'emploi d'une personne pourrait être affecté par certains risques ou par les politiques d'atténuation ou de réduction du risque) pourrait influencer les perceptions du risque de cette personne;
- la capacité des communautés (une forte capacité de la part des communautés et des

institutions pourrait agir comme « tampon » aux perceptions individuelles du risque);

- les facteurs exogènes (par ex., l'information que possède un individu à propos des programmes d'aide pour surmonter les dangers associés au climat pourrait affecter ses perceptions du risque);
- les sources d'information concernant le changement climatique et les réseaux sociaux dans lesquels les gens sont impliqués;
- les croyances à propos des liens de causalité au changement climatique planétaire;
- caractéristiques individuelles (telles que l'âge, le sexe, l'éducation et le revenu).

Beaucoup de recherches et de théories ont examiné la relation entre la perception du risque et le comportement de l'individu. L'approche du joueur rationnel, qui suppose une vision rationnelle atomistique de la perception individuelle du risque (Golding 1992; Renn 1992), est basée sur les suppositions importantes suivantes (The Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management 1997) : que les gens ont l'information exacte pour leur aider à prendre des décisions; que les gens peuvent traiter une telle information d'une manière impartiale (c-à-d., exempte de parti pris reliés aux expériences personnelles, aux antécédents culturels et autres facteurs; que les gens sont d'accords et capables de consacrer le temps et l'énergie pour peser toute l'information possible, ainsi que les coûts et les avantages de toutes les réactions comportementales; et, que les perceptions et les décisions individuelles sont importantes, de sorte que le mieux-être des individus est déterminé par leurs propres décisions, plutôt que par des forces externes.

L'approche psychométrique, rendue populaire par Slovic (1992), explore les différentes raisons pour les déviations entre l'évaluation subjective du risque des gens et l'évaluation du risque faite de manière scientifique, technique et purement objective. Trois raisons principales ont été établies pour ces déviations potentielles. En premier lieu, les préférences des gens pour des caractéristiques qualitatives spécifiques du risque (par ex., crainte,

contrôlabilité) jouent un rôle dans la façon que leurs perceptions sont formées. Deuxièmement, les perceptions individuelles du risque peuvent tout simplement être incorrectes. Tversky et Kahneman (1974) ont fait remarquer que les gens utilisent souvent des outils heuristiques ou qu'ils prennent des raccourcis cognitifs pour simplifier des enjeux de risque complexes, mais ces processus peuvent mener à des erreurs systématiques dans la perception ultime d'une personne vis à vis le risque. Selon ce point de vue, les perceptions ne sont pas basées sur la motivation, mais qu'elles sont plutôt le résultat d'un mauvais traitement de l'information, basé, à titre d'exemple, sur leurs mémoires de certains événements. Cette perspective, bien que limitée, commence à incorporer les facteurs contextuels qui peuvent affecter les perceptions individuelles. La troisième source potentielle de déviation, c'est le fait que dans certains cas, les évaluations subjectives du risque (à partir d'observations locales et d'expériences personnelles) sont correctes, alors que les évaluations techniques ne sont pas claires ou même fausses (à cause de données manquantes ou d'information incomplète). Ces observations et ces expériences personnelles peuvent contenir de l'information qui n'est pas facilement disponible ou qui n'est pas recueillie dans le cadre d'une évaluation du risque scientifique ou technique.

Perceptions du risque de la communauté

Une bonne partie de la recherche effectuée sur les perceptions par une communauté du risque associé au changement climatique a tout simplement mis ensemble les réponses de résidents individuels dans la communauté en question. Nous ne sommes pas d'accord avec cette approche. Les perceptions du risque des agrégats de résidents individuels dans la communauté peuvent être très différentes des perceptions du risque à l'échelle de la communauté; une distinction similaire à celle entre le capital social individuel et collectif qui fut décrite ci-haut. Cette différence peut être importante à savoir comment les communautés abordent l'adaptation. Flint (2004) a défini la perception du risque d'une communauté comme étant une expression collective du risque basée sur des menaces ou des dangers faisant l'objet d'un entendement commun. Cependant, les expressions

collectives sont qualitativement différentes de l'aggrégation des réponses individuelles (consultez également Fitchen et coll. 1987; Wolfhorst et Krannich 1999). Les approches conventionnelles (basées sur les individus) vis à vis la perception du risque ont tendances à mettre l'accent sur une perspective relativement étroite de l'objet du risque (c-à-d., l'individu et ceux qui lui sont très importants). Les individus pèsent les coûts et les avantages de réduire les conséquences néfastes de menaces particulières (telles que décrites ci-haut), en utilisant des approches de joueurs raisonnés, des outils psychométriques ou des perspectives culturelles. Par contre, Wolfhorst et Krannich (1999) ont fait remarquer que la perception du risque d'une communauté comprend les risques pour l'ensemble de la communauté (par ex., le risque au mieux-être de la communauté). Ceci implique un objet plus vaste en matière de risque. La réaction de la communauté implique ainsi des actions pour protéger la communauté, réduire les impacts à l'échelle de la communauté et réduire le risque de pertes ou de dommages à l'échelle de la communauté. De plus, un ensemble plus large de valeurs communautaires moins tangibles peut être en jeu qu'il en est le cas pour les risques individuels. Short (1984), à titre d'exemple, a décrit les risques au « tissu social » en relation à la confiance qui existe entre les membres de la communauté, le capital social, la capacité des communautés et la confiance dans les institutions (ainsi que le fonctionnement social fluide qui en découle). Ces aspects se comparent relativement bien à ce que les économistes considèrent comme des « biens publics ».

Puisque l'on peut démontrer que les perceptions collectives d'une communauté sont qualitativement différentes des agrégats de perceptions individuelles, les évaluations de la vulnérabilité doivent également tenir compte du processus de la « construction sociale » du risque à l'échelle de la communauté. Quand les gens partagent une expérience commune dans un endroit particulier et qu'ils travaillent ensemble pour résoudre des problèmes pour le bien de la communauté, on constate que c'est là que l'action se produit (Kemmis 1990; Wilkinson 1991). Un

bon exemple de cela, c'est le développement d'une politique communautaire qui reflète la croyance collective que le mieux-être de la communauté est plus que la somme du mieux-être des membres individuels de la communauté.

Institutions et gouvernance

Des institutions faibles, inefficaces et obsolètes représentent un facteur déterminant possiblement important dans les évaluations de la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique (Adger et Kelly 1999). L'Étape 13 du processus est d'évaluer les institutions. Les institutions représentent l'ensemble de règles, de coutumes et de normes qui gouvernent les choix et les comportements économiques, sociaux et politiques. Elles définissent les droits et les responsabilités (obligations), et elles guident ou fixent des limites sur les décisions prises par des ménages individuels, des entreprises, des agences gouvernementales, des propriétaires et des organisations. Dans le contexte du changement climatique, les institutions fournissent des incitatifs, des règles, des mécanismes, des outils et des moyens pour motiver et diriger l'adaptation. Des institutions qui sont efficaces et rentables, et qui donnent aux communautés le droit aux ressources nécessaires pour l'adaptation, vont contribuer à la capacité d'adaptation des communautés forestières. Par contre, les institutions qui limitent l'accès aux ressources nécessaires pour l'adaptation vont gêner ou réduire la capacité d'adaptation.

Cependant, ce qui rend ce sujet difficile à aborder dans le contexte de la vulnérabilité de la communauté cadre, c'est que les institutions sont complexes, ubiquistes, apparentées, amorphes, abstraites et ancrées dans la vie quotidienne de la communauté. Elles découlent des valeurs d'une société, de son histoire, de sa culture, de son système économique. Il est donc difficile d'aborder ce sujet et de tirer des conclusions sur le potentiel d'un échec institutionnel comme source de vulnérabilité par l'entremise de mesures empiriques ou par toute méthode d'analyse systématique. Néanmoins, les institutions sont fondamentalement importantes à l'adaptation parce qu'elles définissent et déterminent les droits de propriété et les droits

aux ressources nécessaires pour l'adaptation par les individus et par les communautés (Adger et Kelly 1999).

Le changement climatique va exiger de plus en plus des institutions qui sont ouvertes sur l'avenir; flexibles, adaptatives et réceptives au changement; efficaces (c-à-d., capables d'affecter des ressources rapidement et avec efficacité); et, capables de tenir compte des différences dans la nature et l'ampleur des impacts du changement climatique au niveau local (c-à-d., plus décentralisées).

Il se peut qu'il soit nécessaire de considérer plusieurs types d'institutions différentes dans l'évaluation de la vulnérabilité d'une communauté forestière. À titre d'exemple, les institutions qui guident et déterminent la gestion et la disponibilité des ressources naturelles, ainsi que l'utilisation des terres autour de la communauté, pourraient affecter la capacité d'adaptation des entreprises au sein de la communauté. Ces institutions peuvent varier d'un secteur à l'autre (par ex., foresterie, agriculture), des évaluations spécifiques à chaque secteur pourraient donc être nécessaires. Fournir un accès plus direct aux ressources naturelles d'une région pourrait être bénéfique pour la communauté, ainsi que pour déterminer comment les ressources sont gérées localement en réaction aux changements climatiques locaux.

En dernier lieu, il est important de reconnaître que le changement climatique va affecter les systèmes socioéconomiques à plusieurs échelles (locale, régionale, provinciale, nationale et internationale). Le système socioéconomique d'une communauté donnée est ancré à l'intérieur d'un réseau plus large de systèmes socioéconomiques, et les communautés sont rattachées à ces systèmes socioéconomiques plus élevés par l'entremise des institutions. Les institutions vont donc représenter un déterminant important du degré auquel les impacts climatiques sont passés d'une échelle à l'autre. Les institutions déterminent également la distribution des droits, des indemnités et des pouvoirs à différents niveaux décisionnels. Donc, une meilleure compréhension des impacts du changement climatique à des niveaux plus

élevés, ainsi que des implications de changements institutionnels possibles affectant les maillages et les relations d'une communauté à des systèmes de niveaux plus élevés, pourrait être nécessaire pour dresser un tableau plus complet de la vulnérabilité d'une communauté particulière.

Donc, une évaluation de la vulnérabilité à l'échelle de la communauté devrait tenir compte du contexte institutionnel existant dans la communauté et devrait identifier les caractéristiques ou les aspects institutionnels particuliers du contexte institutionnel qui pourraient représenter des obstacles à l'adaptation ou bien limiter d'une manière quelconque la capacité générale de s'adapter. Voici quelques questions qui vont aider à définir le contexte institutionnel d'une communauté :

- Est-ce que la communauté a suffisamment de contrôle, d'autonomie ou d'influence dans les secteurs où elle a un intérêt direct dans la promotion de mesures d'adaptation planifiées (par ex., changements dans l'utilisation des terres ou le développement économique)?

- Est-ce que la communauté a suffisamment de ressources pour l'adaptation (par ex., revenus, connaissances et capacités)?
- Est-ce que les institutions qui vont principalement influencer la capacité d'adaptation d'une communauté au changement climatique sont flexibles, efficaces, ouvertes sur l'avenir et réceptives?
- Est-ce que les ménages ont suffisamment d'information pour s'adapter?
- Est-ce que les décideurs ont suffisamment d'information pour s'adapter?
- Est-ce que les institutions prévoient la gestion du risque et des incertitudes à l'échelle de la communauté?
- Est-ce que les intérêts de la communauté sont suffisamment considérés dans les politiques publiques et les processus décisionnels en matière de protection de la forêt, de gestion des forêts, du mode de tenure forestière et d'utilisation des terres?

■ ÉVALUATION GLOBALE

L'étape finale de l'évaluation (Étape 14) est d'organiser et de résumer l'information recueillie dans les étapes précédentes comme base pour tirer des conclusions sur la portée et les causes de la vulnérabilité dans la communauté.

Afin d'organiser et de résumer l'information sur les sources de vulnérabilité reliées à la foresterie, la communauté pourrait vouloir aborder les questions spécifiques suivantes :

1. Climat passé et actuel : impacts et adaptation

(a) Impacts sur les forêts

- Est-ce qu'il existe des éléments de preuve que le climat a déjà commencé à changer dans la zone géographique en question?
- Est-ce qu'il existe des éléments de preuve d'impacts locaux sur la forêt ou l'environnement de cette région?

(b) Impacts sociaux et économiques

- Est-ce que le climat actuel et la variabilité courante du climat ont des implications sociales et économiques pour la communauté?

(c) Adaptation courante

- Comment est-ce que la communauté traite-elle avec le climat actuel et la variabilité du climat?

2. Climat futur : impacts et adaptation

(a) Impacts climatiques potentiels sur les forêts

- Quels sont les meilleurs scénarios et les pires scénarios en ce qui a trait aux changements dans les écosystèmes forestiers au fil du temps?
- Quels sont les meilleurs scénarios et les pires scénarios en ce qui a trait aux changements dans les risques d'incendies de forêts (pour

les forêts et pour la communauté) au fil du temps?

- Quels sont les meilleurs scénarios et les pires scénarios en ce qui a trait à la santé de la forêt, aux infestations d'insectes et de maladies, et à l'esthétique des paysages affectant les forêts entourant la communauté?

(b) Impacts sociaux et économiques potentiels

- Comment le changement climatique va-t-il affecter l'approvisionnement de matières premières, et des autres biens et services importants pour la communauté issus des forêts entourant la communauté au fil du temps?
- Comment le changement climatique va-t-il affecter l'économie locale au fil du temps?
- Comment le changement climatique va-t-il affecter la qualité environnementale, les services écologiques et les valeurs environnementales (par ex., l'eau et les pêches, la faune, la qualité panoramique, les opportunités d'activités récréatives de plein air, le tourisme, les aires protégées, les écosystèmes rares et uniques, les activités traditionnelles et culturelles) au fil du temps?

(c) Capacité d'adaptation de la communauté

- Est-ce qu'il y a des facteurs importants qui pourraient limiter la capacité des ménages, des entreprises, des systèmes sociaux et économiques au sein de la communauté à s'adapter au changement climatique?
- Est-ce que la communauté a des réseaux sociaux actifs et solides?
- Est-ce qu'il existe des obstacles institutionnels importants à l'adaptation?
- Dans les cas où le changement climatique a le potentiel d'accroître les risques, est-ce que les ménages, les entreprises et les organisations sont au courant de ces risques accrus?

Les réponses à ces questions vont donner aux individus, aux chefs d'entreprise et aux gouvernements municipaux une perspective plus éclairée des vulnérabilités reliées au forêt en ce qui a trait au climat actuel et un meilleur entendement à savoir si la vulnérabilité va augmenter ou diminuer au fil du temps. Cet exercice va également aider les individus et les communautés à identifier les facteurs importants qui contribuent (ou qui pourraient contribuer à l'avenir) à leur vulnérabilité, et ainsi leur permettre d'entamer le processus d'adaptation.

SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

Le but de ce rapport était de présenter un cadre pour évaluer certains des moyens par lesquels les communautés forestières peuvent être vulnérables au changement climatique. Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité décrit ici met l'accent sur les impacts du changement climatique sur les forêts, les impacts conséquents sur les communautés et la capacité d'adaptation de ces communautés. Le cadre tente d'être holistique dans son effort de découvrir comment ces différents aspects contribuent à l'ensemble de la vulnérabilité d'une communauté. Le rapport ne discute pas l'évaluation de d'autres types d'impacts (par ex., sur l'agriculture et le tourisme, sur les ressources en eau, sur la santé publique, sur l'infrastructure municipale ou sur les exigences relatives aux immeubles), ni ne discute-t-il l'évaluation des changements dans les risques associés aux conditions météorologiques exceptionnelles. Nous reconnaissons que l'avenir des communautés rurales est, et continuera à être, affecté par une variété de tendances socioéconomiques non climatiques (par ex., règles commerciales, tendances démographiques, mondialisation, urbanisation et la montée de l'économie fondée sur la connaissance). Il est suggéré que toute évaluation de la vulnérabilité devrait inclure le développement de scénarios socioéconomiques futurs afin de permettre à la communauté de situer les impacts du changement climatique dans le contexte de changements socioéconomiques plus larges. Donc, une évaluation utilisant ce cadre devrait reconnaître les sources de vulnérabilité en dehors du secteur forestier et devrait aussi reconnaître que plusieurs autres facteurs non climatiques vont affecter la communauté en parallèle avec le changement climatique.

L'intention de l'évaluation de la vulnérabilité décrite dans ce document n'est pas nécessairement de fournir une valeur ponctuelle de la vulnérabilité qui intègre d'une manière quelconque toute l'information décrite dans le cadre d'évaluation. Le but est plutôt d'identifier et d'évaluer systématiquement les sources potentielles de vulnérabilité, ainsi que l'ampleur relative et le

synchronisme relatif des facteurs qui contribuent à la vulnérabilité. Le cadre d'évaluation de la vulnérabilité et l'approche décrite ici devraient aider les communautés à anticiper et à gérer les changements, ainsi qu'à accroître leur niveau de préparation.

L'approche à l'évaluation de la vulnérabilité présentée ici peut être un outil utile que les communautés peuvent utiliser afin d'anticiper et de planifier pour les risques et les impacts (positifs et négatifs) entraînés par le changement climatique. Voici quelques applications potentielles de ce cadre : créer plus de sensibilisation à l'échelle de la communauté; contribuer au processus de planification municipale ou régionale; contribuer à la planification et aux politiques relatives à la gestion des forêts; contribuer à la mise au point de stratégies de gestion du risque; identifier des obstacles institutionnels à l'adaptation; et, identifier les programmes nécessaires pour l'adaptation.

Plusieurs mises en garde doivent être soulignées. L'intention du cadre et de l'approche n'est pas qu'ils soient prescriptifs en ce qui concerne l'identification de mesures d'adaptation spécifiques. Les communautés elles-mêmes sont dans la meilleure position pour identifier et mettre en oeuvre des adaptations spécifiques. L'intention n'est pas que les méthodes techniques décrites ici remplacent les connaissances locales dans les décisions sur comment le mieux réagir au changement climatique. Effectuer une évaluation ne peut pas, non plus, complètement identifier ou éliminer les risques à la communauté. En dernier lieu, le cadre d'évaluation de la vulnérabilité présenté dans ce rapport n'est pas destiné comme approche de livre de cuisine. Les communautés sont diverses et chacune d'elle a ses propres besoins et ses propres ressources à évaluer. Cette diversité fait qu'il est difficile de définir une seule approche mécaniste qui soit universellement applicable. Une approche plus générale est nécessaire. Le cadre présenté ici identifie et décrit différents facteurs et considérations qui pourraient contribuer à la vulnérabilité particulière d'une communauté, mais

il revient à chaque communauté de déterminer quels facteurs sont pertinents à sa propre situation et quelles méthodes sont les plus appropriées pour obtenir l'information sur différentes sources possibles de vulnérabilité.

La capacité de comprendre et d'évaluer les impacts futurs du changement climatique sur les ressources biologiques et les impacts conséquents sur les systèmes sociaux et économiques à des échelles localement pertinentes avance rapidement. De plus, les concepts et les méthodes qui supportent des évaluations de la capacité des communautés continuent à s'améliorer. Ces capacités accrues et les données disponibles créent des opportunités pour acquérir une perspective plus éclairée de la vulnérabilité des communautés forestières à l'avenir. Il se peut aussi qu'une communauté décide qu'une évaluation coûteuse et détaillée ne soit pas nécessaire. Dans un tel cas, le cadre d'évaluation décrit ici peut être appliqué en utilisant seulement les connaissances locales et l'opinion des experts.

Le changement climatique représente des conséquences potentielles pour les communautés forestières au Canada. Le changement climatique futur pourrait : accroître les risques dangereux (par ex., incendies de forêt, temps violents); changer le niveau et le type de l'économie qui peuvent être

soutenus dans les communautés au fil du temps; et, affecter la santé, la marche, l'apparence et la structure des écosystèmes entourant les communautés forestières. Les impacts sur les communautés seront divers, complexes, interactifs et cumulatifs. De plus, les impacts sur les communautés seront de nature à la fois aigus et chroniques. La nécessité de la capacité d'adaptation dans les communautés va augmenter avec le changement climatique.

L'adaptation peut aider à réduire l'ampleur des impacts du changement climatique; cependant, avant de s'adapter, les communautés ont besoin de bien comprendre comment elles pourraient être vulnérables. Ce rapport fournit une base pour commencer à prendre des décisions et faire des choix. Il présente et décrit une approche et un cadre systématique pour évaluer la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique. Le cadre met l'accent sur le climat du passé et de l'avenir, les effets sur l'écosystème forestier, les incendies de forêts, les impacts sur l'économie locale qui pourraient se produire suite aux changements dans les forêts environnantes et sur la mesure de la capacité d'adaptation. Le cadre se veut un outil que les communautés peuvent utiliser pour leur aider à identifier là où elles sont le plus vulnérable au changement climatique éventuel.

■ REMERCIEMENTS

Nous sommes reconnaissants au Programme des Forêts modèles du Canada (Mike Slivitzky) et aux directeurs exécutifs et aux représentants des Forêts modèles : Dan Adamson, Stan Kaczanowski, Gene Kimbley, Don Podlubny et Mike Waldram pour leur appui à cette initiative. Nous avons également bénéficié des contributions et des discussions lors d'un atelier d'experts sur la vulnérabilité des communautés forestières au changement climatique, organisé par le Réseau canadien de forêts modèles et qui eu lieu au Centre de foresterie du Nord - du Service canadien des forêts - les 27 et 28 mai 2004. Les participants à cet atelier étaient : Eugene Burnstick, Debra Davidson,

Cliff Hickey, Dianne Korber, Suren Kulshreshtha, Norah MacKendrick, Bonnie McFarlane, Dan McKenney, Greg McKinnon, Mark Messmer, Ross Mitchell, Dan Ohlson, Steve Price, Fiona Salkie, Mike Slivitzky, Marc Stevenson, Mike Waldram, Marian Weber, Adam Wellstead, Virginia Wittrock et Aining Zhang. Nous sommes également reconnaissants à Holly Dolan (Gouvernement du Canada, Secrétariat Rural), Linda Kruger (US Department of Agriculture, Forest Service), Mark Johnston (Saskatchewan Research Council) et Bonnie McFarlane pour les commentaires et leurs suggestions utiles sur une version préliminaire.

- Aber, J.D.; Ollinger, S.V.; Federer, C.A.; Driscoll, C. 1997. Modeling nitrogen saturation in forest ecosystems in response to land use and atmospheric deposition. *Ecol. Model.* 101:61–78.
- Adger, W.N.; Kelly, P.M. 1999. Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements. *Mitigation Adapt. Strateg. Glob. Change* 4:253–266.
- Adger, N. 2003. Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Econ. Geogr.* 79(4):387–404.
- Adger, W.N.; Brooks, N.; Bentham, G.; Agnew, M.; Eriksen, S. 2004. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK. Tech. Rep. 7. Also available at <http://www.tyndall.ac.uk/research/theme3/final_reports/it1_11.pdf> last accessed 21 August 2007.
- Alavalapati, J.; White, W.; Jagger, P.; Wellstead, A. 1996. Effect of land use restrictions on the economy of Alberta: a computable general equilibrium analysis. *Can. J. Reg. Sci.* 19:349–365.
- Alavalapati, J.; Adamowicz, W. 1999. Economic importance of forestry-related sectors in the provincial and northwestern regional economy of Alberta. *For. Chron.* 75:111–119.
- Alavalapati, J.; White, W.; Patriquin, M. 1999. Economic impacts of changes in the forestry sector: a case study of the Foothills Region in Alberta. *For. Chron.* 75(1):121–127.
- Ashton, P.G.; Pickens, J.B. 1995. Employment diversity and economic performance in small, resource-dependent communities near western national forests. *Soc. Nat. Resour.* 8:231–241.
- Beckley, T.; Parkins, J.; Stedman, R. 2002. Indicators of forest-dependent community sustainability: the evolution of research. *For. Chron.* 78(5):626–636.
- 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. Change* 12:83–95.
- Bernier, P.Y.; Raulier, F.; Stenberg, P.; Ung, C.-H. 2001. The importance of needle age and shoot structure on canopy net photosynthesis of balsam fir (*Abies balsamea*): a spatially inexplicit modeling analysis. *Tree Physiol.* 21:815–830.
- Bernier, P.Y.; Bréda, N.; Granier, A.; Raulier, F.; Mathieu, F. 2002. Validation of a canopy gas exchange model and derivation of a soil water modifier for transpiration for sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) using sap flow density measurements. *For. Ecol. Manag.* 163:185–196.
- Brklacich, M.; Woodrow, M. 2007. A comparative assessment of the capacity of Canadian rural resource-based communities to adapt to uncertain futures. Project report prepared for the Canadian Climate Impacts and Adaptation Program. Nat. Resour. Can., Ottawa, ON. CCIAP Project A1234.
- Brooks, N. 2003. Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK. Work. Pap. 38. Also available from <http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp38.pdf> last accessed 25 May 2004.
- Brown, G. 2005. Mapping spatial attributes in survey research for natural resource management: methods and applications. *Soc. Nat. Resour.* 18:17–39.
- Burton, P.J.; Cumming, S.G. 1995. Potential effects of climatic change on some western Canadian forests based on phonological enhancements to a patch model of forest succession. *Water Air Soil Pollut.* 82:401–414.
- Carroll, A.L.; Taylor, S.W.; Régnière, J.; Safranyik, L. 2004. Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. Pages 223–232 in T.L. Shore, J.E. Brooks and J.E. Stone, Eds. Mountain pine beetle symposium: challenges and solutions. 30–31 October 2003, Kelowna, BC., Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Victoria, BC. Inf. Rep. BC-X-399.
- Chuenpagdee, R.; Knetsch, J.L.; Brown, T.C. 2001. Environmental damage schedules: community judgments of importance and assessments of losses. *Land Econ.* 77(1):1–11.
- Conroy, M.E. 1975. The concept and measurement of regional industrial diversification. *South. Econ. J.* 41(3):492–505.
- Corburn, J. 2002. Environmental justice, local knowledge, and risk: the discourse of a community-based cumulative exposure assessment. *Environ. Manag.* 29(4):451–466.
- Dabalen, A.; Goldman, G. 1994. Complexity, diversity and stability debate: evidence from California County data. Dep. Agric. Resour. Econ. Policy, Calif. Agric. Exp. Stn. Berkley, CA. Work. Pap. 715.
- Davidson, D.J.; Williamson, T.; Parkins, J. 2003. Understanding climate change risk and vulnerability in northern forest-based communities. *Can. J. For. Res.* 33:2252–2261.
- Davis, H. 1990. *Regional economic impact analysis and project evaluation.* UBC Press, Vancouver, BC.
- Dolan, H.; Walker, I. 2004. Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *J. Coast. Res. Spec. Issue 39. Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Itajai, SC, Brazil.*
- Dow, K. 1992. Exploring differences in our common future(s) – the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum* 23(3):417–436.
- Duffield, C.; Gardner, J.S.; Berkes, F.; Singh, R.B. 1998. Local knowledge in the assessment of sustainability: case studies in Himachal Pradesh, India, and British Columbia, Canada. *Mt. Res. Dev.* 18(1):35–49.
- El Maayer, M.; Price, D.T.; Siltanen, M. 2001. Simulating forest responses to transient changes in climate and atmospheric CO₂: a case study for Saskatchewan, central Canada. Pages 545–554 in M. Brunet and D. Lopez, Eds. *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.
- Fitchen, J.M.; Heath, J.S.; Fessenden-Raden, J. 1987. Risk perception in community context: a case study. Pages 31–54 in B. Johnson and V.T. Covello, Eds. *The social and cultural construction of risk.* Reidel, Boston, MA.
- Flannigan, M.D.; Logan, K.A.; Amiro, B.D.; Skinner, W.R.; Stocks, B.J. 2005. Future area burned in Canada. *Clim. Change* 72:1–16.
- Flint, C. 2004. Community response to forest disturbance on Alaska's Kenai Peninsula. Ph.D. thesis, Penn State University, University Park, PA.

- Flora, C.; Emery, M. 2006. Spiraling-up: mapping community transformation with community capitals framework. *Community Dev.* 37(1):9–35.
- Foothills Model Forest. 2004. Local level indicators of sustainable forest management for the Foothills Model Forest. Accessed 25 October 2004. <http://www.fmf.ca/LLI/LLI_report2.pdf>
- Ford, J.D.; Smit, B. 2004. A framework for assessing the vulnerability of communities in the Canadian Arctic to risks associated with climate change. *Arctic* 57(4):389–400.
- Ford, J.D.; Smit, B.; Wandel, J. 2006. Vulnerability to climate change in the Arctic: a case study from Arctic Bay, Canada. *Glob. Environ. Change* 16:145–160.
- Franke, S. 2005. Measurement of social capital: reference document for public policy research, development and evaluation. Policy Research Initiative. Ottawa, ON. Also available at <http://www.policyresearch.gc.ca/doclib/Measurement_E.pdf> last accessed 21 August 2007.
- Frenkel, B. 2005. Vanderhoof climate change: stakeholder study. Avison Management Ltd., Vanderhoof, BC.
- Frich, P.; Alexander, L.V.; Della-Marta, P.; Gleason, B.; Haylock, M.; Klein Tank, A.M.G.; Peterson, T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Clim. Res.* 19:193–212.
- Funtowicz, S.O.; Ravitz, J.R. 1992. Three types of risk assessment and the emergence of the post-normal science. Pages 251–273 in S. Krimsky and D. Golding, Eds. *Social theories of risk*. Praeger, Westport, CT.
- Funtowicz, S.O.; Ravitz, J.R. 1993. Science for the post-normal age. *Futures* 25:739–755.
- Funtowicz, S.O.; Ravitz, J.R. 1996. Risk management, post-normal science, and extended peer communities. Pages 172–182 in C. Hood and K.K. Jones, Eds. *Accident and design: contemporary debates in risk management*. Routledge and UCL Press, New York, NY.
- Godet, M. 1987. *Scenarios and strategic management*. Butterworth, London, UK.
- Golding, D. 1992. A social and programmatic history of risk research. Pages 23–52 in S. Krimsky and D. Golding, Eds. *Social theories of risk*. Praeger, Westport, CT.
- Goodman, R.M.; Speers, M.A.; Fawcett, S.; Kegler, M.; Parker, E.; Rathgeb Smith, S.; Sterling, T.; Wallerstein, N. 1998. Identifying and defining the dimensions of community capacity to provide a basis for measurement. *Health Edu. Behav.* 25(3):258–278.
- Hengeveld, H. 2006. The science of changing climates. Pages 17–43 in J.S. Bhatti, R. Lal, M.J. Apps, M.A. Price, Eds. *Climate change and managed ecosystems*. CRC, Taylor and Francis, Boca Raton, FL.
- Hogg, E.H.; Bernier, P.Y. 2005. Climate change impacts on drought-prone forests in western Canada. *For. Chron.* 81(5):675–682.
- Horne, A. L.; Haynes, R.W. 1999. Developing measures of socioeconomic resiliency in the Interior Columbia Basin. U.S. Dep. Agric., For. Serv. and U.S. Dep. Int., Bur. Land Manag. Pac. Northwest Res. Stn., Portland, OR. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-453.
- Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, M.; van der Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C.A., Eds. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Huntington, H.P. 2000. Integrating traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecol. Appl.* 10(5):1270–1274.
- Imbs, J.; Wacziarg, R. 2003. Stages of diversification. *Am. Econ. Rev.* 93(1):63–86.
- Jary, D.; Jary, J., Eds. 1995. *Collins dictionary of sociology*. 2nd ed. Harper Collins, Glasgow, Scotland.
- Jones, R.N. 2001. An environmental risk assessment/management framework for climate change impact assessments. *Nat. Hazard.* 23:197–230.
- Jones, P.D.; Morberg, A. 2003. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001. *Climate* 16:514–517.
- Kasperson, J.X.; Kasperson, R.E., Eds. 2001. *International workshop on vulnerability and global environmental change: a workshop summary*. Stockholm Environment Institute, Risk and Vulnerability Programme, Stockholm, Sweden. Rep. 2001-01. Also available at <<http://www.sei.se/dload/2002/Vulnerability%20report2.PDF>> last accessed 21 August 2007.
- Kelly, P.M.; Adger, W.N. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Clim. Change* 47:325–352.
- Kemmis, D. 1990. *Community and the politics of place*. Univ. Oklahoma Press, Norman, OK.
- Keskitalo, E.C.H. 2004. A framework for multi-level stakeholder studies in response to global change. *Local Environ.* 9(5):425–435.
- Kloprogge, P.; Van Der Sluijs, J.P. 2006. The inclusion of stakeholder knowledge and perspectives in integrated assessment of climate change. *Clim. Change* 75:359–389.
- Kort, J. R. 1981. Regional economic instability and industrial diversification in the U.S. *Land Econ.* 57(4):596–608.
- Kucharik, C.J.; Foley, J.A.; Delire, C.; Fisher, V.A.; Coe, M.T.; Lenters, J.; Young-Molling, C.; Ramankutty, N.; Norman, J.M.; Gower, S.T. 2000. Testing the performance of a dynamic global ecosystem model: water balance, carbon balance and vegetation structure. *Global Biogeochem. Cycles* 14(3):795–825.
- Kusel, J. 2001. Assessing well-being in forest dependent communities. Pages 359–383 in G.J. Gray, M.J. Enzer, J. Kusel, Eds. *Understanding community-based forest ecosystem management*. Haworth Press, Binghamton, NY.
- Lindner, M.; Sohngen, B.; Joyce, L.A.; Price, D.T.; Bernier, P.Y.; Karjalainen, T. 2002. Integrated forestry assessments for climate change impacts. *For. Ecol. Manag.* 162:117–129.
- Logan, T.; Price, D. 2004. Investigating effects of climate on site index of lodgepole pine in Western Alberta. Foothills Model Forest, Climate Change Program Quicknote 1 (revised). Accessed 21 August 2007. <http://www.fmf.ca/CC/CC_Qn1.pdf>

- Loomis, J. 1993. Integrated public lands management: principles and applications to national forests, parks, wildlife refuges, and BLM lands. Columbia Univ. Press, New York.
- Lorenzoni, I.; Jordan, A.; O'Riordan, T.; Turner, R.; Hulme, M.; 2000. A co-evolutionary approach to climate change impact assessment, Part 1: Integrating socio-economic and climate change scenarios. *Glob. Environ. Change* 10:57–68.
- Luers, A.L.; Lobell, D.B.; Sklar, L.S.; Addams, C.L.; Matson, P.A. 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Glob. Environ. Change* 13 (2003) 255–267.
- Mackinson, S. 2001. Integrating local and scientific knowledge: an example in fisheries science. *Environ. Manag.* 27(4):533–545.
- Matthews, R. 2003. Using a social capital perspective to understand social and economic development. Policy Research Initiative, Ottawa, ON. *Horizons* 6(3):25–30. Also available at <http://www.policyresearch.gc.ca/doclib/v6n3_e.pdf> last accessed 21 August 2007.
- Matthews, R. 2005. Understanding aboriginal policing in a social capital context. Social capital in action: thematic policy studies. Policy Research Initiative, Ottawa, ON. Also available at <http://www.policyresearch.gc.ca/doclib/SC_Thematic_E.pdf> last accessed 21 August 2007.
- 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.
- McDaniels, T.; Axelrod, L.J.; Slovic, P. 1996. Perceived ecological risks of global change: a psychometric comparison of causes and consequences. *Glob. Environ. Change* 6(2):159–171.
- McKinnon, G.A.; Webber, S.; MacKendrick, N.A., Tech. Coords. 2004. Climate change in the western and northern forests of Canada: impacts and adaptations. A report on the workshop held February 17–19, 2003 in Prince George, British Columbia. *Nat. Resour. Can., Can. For. Serv.; North. For. Cent., Edmonton, AB.*
- Miller, R.; Blair, P. 1985. Input-output analysis: foundations and extensions. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Milly, P.C.; Wetherald, R.T.; Dunne, K.A.; Delworth, T.L. 2002. Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature* 415:514–517.
- Nakćenović, N.; Alcamo, J.; Davis, G.; De Vries, B.; Fenhann, J.; Gaffin, S.; Gregory, K.; Grübler, A.; Jung, T.; Kram, T.; Lebre La Rovere, E.; Michaelis, L.; Mori, S.; Morita, T.; Pepper, W.; Pitcher, H.; Price, L.; Riahi, K.; Roehrl, A.; Rogner, H.-H.; Sankovski, A.; Schlesinger, M.; Shukla, P.; Smith, S.; Swart, R.; Van Rooijen, S.; Victor, N.; Dadi Z. 2000. Special Report on Emissions Scenarios. A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- National Assessment Synthesis Team (NAST). 2001. The potential consequences of climate variability and change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- New, M.; Todd, M.; Hulme, M.; Jones, P. 2001. Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *Int. J. Climatol.* 21(15):1889–1922.
- O'Brian, K.; Eriksen, S.; Schjolden, A.; Nygaard, L. 2004. What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. Accessed 21 August 2007. <<http://www.cicero.uio.no/media/2682.pdf>>
- O'Connor, R.E.; Bord, R.J.; Fisher, A. 1999. Risk perceptions, general environmental beliefs, and willingness to address climate change. *Risk Anal.* 19:461–471.
- Oinas, P.; Lagendijk, A. 2005. Toward understanding proximity, distance and diversity in economic interaction and local development. Pages 307–332 in A. Lagendijk and P. Oinas, Eds. Proximity, distance and diversity: issues on economic interaction and local development. Ashgate Publ. Co., Burlington, VT.
- Parisien, M.A.; Kafka, V.G.; Hirsch, K.G.; Todd, J.B.; Lavoie, S.G.; Maczek, P.D. 2005. Mapping wildfire susceptibility with the BURN-P3 simulation model. *Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, AB. Inf. Rep. NOR-X-405.*
- Parkins, J.R.; Stedman, R.C.; Varghese, J. 2001. Moving towards local-level indicators of sustainability in forest-based communities: a mixed-method approach. *Soc. Indic. Res.* 56: 43–72.
- Parson, E.A.; Corell, R.W.; Barron, E.J.; Burkett, V.; Janetos, A.; Joyce, L.; Karl, T.R.; Maccracken, M.C.; Melillo, J.; Granger-Morgan, M.; Schimel, D.S.; Wilbanks, T. 2003. Understanding climatic impacts, vulnerabilities, and adaptation in the United States: building a capacity for assessment. *Clim. Change* 57:9–42.
- Partridge, M.; Rickman, D. 1998. Regional computable general equilibrium modeling: a survey and critical appraisal. *Int. Reg. Sci. Rev.* 21(3):205–248.
- Patriquin, M.; Alavalapati, J.; Wellstead, A.; White, W. 2002. A comparison of impact measures from hybrid and synthetic techniques: a case study of the foothills model forest. *Ann. Reg. Sci.* 36:265–278.
- Patriquin, M.N.; Alavalapati, J.R.R.; Wellstead, A.M.; Young, S.M.; Adamowicz, W.L.; White, W.A. 2003. Estimating impacts of resource management policies in the Foothills Model Forest. *Can. J. For. Res.* 33:147–155.
- Perez-Garcia, J.; Joyce, L.A.; McGuire, A.D. 2002. Temporal uncertainties of integrated ecological/economic assessments at the global and regional scales. *For. Ecol. Manag.* 162:105–115.
- Price, D.T.; McKenney, D.W.; Papadopol, P.; Logan, T.; Hutchinson, M.F. 2004. High resolution future scenario climate data for North America. Accessed 21 August 2007. <http://ams.confex.com/ams/AFAPURBBIO/techprogram/paper_78202.htm> Proc. 26th Conference on Agricultural and Forest Meteorology, Vancouver, BC, 23–26 August, 2004.
- Przyblak, R. 2002. Changes in seasonal and annual high-frequency air temperature variability in the Arctic from 1951 to 1990. *Int. J. Climatol.* 22(9):1017–1032.
- Pyatt, G.; Round, J., Eds. 1985. Social accounting matrices: a basis for planning. World Bank, Washington, DC.
- Raulier, F.; Bernier, P.Y.; Ung, C.-H. 2000. Modeling the influence of temperature on monthly gross primary productivity in a sugar maple stand. *Tree Physiol.* 20:333–345.

- Regional Steering Group for the NES [Northern East Slopes] Strategy. 2001. Northern East Slopes sustainable resource and environmental management strategy: the NES strategy (interim report). Alta. Environ. Edmonton, AB. Also available at: <http://www3.gov.ab.ca/env/regions/nepdfs/NES_Strategy_Interim_Report.pdf> last accessed 25 October 2004.
- Reid, S.; Smit, B.; Caldwell, W.; Belliveau, S. 2007. Vulnerability and adaptation to climate risks in Ontario agriculture. *Mitigation Adapt. Strat. Glob. Change* 12(4):609–637.
- Renn, O. 1992. Concepts of risk: a classification. Pages 53–79 in S. Krimsky and D. Golding, Eds. *Social theories of risk*. Praeger, Westport, CT.
- Richardson, H. 1985. Input-output and economic base multipliers: looking backward and forward. *J. Reg. Sci.* 25(4):607–661.
- Riedlinger, D.; Berkes, F. 2001. Contributions of traditional knowledge to understanding climate change in the Canadian arctic. *Polar Rec.* 37(203):315–328.
- Robinson, W. A.; Reudy, R.; Hansen, J.E. 2002. General circulation model simulations of recent cooling in the east-central United States. *J. Geophys. Res.* 107(D24):ACL 4-1.
- Rutherford, M.B.; Knetsch, J.L.; Brown, T.C. 1998. Assessing environmental losses: judgments of importance and damage schedules. *Harvard Environ. Law Rev.* 22:51–101.
- Saporta, R.; Malcom, J.R.; Martell, D.L. 1998. The impact of climate change on Canadian forests. Pages 319–382 in G. Koshida and W. Avis, Eds. *The Canada country study: climate impacts and adaptation*. Vol. 7 *Environ. Can., Ottawa, ON. Natl. Sect. Vol.*
- Schröter, D.; Polisky, C.; Patt, A.G. 2005. Assessing vulnerabilities to the effects of global change: an eight step approach. *Mitigation Adapt. Strat. Glob. Change* 10:573–596.
- Sellers, P.J.; Hall, F.G.; Ransom, J.; Margolis, H.; Kelly, B.; Baldocchi, D.; den Hartog, J.; Cihlar, J.; Ryan, M.; Goodison, B.; Crill, P.; Ranson, K.J.; Lettenmaier, D.; Wickland, D.E. 1995. The Boreal Ecosystem-Atmosphere Study (BOREAS): an overview and early results from the 1994 field year. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 76:1549–1577.
- Sellers, P.J.; Hall, F.G.; Kelly, R.D.; Black, A.; Baldocchi, D.; Berry, J.; Ryan, M.; Ranson, K.J.; Crill, P.M.; Lettenmaier, D.P.; Margolis, H.; Cihlar, J.; Newcomer, J.; Fitzjarrald, D.; Jarvis, P.G.; Gower, S.T.; Halliwell, D.; Williams, D.; Goodison, B.; Wickland, D.E.; Guertin, F.E. 1997. BOREAS in 1997: experiment overview, scientific results and future directions. *J. Geophys. Res.* 102(D24): 28731–28770.
- Seung, C.; Harris, T.; MacDiarmid, T. 1997. Economic impacts of surface water reallocation policies: a comparison of supply-determined SAM and CGE models. *Reg. Anal. Policy* 27:55–76.
- Shackley, S.; Deanwood, R. 2003. Constructing social futures for climate-change impacts and response studies: building qualitative and quantitative scenarios with the participation of stakeholders. *Clim. Res.* 24:71–90.
- Short, J. 1984. The social fabric at risk: toward the social transformation of risk analysis. *Am. Sociol. Rev.* 49(6):711–725.
- Siegel, P. B.; Johnson, T.G.; Alwang, J. 1995. Regional economic diversity and diversification. *Growth Change* 26(Spring):261–284.
- Singh, T.; Wheaton, E. 1991. Boreal forest sensitivity to global warming: implications for forest management in western interior Canada. *For. Chron.* 67:342–348.
- Slovic, P. 1992. Perceptions of risk: reflections on the psychometric paradigm. Pages 117–152 in S. Krimsky and D. Golding, Eds. *Social theories of risk*. Praeger, Westport, CT.
- Slovic, P., Ed. 2000. *The perception of risk*. Earthscan Publications, Sterling, VA.
- Smit, B.; Pilifosova, O. 2001. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. Chapter 18 in J.J. McCarthy, O.F. Canzianni, N.A. Leary, D.J. Dokken, and K.S. White, Eds. *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.
- Smit, B.; Pilifosova, O. 2003. From adaptation to adaptive capacity and vulnerability reduction. Pages 9–29 in J.B. Smith, Ed. *Climate change, adaptive capacity and development*. Imperial College Press, London, UK.
- Sohngen, B.; Mendelsohn, R.; Sedjo, R. 2001. A global model of climate change impacts on timber markets. *J. Agric. Resour. Econ.* 26(2):326–343.
- Standing Senate Committee on Agriculture and Forestry. 2003. *Climate change: we are at risk*. Final Report. The Senate of Canada. Ottawa, ON.
- Stedman, R. 1999. Sense of place as an indicator of community sustainability. *For. Chron.* 75(5):765–770.
- Stedman, R.; Davidson, D.; Wellstead, A. 2004. Risk and climate change: perceptions of key policy actors in Canada. *Risk Anal.* 24(5):1393–1404.
- Stirling, I.; Lunn, N.; Iacozza, J. 1999. Long-term trends in the population ecology of polar bears in western Hudson Bay in relation to climatic change. *Arctic* 52:294–306.
- Stirling, I.; Lunn, N.; Iacozza, J.; Elliott, C.; Obbard, M. 2004. Polar bear distribution and abundance on the southwestern Hudson Bay coast during open water season in relation to population trends and annual ice patterns. *Arctic* 57:15–26.
- Stone, D.A.; Weaver, A.J. 2002. Daily maximum and minimum temperature trends in a climate model. *Geophys. Res. Lett.* 29(9):70.1–70.4.
- Tobin, G.A. 1999. Sustainability and community resilience: the holy grail of hazards planning? *Environ. Hazard.* 1:13–25.
- Trenberth, K.E.; Dai, A.; Rasmussen, R.M.; Parsons, D.B. 2003. The changing character of precipitation. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 84:1205–1215.
- Tversky, A.; Kahneman, D. 1974. Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science* 185(4157):1124–1131.
- The Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management. 1997. *Risk assessment and risk management in regulatory decision-making*. Final Report, Vol. 2. Accessed 21 August 2007. <http://www.riskworld.com/Nreports/1996/risk_rpt/>.
- Usher, P.J. 2000. Traditional ecological knowledge in environmental assessment and management. *Arctic* 53(2):183–193.

- Volney, W.J.A.; Mallett, K.I. 1998. Integrated pest management in western Canadian boreal forests. *For. Chron.* 74:507–605.
- Volney, W.J.A.; Alfaro, R.I.; Bothwell, P.; Hogg, E.H.; Hopkin, A.; Laflamme, G.; Hurley, J.E.; Warren, G.; Metsaranta, J.; Mallett, K.I. 2005. A framework for poplar risk plantation risk assessment. *Unasylva* 56: (221):20–25.
- Volney, W.J.A.; Hirsch, K.G. 2005. Disturbing forest disturbances. *For. Chron.* 81:662–668.
- Wagner, J. E.; Deller, S.C. 1998. Measuring the effects of economic diversity on growth and stability. *Land Econ.* 74(4):541–556.
- Western Economic Diversification Canada. 2006. What we do. Accessed 15 February 2007. <http://www.wd.gc.ca/www_e.asp>
- Wilkinson, K. 1991. *The community in rural America*. Greenwood Press, Westport, CT.
- Williamson, T.B.; Parkins, J.R.; McFarlane, B.L. 2005. Perceptions of climate change risk to forest ecosystems and forest-based communities. *For. Chron.* 81(5):710–716.
- Wilson, I.H. 1978. Scenarios. Pages 225–247 in J. Fowles, Ed. *Handbook of futures research*. Greenwood Press, Westport, CT.
- Wolfhorst, J.D.; Krannich, R.S. 1999. Effects on collective morale from technological risk. *Soc. Nat. Resour.* 12:1–18.
- Yohe, G.; Jacobsen, M.; Gapotchenko, T. 1999. Spanning not implausible futures to assess relative vulnerability to climate change and climate variability. *Glob. Environ. Change* 9:233–249.
- Zerbe, R.O.; Dively, D.D. 1994. *Benefit-cost analysis in theory and practice*. Harper-Collins College Publishers. New York.