

Adaptation aux changements climatiques dans les forêts nationales des États-Unis

G.M. Blate, L.A. Joyce, J.S. Littell, S.G. McNulty, C.I. Millar, S.C. Moser, R.P. Neilson, K. O'Halloran et D.L. Peterson

Un examen des systèmes d'adaptation aux changements climatiques appliqués aux États-Unis offre des informations pratiques aux gestionnaires de ressources, afin de les aider à adapter leurs objectifs et pratiques de gestion forestière aux impacts prévus des changements climatiques.

Les changements climatiques influencent déjà les forêts et d'autres écosystèmes, et on s'attend à de nouveaux impacts probablement encore plus graves (GIEC, 2007; CCSP, 2008a, 2008b). De ce fait, les gestionnaires forestiers cherchent des directives pratiques leur permettant d'adapter leurs systèmes actuels et, le cas échéant, leurs objectifs. L'adaptation des écosystèmes forestiers, qui dans ce contexte se rapporte aux ajustements de la gestion (par opposition à l'adaptation «naturelle»), réduirait théoriquement les impacts négatifs des changements climatiques et aiderait les gestionnaires à profiter des éventuels impacts positifs.

Le présent article résume les points clés d'un examen des systèmes d'adaptation aux changements climatiques utilisés dans

les forêts nationales des États-Unis (Joyce *et al.*, 2008), produit sous les auspices du Programme scientifique des États-Unis sur les changements climatiques (CCSP) (voir l'encadré). L'étude a cherché à fournir aux gestionnaires de ressources des informations pratiques sur des systèmes d'adaptation potentiels en posant les questions suivantes:

- Comment les changements climatiques influenceront-ils la capacité des gestionnaires de ressources à réaliser leurs objectifs de gestion?
- Que pourrait faire un gestionnaire de ressources pour préparer un système de gestion des impacts des changements climatiques, tout en maintenant les objectifs actuels (et en vérifiant constamment si ces objectifs ont besoin d'être modifiés ou réévalués)?

Programme scientifique sur les changements climatiques et systèmes d'adaptation pour les forêts nationales

Le Programme scientifique des États-Unis sur les changements climatiques (CCSP) (voir www.climate-science.gov) vise à faire mieux comprendre l'évolution du climat de la Terre, le rôle de l'homme dans ces changements et les moyens que possède la société pour atténuer leurs impacts et s'y adapter. Il comprend cinq objectifs stratégiques:

- améliorer les connaissances sur le climat passé et actuel;
- améliorer la quantification des facteurs qui déterminent les changements climatiques;
- réduire l'incertitude des projections sur le climat;
- comprendre la sensibilité et l'adaptabilité des systèmes humains aussi bien que des écosystèmes naturels et gérés;
- analyser les utilisations et les limites des connaissances pour gérer les risques et les opportunités inhérents aux changements climatiques.

Pour réaliser ces objectifs, le CCSP a sollicité la préparation de 21 outils de synthèse et d'évaluation. L'outil 4.4, mis en œuvre par l'Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (USEPA), a examiné les adaptations possibles de la gestion pour des écosystèmes et des ressources sensibles au climat. Reconnaissant que le succès de l'adaptation dépendra du contexte, l'outil 4.4 a examiné les options relatives à un ensemble de ressources en terres et en eau soumis à une gestion fédérale: parcs nationaux, forêts nationales, refuges pour la faune sauvage et les poissons, paysages naturels panoramiques de cours d'eau, zones marines protégées et estuaires côtiers.

Geoffrey M. Blate était boursier de l'American Association for the Advancement of Science (AAAS) à l'Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (USEPA) lorsqu'il a rédigé le rapport présenté dans cet article; il travaille actuellement pour le Fonds mondial pour la nature (WWF), Greater Mekong Program, Chulalongkorn University, Bangkok (Thaïlande). L.A. Joyce, S.G. McNulty, C.I. Millar, R.P. Neilson, K. O'Halloran et D.L. Peterson font partie, respectivement, du Service des forêts des États-Unis à Fort Collins, Colorado; Raleigh, Caroline du Nord; Albany, Californie; Corvallis, Oregon; Olympia, Washington; et Seattle, Washington. J.S. Littell travaille pour le Climate Impacts Group, Center for Science in the Earth System (CSES), Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean (JISAO), University of Washington, Seattle, Washington (États-Unis). Susanne C. Moser possède une compagnie de recherche et consultations à Santa Cruz, Californie, et elle est assistante à la recherche à l'Université de Californie, Santa Cruz (États-Unis).

IMPACTS ATTENDUS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES OBJECTIFS DE GESTION FORESTIÈRE DES ÉTATS-UNIS

Les changements climatiques influenceront directement les services écosystémiques procurés par les forêts nationales, et intensifieront les impacts des facteurs actuels de stress, naturels ou d'origine humaine. Les incendies de forêt, les espèces envahissantes indigènes et exotiques et les événements climatiques extrêmes sont les facteurs de

stress les plus graves que les changements climatiques amplifieront dans les forêts nationales. L'enneigement réduit, la fonte précoce des neiges et l'altération de l'hydrologie, associés à des températures plus élevées et des variations dans le régime des précipitations, compliqueront la gestion des eaux, notamment dans les États de l'ouest, et influenceront d'autres services de l'écosystème que les forêts nationales fournissent (occasions de loisirs d'hiver, par exemple). La sécheresse pourrait être

plus difficile à gérer dans l'ensemble du pays. Bien que l'augmentation de l'anhydride carbonique atmosphérique et la hausse des températures puissent renforcer à court terme la productivité des forêts si l'eau et l'azote ne viennent pas à manquer, l'ozone et d'autres polluants industriels, en combinaison avec l'intensification du stress climatique, diminueront probablement la croissance des arbres et nuiront gravement à l'état des bassins versants.

Pour réaliser ses objectifs de soutien à

Impacts du changement climatique sur les objectifs de gestion forestière du Service des forêts des États-Unis

Objectifs	Résultats souhaités ou visés	Impacts possibles du changement climatique	Systèmes d'adaptation
Restaurer, soutenir et renforcer les forêts nationales	Maintenir la santé, la productivité et la diversité des forêts et leur résistance à de graves perturbations	Périodes de végétation plus longues et plus chaudes Altération des régimes des incendies Saisonnalité modifiée des processus hydrologiques Sécheresses intenses	Réduire les amas de combustibles dans les forêts Utiliser davantage les feux de friches Renforcer la détection rapide et les stratégies de réponse relatives aux espèces envahissantes exotiques
Fournir et maintenir des avantages pour les populations du pays	Assurer des avantages socioéconomiques multiples pour répondre aux besoins à long terme de la société, y compris un approvisionnement fiable en produits forestiers et ressources énergétiques, et la conservation des produits d'intérêt commercial	Interaction du changement climatique avec des facteurs de stress actuels, comme les insectes nuisibles et les maladies, les incendies, l'héritage des gestions précédentes et la pollution atmosphérique Changements dans la composition des espèces forestières Incidence accrue de l'érosion qui compromet les conditions des bassins versants	Redoubler d'efforts pour réduire les facteurs de stress actuels Incorporer les changements climatiques à long terme dans la planification des feux de friches Mettre au point des traitements sylvicoles pour réduire le stress dû à la sécheresse Réviser les lignes d'orientation en matière de génétique pour les opérations de reboisement
Conserver des espaces ouverts	Maintenir les avantages environnementaux, sociaux et économiques procurés par les forêts, en protégeant ces ressources contre leur conversion à d'autres utilisations, et en aidant les propriétaires terriens privés et les communautés à gérer leurs terres comme forêts durables	Dépérissement à grande échelle des forêts ou conversion de la végétation suite à des événements extrêmes plus fréquents Altération des paysages et de la dynamique de succession Augmentation de la fragmentation des écosystèmes forestiers et des habitats de la faune sauvage	Fournir une assistance technique aux forestiers urbains pour l'entretien des arbres des villes Créer des couloirs pour la migration des espèces et la protection des habitats
Soutenir et multiplier les occasions de récréation en plein air	Maintenir des possibilités de récréation en plein air d'une qualité élevée, dans les forêts nationales accessibles au public	Hausse des températures de l'air et des cours d'eau Réduction de l'enneigement Altération du débit des cours d'eau	Évaluer l'impact des loisirs sur les écosystèmes sous un climat en évolution Augmenter les occasions de loisirs pendant les quatre saisons de l'année Tracer à nouveau les routes et les pistes pour faire face à l'intensité accrue des précipitations
Maintenir les capacités de gestion de base du Service des forêts	Établir des structures administratives, des systèmes d'information et des stratégies de gestion des régimes de propriété pour affronter les graves risques qui menacent les ressources naturelles	Accessibilité limitée ou absence d'informations à jour concernant les projections du changement climatique, les impacts sur les écosystèmes et les impacts socioéconomiques sur les communautés locales Incertitude relative à ces informations	Renforcer les connaissances techniques en préparant du matériel pédagogique à l'intention des employés et des parties prenantes Incorporer les changements climatiques dans les processus de planification Renforcer les partenariats de recherche
Promouvoir l'engagement des citoyens urbains	Assurer un meilleur accès aux avantages à long terme environnementaux, sociaux, économiques et autres, fournis par le Service des forêts	Aggravation du stress imposé par les milieux urbains aux écosystèmes du fait de la hausse des températures Risques accrus d'incendies de forêt et de sécheresse dans les paysages environnants, qui pourraient compromettre la capacité de maintenir la qualité et la disponibilité de l'eau	Élargir les programmes d'éducation à la conservation pour y inclure les changements climatiques Chercher des occasions pour fournir aux visiteurs des forêts nationales des informations sur les changements climatiques
Fournir du matériel et des outils scientifiques pour la gestion durable des ressources naturelles	Faire en sorte que les meilleurs outils et connaissances scientifiques soient à la base des décisions du Service des forêts en matière de gestion	Nécessité d'outils de gestion qui incorporent des considérations sur les changements climatiques Nécessité de réviser les pratiques de gestion actuelles, fondées sur des hypothèses concernant les écosystèmes et le climat, qui pourraient ne pas être valables à l'avenir	Resserrer les relations entre les chercheurs scientifiques et les gestionnaires pour aider à identifier les seuils de résilience d'espèces clés et de processus écosystémiques, déterminer quels seuils seront dépassés, accorder la priorité aux projets plus susceptibles de réussir, et identifier les espèces et les formes de végétation tolérantes à de plus fortes perturbations.



Mortalité de la forêt subalpine dans la Sierra Nevada californienne – l'une des «surprises» du changement climatique auxquelles il faut maintenant s'attendre (pin blanc d'Amérique, Pinus albicaulis)

la santé, à la diversité et à la productivité de l'écosystème, en vue de répondre aux besoins des générations présentes et futures, le Service des forêts des États-Unis a identifié sept objectifs stratégiques pour 2007-2012. Les impacts des changements climatiques rendront plus complexe la réalisation de ces objectifs (tableau). En outre, les sept objectifs sont tous reliés d'une façon ou d'une autre aux conditions présentes ou souhaitées de l'écosystème, ce qui à l'avenir pourrait être difficile, voire impossible, à maintenir si les conditions évoluent. La sensibilité de chaque objectif aux changements climatiques dépendra de plusieurs facteurs, y compris le caractère temporel et spatial des changements climatiques, leurs impacts sur des écosystèmes forestiers nationaux particuliers, les effets des activités humaines sur ces écosystèmes et la mesure dans laquelle les systèmes de gestion forestière actuels se fondent sur des hypothèses dépassées concernant le climat.

SYSTÈMES D'ADAPTATION

Des approches réactives et proactives peuvent être adoptées pour affronter les impacts des changements climatiques dans les forêts nationales. Une approche réactive peut se justifier si l'incertitude ou les coûts sont estimés très élevés par rapport aux impacts et risques prévus, ou bien si on estime que des économies et

avantages importants se réaliseraient si les interventions n'étaient entreprises qu'après la venue d'une perturbation due au climat (par exemple, reboisement d'une zone à l'aide d'essences plus résistantes au feu ou à la sécheresse, après un incendie ou une infestation d'insectes attribuable à la sécheresse).

Cependant, dans de nombreux cas, les approches proactives – qui incorporent des systèmes d'adaptation dans les processus de gestion et de planification avant que des événements liés au climat ne provoquent de profonds changements dans l'écosystème – pourraient s'avérer moins coûteuses et plus aptes à réaliser les objectifs actuels de la gestion des forêts. Les éléments clés d'une approche proactive de l'adaptation aux changements climatiques sont notamment les suivants :

- réexaminer ou identifier – et modifier le cas échéant – les objectifs de la gestion des forêts;
- évaluer les contraintes imposées par les changements climatiques à la réalisation de ces objectifs et à la mise en œuvre des activités planifiées à cette fin;
- surveiller les écosystèmes et les réactions de la gestion forestière pour fournir des informations sur lesquelles fonder l'évaluation de la vulnérabilité et du risque;

- incorporer l'élément d'incertitude quant aux impacts précis des changements climatiques dans les approches de la gestion des forêts;
- préparer un dossier ou une boîte à outils de stratégies de gestion des forêts.

Ce type d'approche exige le renforcement de la coordination et des contributions des institutions et des parties prenantes, à cause notamment des modèles irréguliers du régime de propriété dans les forêts nationales des États-Unis et aux alentours (figure), du haut niveau de fragmentation du paysage et du fait que le quart de toutes les forêts nationales sont affectées légalement à des utilisations portant plus spécifiquement sur la gestion des espaces naturels ou des paysages naturels panoramiques de cours d'eau. D'autres approches proactives devront être évaluées continuellement à mesure que le climat évolue et que les systèmes écologiques y répondent; ces changements constants pourraient aussi imposer la modification des objectifs de la gestion forestière.

Un dossier de stratégies de gestion des forêts sera nécessaire, afin que soit utilisé l'outil approprié au contexte particulier de la gestion. Vu la diversité des écosystèmes dans les forêts nationales, un seul système d'adaptation ne suffira pas. Le dossier

Des propriétés fragmentées dans les forêts nationales des États-Unis et aux alentours soulignent l'importance d'une coordination renforcée des parties prenantes et de l'adoption d'approches proactives en matière d'adaptation aux changements climatiques, par exemple pour garantir un paysage continu permettant la migration des espèces





Un enneigement réduit, des températures plus chaudes et un régime changeant des précipitations compliqueront la gestion des eaux; une situation typique de la fin de juillet ou du début d'août était observable en Californie dès le début de juin 2007 (année extrêmement sèche), en amont du bassin de drainage de Tuolumne, la source d'approvisionnement municipal en eau de San Francisco

devrait inclure des systèmes d'adaptation à court et à long terme, dont beaucoup sont des modifications des pratiques et outils de gestion déjà utilisés par le Service des forêts.

Adaptations à court terme: créer la résistance et la résilience aux changements climatiques

Les adaptations à court terme ont pour objectif de créer la résistance et la résilience des écosystèmes et des ressources naturelles, afin qu'ils puissent mieux supporter les changements climatiques. L'augmentation de la résistance pourrait être le seul système ou le plus adapté à des ressources de valeur élevée comme les plantations forestières proches de la fin de leur rotation, ou à des ressources rares comme les habitats d'espèces fragiles (c'est-à-dire des espèces pour lesquelles la viabilité de la population est menacée) dans des zones où les décisions de gestion concernant le futur n'ont pas encore été prises (Millar, Stephenson et Stephens, 2007). Les pratiques visant à améliorer la résistance de ressources de valeur élevée prévoient leur exposition limitée aux impacts des changements climatiques comme la sécheresse, le feu et les insectes. Par exemple, les traitements à l'échelle du paysage, comportant des éclaircies et la réduction des matières combustibles, peuvent diminuer les risques de feux de cimes anormaux, la susceptibilité à la sécheresse et les infestations d'insectes. Des pare-feux placés de façon stratégique, ainsi que d'autres traitements de la zone visant à interrompre la continuité de la litière de débris, seront particulièrement

importants près des zones résidentielles, des bassins versants municipaux et des habitats estimés fondamentaux pour la survie et la récupération d'espèces menacées ou en danger.

Les écosystèmes résilients peuvent non seulement supporter des changements progressifs, mais aussi retourner à leur état précédent après la perturbation (Holling, 1973, 2001). Outre les adaptations visant à créer la résistance, celles qui renforcent la résilience soulignent l'importance de la gestion de la régénération. Ces systèmes d'adaptation cherchent à accroître la taille de la population, à augmenter le nombre (ou la diversité) des lieux où les populations individuelles, les espèces et les habitats sont gérés, et à restaurer l'état et les processus d'écosystèmes importants après la perturbation.

La réduction des facteurs de stress actuels (pollution, espèces envahissantes exotiques, fragmentation de l'habitat et impacts des activités d'extraction actuelles et passées) est peut-être la mesure la plus apte à créer la résilience de l'écosystème. Des efforts et une coordination accrus de la part des organismes de gestion foncière et des propriétaires terriens privés, visant à réduire les facteurs de stress actuels, favoriseraient dès maintenant les écosystèmes et réduiraient les futurs impacts potentiels des changements climatiques. Par exemple, un système de réponse et de détection rapides pour les espèces envahissantes aide le Service des forêts à intervenir immédiatement si l'ampleur du problème le permet. Une telle approche pourrait être appliquée à d'autres perturbations dues aux changements climatiques qui exercent des impacts

défavorables sur les écosystèmes, comme les inondations et les tempêtes de vent d'une plus forte intensité qui accélèrent l'érosion.

Un autre système d'adaptation immédiate consiste à réviser les plans existants de gestion des forêts, en vue d'identifier les faiblesses des mesures prises pour affronter les événements extrêmes liés au climat (sécheresse, incendies, inondations, par exemple), et pour gérer l'utilisation de l'eau, les loisirs et l'extraction du bois, du fourrage et d'autres ressources naturelles avant, pendant et après ces perturbations. Un tel examen pourrait aussi révéler les impacts possibles d'événements liés au climat d'une intensité encore plus forte à l'avenir. Les plans de gestion forestière pourraient alors être modifiés sur la base des variations attendues dans les schémas de la pluviométrie, les régimes des incendies, la phénologie (époque où des processus écologiques ont lieu, tels le bourgeonnement et l'arrivée d'espèces migratrices) et la composition, la structure et les processus des écosystèmes. Les informations recueillies grâce à cet examen pourraient aider les gestionnaires à élaborer des plans visant à altérer la trajectoire de succession des écosystèmes après des incendies ou des vents particulièrement violents, et à établir les conditions les plus susceptibles de viabilité sous le futur climat.

Adaptations à long terme: gérer en prévision de changements quand les seuils de résilience sont dépassés

Les seuils de résilience pour de nombreux écosystèmes sont susceptibles d'être dépassés à long terme (plus de 50 ans), à moins que les émissions de gaz à effet de serre ne soient brusquement et rapidement réduites (en moins de 20 ans) (GIEC, 2007). Il est donc nécessaire d'avoir des systèmes d'adaptation à plus long terme, qui aideront au fil du temps les écosystèmes et les espè-



Les traitements d'éclaircie et de réduction des matières combustibles à l'échelle du paysage représentent une adaptation à court terme qui sert à améliorer la résistance au feu: en 2006, un incendie sur 70 000 ha dans la forêt nationale d'Okanogan-Wenatchee, dans l'État de Washington, a causé une mortalité de 100 pour cent dans un peuplement mixte de conifères à haute densité (à gauche), alors qu'un peuplement éclairci dont la litière de combustibles a été éliminée par brûlage dirigé n'a subi qu'un roussissement de la base et une mortalité minimale de l'étage dominant (à droite)

ces à réagir aux changements climatiques, et permettront d'éviter les passages abrupts et traumatisants d'un état à un autre de l'écosystème (de la forêt aux formations arbustives, par exemple). La connexion des paysages est fondamentale à cet égard, pour faciliter la migration et la dissémination des espèces (Halpin, 1997; Holling, 2001; Noss, 2001). De même, l'accroissement de la taille des populations, la protection ou la restauration de multiples écosystèmes et la promotion de peuplements forestiers hétérogènes et inéquiens enrichiront la diversité biologique à des multiples niveaux d'organisation (des gènes aux paysages) et augmenteront dès lors les possibilités d'adaptation naturelle.

La mise en œuvre de quelques adaptations dépendra partiellement du niveau de certitude quant à la trajectoire du changement climatique. S'il règne un certain degré d'incertitude, il semble logique d'assurer que, quand de nouveaux arbres sont plantés, le matériel de reproduction comprend une ample diversité génétique. Lorsque la certitude des changements climatiques prévus augmente, les gestionnaires pourraient

intervenir activement pour faciliter les transitions et les mouvements particuliers dans les aires de répartition des espèces.

Mettre les conditions écologiques gravement perturbées en mesure de s'adapter aux climats actuels et futurs pourrait être un bon choix, lorsque les seuils de résilience sont dépassés et que le retour aux conditions antérieures est estimé écologiquement trop complexe, trop coûteux ou politiquement irréalisable. Ce type d'adaptation a été appliqué au lac Mono, en Californie; après une médiation imposée par le tribunal entre les parties prenantes, les objectifs de restauration ont été révisés pour tenir compte des incertitudes climatiques présentes et futures, afin de déterminer le niveau du lac le plus adapté aux conditions actuelles et prévues (Millar, Stephenson et Stephens, 2007).

CONCLUSIONS

Si les changements climatiques continuent d'influencer la structure, la composition et les processus des écosystèmes, il sera extrêmement difficile de s'attaquer à chaque impact.

Les gestionnaires forestiers devront s'attacher à obtenir des résultats réalistes. L'établissement d'une relation plus forte entre la recherche scientifique et la gestion des forêts sera utile à cet égard; elle aidera à:

- identifier les seuils de résilience d'espèces clés et de processus écosystémiques;
- déterminer quels seuils sont susceptibles d'être dépassés;
- donner la priorité aux projets ayant de fortes probabilités de succès;
- identifier les espèces et les formes de végétation tolérantes à des perturbations accrues.

Les systèmes d'adaptation et d'atténuation sont considérés de façon croissante comme un ensemble de stratégies nécessaires pour minimiser les impacts négatifs potentiels et profiter des impacts positifs éventuels du changement climatique. Les systèmes d'atténuation pourraient avoir des conséquences écologiques néfastes à l'échelle locale à régionale, et les systèmes d'adaptation risquent d'augmenter les

Des systèmes d'adaptation à plus long terme sont nécessaires car ils aideront au fil du temps les écosystèmes et les espèces à réagir aux changements climatiques; par exemple, l'altération récente des conditions de la forêt nationale de Tahoe, en Californie, permet le brûlage dirigé pendant les mois d'hiver, une nouvelle pratique qui contribuera à réduire les risques d'incendies catastrophiques



G. HILDES



Bibliographie

émissions de gaz à effet de serre. Il sera donc important pour les gestionnaires d'évaluer le pour et le contre, et d'identifier des stratégies qui réalisent des avantages synergiques entre l'atténuation et l'adaptation.

Les gestionnaires devront aussi décider ce qui peut être fait et ce qui ne peut pas l'être, au regard de ressources financières et humaines limitées. Quel que soit le plan choisi pour l'établissement des priorités, il importe d'élaborer des critères pour la prise de décisions et pour la participation à ces décisions, à l'aide d'un processus délibératif et consultatif qui garantit la prise en compte des intérêts de toutes les parties prenantes. ♦

CCSP (Programme scientifique des États-Unis sur les changements climatiques).

2008a. *The effects of climate change on agriculture, land resources, water resources, and biodiversity*. Synthesis and Assessment Product 4.3. Washington, DC, États-Unis, Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (USEPA).

CCSP. 2008b. *Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources*. Assessment Product 4.4. Washington, DC, États-Unis, USEPA.

GIEC (Grouped'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). 2007. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution du Groupe de travail II au quatrième rapport d'évaluation du GIEC. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.

Halpin, P.N. 1997. Global climate change and natural-area protection: management responses and research directions. *Ecological Applications*, 7: 828–843.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 1–23.

Holling, C.S. 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4: 390–405.

Joyce, L.A., Blate, G.M., Littell, J.S., McNulty, S.G., Millar, C.I., Moser, S.C., Neilson, R.P., O'Halloran, K. et Peterson, D.L. 2008. National forests. In CCSP, éd. *Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources*, p. 3-1 à 3-127. Washington, DC, États-Unis, USEPA.

Millar, C.I., Stephenson, N.L. et Stephens, S.L. 2007. Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17(8): 2145–2151.

Noss, R.F. 2001. Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology*, 15(3): 578–590. ♦