

FOREWORD

The extreme environmental events that have occurred around the globe over the last few years, such as the recent hurricane in the Gulf Coast of the United States, the heat waves and prolonged drought in Europe, the tsunami in Southeast Asia, and widespread flooding remind us of how vulnerable human society is to variations in environmental conditions. While not all of these events are attributable to human-induced changes in the environment, they should serve as warnings about the potential impacts of our activities on the global climate. Boreal and arctic ecosystems are particularly sensitive to global warming but also play an important part in the feedback pathways of the Earth system that determine the dynamics of the climate system. Disturbances are especially important in the dynamics of these ecosystems, and alterations in climatic conditions, whether human-induced or due to natural variability, have an important influence on the disturbance regime. The Climate–Disturbance Interactions in Boreal Forest Ecosystems conference, which was held in Fairbanks, Alaska, from 3 to 6 May 2004, was convened as a joint effort of the International Boreal Forest Research Association (IBFRA, see Shvidenko and Apps 2005) and the Bonanza Creek Long Term Ecological Research Program, with the objective of focusing specifically on these issues.

The circumpolar boreal forest, second only to the tropical forests in areal extent, represents a wood resource of global significance that is an important part of the cultural and economic wealth of northern countries. Although in the past 10 000 years the boreal forest has experienced dramatic shifts in climate, vegetation, and fauna, in just the last 30 years climatic warming has been associated with thawing of permafrost, modified growth rates of dominant trees, an increase in burned area, insect outbreaks, and changes in vertebrate populations. The causal links among these changes and their implications for the functioning of the boreal forest and for the people who inhabit this region are not completely understood. The structure and functioning of the boreal forest determines and is influenced by its disturbance regime, which is driven by fire, insect outbreaks, logging, and flooding. The extent and distribution of these disturbances are changing rapidly as climate warms, human populations grow, and socioeconomic conditions change. To understand the current and future structure, diversity, and functioning of the boreal forest, it is important to understand how climate and disturbances interact and the implications of these interactions for ecological, economic, and cultural sustainability of the boreal forest.

At the conference, nearly 200 researchers, students, forest managers, and industry leaders from 12 countries attended presentations and contributed to discussions on topics that spanned the range of issues facing boreal ecosystems in the context of climate–disturbance interactions. Traditionally (see Apps et al. 2005; Apps 2002; Shaw and Apps 2002; Stocks 2002; Karjalainen 2002; Conard 2000; Woxhiltt 1999; Korpilahti et al. 1996; Pisarenko and Strakhov 1996; Apps et al. 1995), IBFRA conference papers are shared with the larger scientific community in special issues of peer-reviewed

journals. Owing to the breadth of scope of the papers, they are being published in two different journals, each focusing on different aspects of climate–disturbance interactions in boreal forest ecosystems. In addition to the present special issue of the *Canadian Journal of Forest Research* (CJFR), which focuses on material of greatest interest to the forest science community, a special issue of *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (MITI) is also being published. The MITI issue contains nine papers that focus on the vulnerability, resilience, and sustainability of boreal forest structure and function from local to panboreal scales. Readers of CJFR are invited to go to <http://www.kluweronline.com/issn/1381-2386> for access to the special issue of MITI when it is published.

The papers in this special issue of CJFR fall into two groups. The first group focuses primarily on how the functioning of boreal ecosystems is influenced by climatic variability. Papers in this group examine the impact that climate, as well as other factors, has on (1) forests at tree line (Lloyd et al.; Mazepa), (2) forest production (Hanninen et al.), (3) permafrost degradation (Jorgenson and Osterkamp) and belowground processes (Vogel and Valentine; Kane et al.), and (4) land–water interactions (Prokushkin et al.).

A second group of papers looks at the impacts of a changing disturbance regime on the function and structure of boreal ecosystems. Not surprisingly, this group is dominated by analyses of interactions of climate and wildfire in boreal ecosystems, including (1) effects on regeneration (Hogg and Wein; Johnstone and Kasischke), (2) fuel consumption (Kasischke and Johnstone; Neff et al.), (3) peatland carbon accumulation (Benscoter et al.), (4) fire behavior (McRae et al.), and (5) fire emissions (Samsonov et al.). The paper by Candau and Fleming is noteworthy in that it focuses on interactions between climate and insect disturbance, an issue that has become prominent with the unprecedented outbreaks in recent years of mountain pine beetle in British Columbia (Taylor and Carroll 2004), spruce bark beetle in Alaska (Holsten et al. 1995; Allen et al. 2006), and Siberian moth (Valendik et al. 2006). Also noteworthy is the paper by Maier et al., which analyses how the distribution of moose in interior Alaska varies with landscape features and time since fire disturbance. The final four papers in the special issue examine the impact of the interaction between climate and disturbance on ecosystem structure and function at landscape to regional scales in Alaska (Bachelet et al.; Yarie and Parton), in Canada (Zhou et al.), and in Russia (Krankina et al.).

The papers in the two special issues study the spectrum of global changes influencing boreal ecosystem structure and function and are representative of processes acting from fine to coarse temporal and spatial scales. While nearly three-quarters of the 20 papers in the CJFR special issue are by North American authors, one-quarter of the papers are focused on the effects of climate and disturbance on boreal ecosystems in Russia. This substantial proportion of Russian papers from a conference held in North America shows that IBFRA conferences have become a forum in which the di-

iversity of international research communities mirrors the diversity of ecosystems, economic conditions, and social policies in the circumpolar boreal zone. Although the boreal zone exhibits considerable ecological, economical, and cultural differences, there are ongoing opportunities — and need — for shared scientific approaches to the common challenges of global change facing all ecosystems across the boreal zone. This special issue represents the latest chapter in the continuing record of this collaboration and, together with the companion special issue of MITI, provides the current state-of-understanding of climate–disturbance interactions in boreal forest ecosystems.

References

- Allen, J.L., Wesser, S., Markon, C., and Winterberger, K. 2006. Forest stand assessment and landscape level modeling of spruce beetle impacts in the Copper River Basin, Alaska. *For. Ecol. Manage.* In press.
- Apps, M. (*Special Editor*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. Peer-reviewed papers selected from the IBFRA Conference, Edmonton, Alberta, 8–12 May 2000. *Can. J. For. Res.* **32**: 757–914.
- Apps, M.J., Shvidenko, A.Z., and Vaganov, E.A. (*Guest Editors*). 2005. Boreal Forests and the Environment. Peer-reviewed papers selected from the IBFRA Conference, Krasnoyarsk, Russia, August 2002. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* In press.
- Apps, M.J., Price, D.T., and Wisniewski, J. (*Editors*). 1995. Boreal forests and global change. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Conard, S.G. (*Editor*). 2000. Disturbance in Boreal Forest Ecosystems: Human Impacts and Natural Processes. Proceedings of the International Boreal Forest Research Association 1997, Duluth, Minn., 4–7 August 1997. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC-209.
- Holsten, E.H., Werner, R.A., and DeVelice, R. 1995. Spruce bark beetle, *Dendroctonus rufipennis* (Coleoptera: Scolytidae) outbreak and prescribed fire effects on stand volume structure and ground vegetation. *Environ. Entomol.* **24**: 1539–1547.
- Karjalainen, T. (*Guest Editor*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. *For. Ecol. Manage.* **169**: 1–2.
- Korpilahti, E., Kellomaki, S., and Karjalainen, T. (*Editors*). 1996. Climate Change, Biodiversity and Boreal Forest Ecosystems. *Silva Fenn.* **30**(2–3): 97–383.
- Pisarenko, A., and Strakhov, V. (*Editors*). 1996. Sustainable Development of Boreal Forests. Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Boreal Forest Research Association. All-Russian Research and Information Center for Forest Resources, Moscow.
- Shaw, C.H., and Apps, M.J. (*Editors*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. Proceedings of IBFRA Conference, Edmonton, Alberta, 8–12 May 2000. Canadian Forest Service, Edmonton, Alta.
- Shvidenko, A., and Apps, M.J. 2005. The International Boreal Forest Research Association: understanding boreal forests and forestry in a changing world. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* In press.
- Stocks, B.J. (*Special Editor*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. Peer-reviewed papers selected from the IBFRA Conference, Edmonton, Alberta, 8–12 May 2000. *Clim. Change*, **55**(1–2): 1–285.
- Taylor, S.W., and Carroll, A.L. 2004. Disturbance, forest age dynamics and mountain pine beetle outbreaks in BC: a historical perspective. In *Challenges and Solutions: Proceedings of the Mountain Pine Beetle Symposium*, Kelowna, B.C., 30–31 October 2003. Edited by T.L. Shore, J.E. Brooks, and J.E. Stone. *Can. For. Serv. Info. Rep. BC-X-399*. pp. 41–51.
- Valendik, E.N., Brissette, J.C., Kisilyakhov, Y.Y., Lasko, R.J., Verkhovets, S.V., Eubanks, S.T., Kosov, I.V., and Lantukh, A.Y. 2006. An experimental burn to restore a moth-killed boreal conifer forest, Krasnoyarsk Region, Russia. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* In press.
- Woxhilt, S. (*Editor*). 1999. Proceedings of the Ninth IBFRA Conference, Oslo, Norway, 21–23 September 1998. Norwegian Forest Research Institute, Oslo.

Mike Apps

Special Editor

Canadian Forest Service,
Pacific Forestry Centre, Victoria, B.C.

A. David McGuire

Special Editor

U.S. Geological Survey,
Alaska Cooperative Fish and Wildlife Research Unit,
University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska

AVANT-PROPOS

Les phénomènes environnementaux extrêmes survenus autour du globe au cours des dernières années, tels le récent ouragan qui a frappé la côte du golfe du Mexique aux États-Unis, les vagues de chaleur et la longue période de sécheresse en Europe, le tsunami dans le sud-est de l'Asie et les nombreuses inondations, nous rappellent à quel point notre société est vulnérable face aux variations des conditions environnementales. Bien que tous ces phénomènes ne soient pas le résultat de changements environnementaux provoqués par l'homme, ils devraient nous servir d'avertissements à propos des impacts potentiels de nos activités sur le climat mondial. Les écosystèmes boréal et arctique sont particulièrement sensibles au réchauffement climatique de la planète mais jouent aussi un rôle important dans la chaîne de réaction du système terrestre qui détermine la dynamique du système climatique. Les perturbations sont particulièrement importantes dans la dynamique de ces écosystèmes et les modifications des conditions climatiques, qu'elles soient provoquées par l'homme ou dues à des cycles naturels, ont une grande importance sur le régime de perturbations. La Conférence sur les interactions entre le climat et les perturbations dans les écosystèmes de la forêt boréale qui a eu lieu à Fairbanks en Alaska, du 3 au 6 mai 2004, a été convoquée suite à un effort commun de l'*International Boreal Forest Research Association* (IBFRA, voir Shvidenko et Apps 2005) et du *Bonanza Creek Long Term Ecological Research Program* spécifiquement dans le but de se pencher sur ces questions.

La forêt boréale circumpolaire, deuxième en superficie après la forêt tropicale, constitue une source de matière ligneuse d'importance mondiale qui est une partie importante de la richesse économique et culturelle des pays nordiques. Bien que la forêt boréale ait connu des changements spectaculaires du climat, de la végétation et de la faune au cours des derniers 10 000 ans, seulement au cours des 30 dernières années, le réchauffement du climat a été associé au dégel du pergélisol, à la modification du taux de croissance des arbres dominants, à l'augmentation des superficies brûlées, à des épidémies d'insectes et à des changements dans la population des vertébrés. Les liens causaux entre ces changements et leurs répercussions sur le fonctionnement de la forêt boréale ne sont pas complètement élucidés. La structure et le fonctionnement de la forêt boréale déterminent et sont influencés par son régime de perturbations qui est régi par le feu, les épidémies d'insectes, l'exploitation forestière et les inondations. L'ampleur et la répartition de ces perturbations sont rapidement modifiées à mesure que le climat se réchauffe, que la population humaine croît et que les conditions socioéconomiques changent. Pour comprendre la structure, la diversité et le fonctionnement actuels et futurs de la forêt boréale, il est important de comprendre comment le climat et les perturbations interagissent ainsi que les répercussions de ces interactions sur la durabilité écologique, économique et culturelle de la forêt boréale. À la conférence, près de 200 chercheurs, étudiants, aménagistes forestiers et dirigeants de l'industrie provenant de 12 pays ont assisté aux présentations et participé aux discussions sur des sujets qui couvraient

l'ensemble des problèmes auxquels font face les écosystèmes boréaux dans le contexte des interactions entre le climat et les perturbations. Traditionnellement (voir Apps et al. 2005; Apps 2002; Shaw et Apps 2002; Stocks 2002; Karjalainen 2002; Conard 2000; Woxhilt 1999; Korpilahti et al. 1996; Pisarenko et Strakhov 1996; Apps et al. 1995), les communications présentées aux conférences de l'IBFRA sont partagées avec l'ensemble de la communauté scientifique dans des numéros spéciaux de revues qui ont un processus de révision par les pairs. Étant donné l'ampleur du champ d'application des communications, elles sont publiées dans deux revues différentes, chacune étant axée sur différents aspects des interactions entre le climat et les perturbations dans les écosystèmes de la forêt boréale. En plus du présent numéro spécial de la *Revue canadienne de recherche forestière* (RCRF), qui porte sur des sujets qui intéressent particulièrement le milieu des sciences forestières, la revue *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (MITI) publie également un numéro spécial. Le numéro de la revue MITI contient neuf articles axés sur la vulnérabilité, la résilience et la durabilité de la structure et des fonctions de la forêt boréale de l'échelle locale à l'échelle pan-boréale. Les lecteurs de la RCRF sont invités à se rendre à <http://www.kluweronline.com/issn/1381-2386> pour accéder au numéro spécial de la revue MITI lorsqu'il sera publié.

Les articles dans ce numéro spécial de la RCRF se divisent en deux groupes. Le premier groupe est axé principalement sur la façon dont le fonctionnement des écosystèmes boréaux est influencé par les variations du climat. Les articles qui font partie de ce groupe examinent l'impact que le climat ainsi que d'autres facteurs ont sur (1) les forêts situées à la limite des arbres (Lloyd et al.; Mazepa), (2) la productivité de la forêt (Hanninen et al.), (3) la détérioration du pergélisol (Jorgenson et Osterkamp) et les processus qui se déroulent dans le sol (Vogel et Valentine; Kane et al.) et (4) les interactions entre l'eau et le sol (Prokushkin et al.).

Un deuxième groupe d'articles porte sur les impacts d'un changement dans le régime de perturbations sur les fonctions et la structure des écosystèmes boréaux. Ce groupe est évidemment dominé par l'analyse des interactions entre le climat et les incendies de forêt dans les écosystèmes boréaux, incluant (1) les effets sur la régénération (Hogg et Wein; Johnstone et Kasischke), (2) la consommation des carburants (Kasischke et Johnstone; Neff et al.), (3) l'accumulation de carbone dans les tourbières (Benscoter et al.), (4) le comportement du feu (McRae et al.) et (5) les émissions provenant des incendies (Samsonov et al.). Il convient de noter l'article de Candau et Fleming qui porte sur les interactions entre le climat et les perturbations causées par les insectes, un sujet qui a pris de l'importance avec les épidémies récentes sans précédents du dendroctone du pin ponderosa en Colombie-Britannique (Taylor et Carroll 2004), du dendroctone de l'épinette en Alaska (Holsten et al. 1995; Allen et al. 2006) et du phalène de Sibérie (Valendik et al. 2006). Est également digne de mention l'article de Maier et al. qui analyse comment la répartition de l'original à l'intérieur de l'Alaska varie

en fonction des caractéristiques du paysage et du temps qui s'est écoulé depuis une perturbation due au feu. Les quatre derniers articles du numéro spécial examinent l'impact de l'interaction entre le climat et les perturbations sur la structure et les fonctions de l'écosystème de l'échelle du paysage à l'échelle régionale en Alaska (Bachelet et al.; Yarie et Parton), au Canada (Zhou et al.) et en Russie (Krankina et al.).

Les articles contenus dans les deux numéros spéciaux examinent l'éventail des changements à l'échelle du globe qui influencent la structure et les fonctions de l'écosystème boréal et sont représentatifs des processus qui agissent à diverses échelles spatiotemporelles. Bien que les trois quarts des 20 articles dans le numéro spécial de la RCRF soient l'œuvre d'auteurs nord-américains, le quart des articles sont axés sur les effets du climat et des perturbations sur les écosystèmes boréaux en Russie. Qu'une proportion importante d'articles présentés à une conférence tenue en Amérique du Nord viennent de la Russie montre que les conférences de l'IBFRA sont devenues un forum où la diversité des groupes de recherche internationaux reflète la diversité des écosystèmes, des conditions économiques et des politiques sociales des régions boréales circumpolaires. Même si les régions boréales présentent des différences écologiques, économiques et culturelles considérables, il est non seulement possible mais nécessaire d'adopter des approches scientifiques concertées face aux défis communs que représentent les changements à l'échelle du globe et auxquels font face tous les écosystèmes des régions boréales. Ce numéro spécial constitue le plus récent chapitre dans la poursuite de cette collaboration et, conjointement avec le numéro spécial de la revue MITI qui l'accompagne, fournit l'état actuel de notre compréhension des interactions entre le climat et les perturbations dans les écosystèmes de la forêt boréale.

Bibliographie

- Allen, J.L., Wesser, S., Markon, C., et Winterberger, K. 2006. Forest stand assessment and landscape level modeling of spruce beetle impacts in the Copper River Basin, Alaska. *For. Ecol. Manage.* Sous presse.
- Apps, M. (*Directeur scientifique spécial*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. Peer-reviewed papers selected from the IBFRA Conference, Edmonton, Alberta, 8–12 mai 2000. *Can. J. For. Res.* **32** : 757–914.
- Apps, M.J., Shvidenko, A.Z., et Vaganov, E.A. (*Directeurs scientifiques invités*). 2005. Boreal Forests and the Environment. Peer-reviewed papers selected from the IBFRA Conference, Krasnoyarsk, Russie, août 2002. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* Sous presse.
- Apps, M.J., Price, D.T., et Wisniewski, J. (*Directeurs de la rédaction*). 1995. Boreal forests and global change. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas.
- Conard, S.G. (*Directeur de la rédaction*). 2000. Disturbance in Boreal Forest Ecosystems: Human Impacts and Natural Processes. Proceedings of the International Boreal Forest Research Association 1997, Duluth, Minn., 4–7 août 1997. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC-209.
- Holsten, E.H., Werner, R.A., et DeVelice, R. 1995. Spruce bark beetle, *Dendroctonus rufipennis* (Coleoptera: Scolytidae) outbreak and prescribed fire effects on stand volume structure and ground vegetation. *Environ. Entomol.* **24** : 1539–1547.
- Karjalainen, T. (*Directeur scientifique invité*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. *For. Ecol. Manage.* **169** : 1–2.
- Korpilahti, E., Kellomaki, S., et Karjalainen, T. (*Directeurs de la rédaction*). 1996. Climate Change, Biodiversity and Boreal Forest Ecosystems. *Silva Fenn.* **30**(2–3) : 97–383.
- Pisarenko, A., et Strakhov, V. (*Directeurs de la rédaction*). 1996. Sustainable Development of Boreal Forests. Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Boreal Forest Research Association. All-Russian Research and Information Center for Forest Resources, Moscow.
- Shaw, C.H., et Apps, M.J. (*Directeurs de la rédaction*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. Proceedings of IBFRA Conference, Edmonton, Alberta, 8–12 mai 2000. Service canadien des forêts, Edmonton, Alta.
- Shvidenko, A., et Apps, M.J. 2005. The International Boreal Forest Research Association: understanding boreal forests and forestry in a changing world. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* Sous presse.
- Stocks, B.J. (*Directeur scientifique spécial*). 2002. The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. Peer-reviewed papers selected from the IBFRA Conference, Edmonton, Alberta, 8–12 mai 2000. *Clim. Change*, **55**(1–2) : 1–285.
- Taylor, S.W., et Carroll, A.L. 2004. Disturbance, forest age dynamics and mountain pine beetle outbreaks in BC: a historical perspective. *Dans Challenges and Solutions: Proceedings of the Mountain Pine Beetle Symposium, Kelowna, C.-B.*, 30–31 octobre 2003. *Sous la direction de T.L. Shore, J.E. Brooks et J.E. Stone.* *Can. For. Serv. Info. Rep. BC-X-399.* p. 41–51.
- Valendik, E.N., Brissette, J.C., Kisilyakhov, Y.Y., Lasko, R.J., Verkhovets, S.V., Eubanks, S.T., Kosov, I.V., et Lantukh, A.Y. 2006. An experimental burn to restore a moth-killed boreal conifer forest, Krasnoyarsk Region, Russia. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* Sous presse.
- Woxhilt, S. (*Directeur de la rédaction*). 1999. Proceedings of the Ninth IBFRA Conference, Oslo, Norvège, 21–23 septembre 1998. Norwegian Forest Research Institute, Oslo.

Mike Apps

Directeur scientifique spécial

Service canadien des forêts,

Centre de foresterie du Pacifique, Victoria, C.-B.

David McGuire

Directeur scientifique spécial

U.S. Geological Survey,

Alaska Cooperative Fish and Wildlife Research Unit,

University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska