

CHAPITRE 8

Colombie-Britannique



Auteurs principaux :
Ian J. Walker¹ et Robin Sydneysmith²

Collaborateurs :

Diana Allen (*Simon Fraser University*), Karin Bodtker (*Parcs Canada*),
Derek Bonin (*Greater Vancouver Regional District*), Barry Bonsal
(*Environnement Canada*), Allan Carroll (*Ressources naturelles Canada*),
Stewart Cohen (*Environnement Canada*), Audrey Dallimore (*Ressources
naturelles Canada*), Holly Dolan (*Agriculture et Agroalimentaire Canada*),
Ze'ev Gedalof (*Guelph University*), Allison Gill (*Simon Fraser University*),
Richard Hebda (*Royal British Columbia Museum*), Robert Hicks (*British
Columbia Water and Waste Association*), Phillip Hill (*Ressources naturelles
Canada*), Kim Hyatt (*Pêches et Océans Canada*), Ralph Matthews (*University
of British Columbia*), Brian Menounos (*University of Northern British Columbia*),
Trevor Murdock (*Pacific Climate Impact Consortium*), Denise Neilsen
(*Agriculture et Agroalimentaire Canada*), Rosemary Ommer (*University of
Victoria*), Andrew Pape-Salmon (*BC Hydro*), Marlow Pellatt (*Parcs Canada*),
Daniel Peters (*University of Victoria*), Terry Prowse (*University of Victoria*), Dave
Spittlehouse (*British Columbia Ministry of Forests and Range*), Stephen
Sheppard (*University of British Columbia*), Bill Taylor (*Environnement Canada*),
Arelia Werner (*University of Victoria*), Paul Whitfield (*Environnement Canada*), Tim
Williamson (*Ressources naturelles Canada*), Johanna Wolfe (*Tyndall Centre for
Climate Change Research*), Monika Wynn (*University of Victoria*)

Notation bibliographique recommandée:

Walker, I.J. et R. Sydneysmith. « Colombie-Britannique », dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éditeurs), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, pp. 329-386.

¹ Département de géographie, University of Victoria, Victoria (Colombie-Britannique).

² Département de sociologie, University of British Columbia, Vancouver (Colombie-Britannique).

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION	333
1.1 Organisation du présent chapitre	333
1.2 Climat et géographie physique	333
1.3 Biogéographie et diversité écologique	334
1.4 Environnement humain	334
1.5 Problèmes régionaux	335
2 INDICATEURS DE LA VARIABILITÉ ET DU CHANGEMENT DU CLIMAT	336
2.1 Explication de la variabilité du climat	336
2.2 Température et précipitations	337
2.3 Phénomènes météorologiques extrêmes et phénomènes liés au climat	339
2.4 Hydrologie	340
2.5 Niveau de la mer	341
2.6 Écosystèmes	342
2.7 Résumé	342
3 RÉPERCUSSIONS SUR LES SECTEURS ET CAPACITÉ D'ADAPTATION	343
3.1 Gestion des ressources en eau	343
3.2 Pêches	344
3.3 Foresterie	346
3.4 Agriculture	347
3.5 Tourisme et loisirs	350
3.6 Parcs et zones protégées	351
3.7 Énergie	352
3.8 Infrastructures essentielles	354
3.9 Santé	355
4 VERS L'ADAPTATION : ÉTUDES DE CAS EN COLOMBIE-BRITANNIQUE	357
4.1 Collectivités côtières : vulnérabilités et adaptation à l'élévation du niveau de la mer	358
4.1.1 Nord-est de l'île Graham, Haïda Gwaii (îles de la Reine-Charlotte)	358
4.1.2 Banc Roberts, District régional du Grand Vancouver	360
4.1.3 Résumé et leçons apprises	361
4.2 Centre et nord de la Colombie-Britannique :	
les collectivités forestières et le dendroctone du pin ponderosa	362
4.2.1 Le dendroctone du pin ponderosa	362
4.2.2 Vulnérabilité des collectivités forestières	363
4.2.3 Équipe de travail sur le changement climatique et Initiative des écosystèmes forestiers de l'avenir de la Colombie-Britannique	365
4.3 Intérieur sud : régions de l'Okanagan et du bassin du Columbia	365
4.3.1 L'eau	365
4.3.2 L'agriculture	367
4.3.3 Les écosystèmes aquatiques et la pêche	370
4.4 Les régions métropolitaines : Vancouver et Victoria	370
4.4.1 Gestion de l'approvisionnement en eau	371
4.4.2 Gestion des eaux pluviales	372
5 CONCLUSIONS	373
5.1 Principaux messages et thèmes	373
5.2 Renforcement de la capacité d'adaptation	377
RÉFÉRENCES	378

PRINCIPALES CONCLUSIONS

Le changement climatique touche de plus en plus les paysages, les collectivités et les activités économiques de la Colombie-Britannique. Selon les projections, il devrait se poursuivre et ses répercussions directes et indirectes, s'accentuer. Parmi les principaux risques et possibilités d'adaptation associés au changement climatique en Colombie-Britannique figurent les suivants :

Un bon nombre de régions et de secteurs de la Colombie-Britannique connaîtront de plus en plus de pénuries d'eau. La diminution de la taille des glaciers et de l'accumulation annuelle de neige, les changements en ce qui concerne la quantité et la période des précipitations, et l'allongement des sécheresses feront baisser de plus en plus l'approvisionnement en eau durant les périodes de pointe. La concurrence s'accentuera entre les divers usagers de l'eau, ce qui aura des répercussions sur les accords transfrontaliers. Certaines mesures d'adaptation ont déjà été adoptées, dont la prise en considération des répercussions du changement climatique dans certains plans officiels de gestion de l'eau, l'augmentation de la capacité des réservoirs et divers projets de gestion de la demande.

La production d'hydroélectricité, surtout lorsque la consommation de pointe augmente en été, est particulièrement vulnérable au changement climatique. Or, l'hydroélectricité contribue actuellement pour près de 90 p. 100 à l'électricité utilisée par la Colombie-Britannique. Pour s'adapter, il faudra gérer la demande en électricité, qui devrait augmenter de 30 p. 100 à 60 p. 100 d'ici à 2025, et moderniser les infrastructures de production, deux actions d'adaptation déjà prévues dans les mesures actuelles de gestion et de planification. Les petites centrales hydroélectriques et les centrales au fil de l'eau pourraient certes augmenter la capacité, mais elles sont plus vulnérables aux variations du débit fluvial que les centrales dotées de grands réservoirs. L'expansion d'autres filières énergétiques, comme l'énergie éolienne, aidera également à répondre à l'accroissement de la demande future, mais ces dernières ne produisent actuellement qu'une petite fraction de l'électricité consommée par la province. Les centrales alimentées au charbon sont également envisagées, mais des doutes persistent quant à leur adoption car elles doivent maintenant satisfaire à des normes sévères d'émission nulle de gaz à effet de serre établies aux termes du nouveau plan énergétique de la Colombie-Britannique.

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes et des catastrophes naturelles qui en découlent aura une incidence sur les infrastructures essentielles de la Colombie-Britannique. Les tempêtes de vent, les incendies de forêt, les ondes de tempête, l'érosion côtière, les glissements de terrain, les tempêtes de neige, la grêle, les sécheresses et les inondations ont tous déjà d'importantes répercussions économiques sur les collectivités, les industries et les environnements de la Colombie-Britannique. Dans certaines régions côtières basses, l'élévation du niveau de la mer et l'augmentation dans la fréquence des tempêtes amplifiera certains risques. Les coûts de gestion et de réduction des répercussions des phénomènes météorologiques extrêmes sont à la hausse. Les réseaux de transport, les installations portuaires et les infrastructures de distribution de l'électricité et des communications de la Colombie-Britannique représentent des investissements importants, dont le remplacement ou la modernisation rendent possible l'adoption de mesures d'adaptation susceptibles d'intégrer de nouvelles évaluations des risques qui tiennent compte de l'évolution du climat et de l'élévation du niveau de la mer. La gestion intégrée des eaux pluviales, approche adoptée par le District régional du Grand Vancouver pour gérer les eaux de pluie afin de protéger la santé des cours d'eau urbains, prend maintenant en considération les répercussions du changement climatique. L'intégration du changement climatique dans la planification des infrastructures améliorera la gestion du risque et des coûts sur le cycle de vie, de façon à réduire la vulnérabilité des infrastructures essentielles de la Colombie-Britannique.

En Colombie-Britannique, les forêts, l'industrie forestière et les collectivités qui dépendent du secteur forestier sont vulnérables aux risques croissants liés au climat, dont les infestations de ravageurs et les incendies de forêt. L'épidémie de dendroctone du pin ponderosa touchait en 2007 environ 9,2 millions d'hectares de forêt. La gravité et la persistance de cette infestation sont liées aux pratiques de gestion du passé (p. ex., suppression des incendies) et au changement climatique. On s'attend à ce qu'il y ait de grands changements de l'hydrologie et de l'écologie dans les bassins hydrographiques dominés par le pin, en raison du taux de mortalité des arbres et de l'expansion considérable des activités d'exploitation forestière menées pour récupérer les arbres détruits par le

dendroctone. Il y aura, au début, des gains économiques substantiels, mais ils pourraient être suivis d'une instabilité économique et sociale prolongée si on ne prend pas la peine de planifier soigneusement. La concurrence internationale croissante dans le secteur forestier fera naître de nouveaux défis. Le projet sur les écosystèmes forestiers de l'avenir lancé par le ministère des Forêts et des Pâturages de la Colombie-Britannique constitue une première étape vers une planification à long terme de l'aménagement forestier qui tienne compte aussi bien du changement climatique que d'autres facteurs de perturbation.

Le changement climatique accentuera les stress que connaît actuellement le secteur des pêches en Colombie-Britannique, entre autres à cause de la propagation d'espèces exotiques envahissantes dans les eaux côtières, de l'élévation des températures de l'océan et des plans d'eau douce, et des changements des débits fluviaux (quant au volume, au moment de la survenue et à la température de l'eau). Pour ce qui est de la gestion de l'eau, le secteur des pêches en eau douce entrera de plus en plus en concurrence avec d'autres usages de l'eau (p. ex., hydroélectricité, irrigation, eau potable), particulièrement dans le sud de l'intérieur de la province. La vulnérabilité de la pêche au saumon du Pacifique aux impacts du changement climatique, aussi bien en milieu d'eau douce que d'eau salée, est aggravée par la valeur sociale, économique et écologique unique de cette espèce. La aquaculture, qui contribue de plus en plus au développement économique de la côte, pourrait aider à assurer la sécurité alimentaire tout en diminuant le stress exercé sur la pêche d'espèces sauvages. Toutefois, les conséquences culturelles et écologiques de l'aquaculture, et de l'élevage du saumon en particulier, restent sujettes à controverse.

Le changement climatique a un effet à la fois positif et négatif sur le secteur agricole de la Colombie-Britannique. Les changements des précipitations et de l'apport en eau, des sécheresses plus fréquentes et plus longues, et une augmentation de la demande en eau exerceront des stress sur la capacité d'adaptation de la plupart des formes d'agriculture. Les conditions de croissance pourraient s'améliorer pour certaines cultures, ou dans certaines régions, mais la capacité des régions agricoles à prendre de l'expansion sera limitée par la qualité du sol et la disponibilité de l'eau. L'accroissement de la demande aux fins d'irrigation entrera en concurrence avec d'autres usages de l'eau, en particulier dans les régions de forte croissance.

La prise en considération de l'adaptation au changement climatique dans les processus décisionnels permet d'augmenter la résilience et de réduire les coûts et les répercussions à long terme liés au changement climatique. À l'heure actuelle, c'est ce qui se produit indirectement dans les grands centres urbains, où les pratiques de construction durable et la gestion de la demande en eau et en énergie découlent des efforts visant à améliorer la durabilité et à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Des régions sujettes aux sécheresses, comme la région de l'Okanagan et le district régional de la capitale de Victoria, ont adopté une politique dynamique de restriction de l'arrosage et offrent des rabais aux consommateurs qui se procurent des produits de remplacement plus efficaces qui présentent des avantages quant à leur potentiel d'adaptation et d'atténuation. La résilience des collectivités rurales et côtières éloignées découle de leur expérience et de leur exposition aux répercussions des phénomènes météorologiques extrêmes sur les infrastructures essentielles (p. ex., les routes proches des côtes, les traversiers, les services aériens, la production d'électricité et les communications) et sur les ressources naturelles (p. ex., pêches et forêts). De plus, les réseaux sociaux, le bénévolat, la diversification du revenu et la constitution de réserves d'aliments contribuent à la capacité d'adaptation et augmentent la résilience.

1

INTRODUCTION

1.1 ORGANISATION DU PRÉSENT CHAPITRE

Le présent chapitre offre un aperçu des répercussions du changement climatique en Colombie-Britannique et des problèmes d'adaptation dans cette province, en insistant surtout sur les travaux récents et actuels qui déboucheront sur des mesures d'adaptation. Les impacts du changement climatique en Colombie-Britannique et l'adaptation à ce changement varieront beaucoup selon les divers paysages, collectivités et activités socioéconomiques de la province. Les informations actuellement disponibles couvrent l'éventail des problèmes de façon inégale. Par exemple, de nombreuses études ont été menées sur certains domaines (comme les ressources hydriques et le secteur des pêches), mais il y en a très peu sur d'autres (comme l'énergie et le transport). En outre, ces informations portent surtout sur les répercussions du changement climatique, même si l'adaptation occupe de plus en plus d'importance dans les études récentes.

L'introduction donne une vue d'ensemble des paysages physique et humain de la Colombie-Britannique, et un résumé des principaux défis d'adaptation dans les diverses régions de la province. La section 2 traite des moteurs de la variabilité du climat en Colombie-Britannique, des tendances passées et des projections pour les principaux indicateurs biophysiques du changement climatique. À la section 3, on examine les implications de ces changements biophysiques dans le contexte de l'adaptation des principaux secteurs économiques à des stress multiples. La section 4 traite plus en détail de certaines questions d'ordre régional, sous la forme d'études de cas intégrées qui font ressortir le virage général de la recherche sur les impacts vers les mesures d'adaptation. La conclusion du chapitre offre une synthèse des thèmes communs, des principales conclusions et des enseignements tirés des informations présentées dans les sections précédentes.

1.2 CLIMAT ET GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

La Colombie-Britannique est la région du Canada la plus diversifiée sur les plans physique et biologique. La proximité de l'océan Pacifique et la présence de plusieurs grandes chaînes de montagnes ont une incidence considérable sur son climat et ses écosystèmes (Valentine *et al.*, 1978). Sur la côte, l'air doux et humide du Pacifique se bute au paysage escarpé de la cordillère de la côte et se transforme en un climat maritime humide, caractérisé par des températures ambiantes annuelles supérieures à 5 °C et par des précipitations totales annuelles de plus de 1 000 mm (voir les figures 1 et 2). Certains des climats les plus chauds du Canada se manifestent le long de la côte sud et dans les régions de l'intérieur de la Colombie-Britannique. La côte centre-sud de la province se caractérise par un climat plus chaud et plus sec, dans l'ombre

pluviométrique de l'île de Vancouver. Le climat le plus sec et le plus chaud de la Colombie-Britannique (steppe semi-aride) se trouve dans l'ombre pluviométrique de la cordillère de la côte et des monts Cascades, ainsi que dans les vallées du sud de l'intérieur, à l'ouest de la chaîne Columbia.

Un climat continental humide prédomine dans le centre et le sud-est de la Colombie-Britannique. Les Rocheuses arrêtent l'air arctique provenant des Prairies, phénomène qui a pour effet de tempérer le climat de la région en hiver. La presque totalité de cette région est située sur le plateau intérieur, soit le bassin hydrographique principal des fleuves Fraser et Columbia. Le climat du nord de la Colombie-Britannique est régi par l'apport d'air arctique froid, l'intensité d'un anticyclone continental et un apport d'air chaud et sec en été, le tout se traduisant par des climats subarctique et boréal caractérisés par des hivers très froids et des étés doux et courts. Le paysage de cette région est complexe, avec des montagnes et des plateaux qui se transforment progressivement vers le nord-est pour devenir les grandes plaines. Les précipitations moyennes annuelles sont faibles (moins de 500 mm) dans les plaines intérieures et les vallées, et atteignent plus de 1 000 mm le

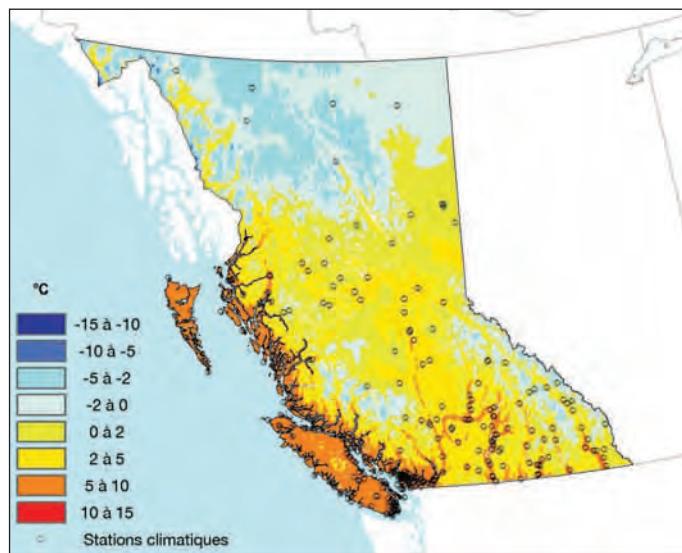


FIGURE 1 : Température moyenne annuelle en Colombie-Britannique déterminée à l'aide de la moyenne PRISM³ établie pour la période allant de 1961 à 1990. La méthode numérique PRISM fonctionne par interpolations faites à partir d'observations provenant de stations situées à 4 km l'une de l'autre et prend en considération des facteurs physiques tels que l'orientation des pentes et l'altitude; cette méthode est considérée comme plus fiable que d'autres, surtout dans les régions qui comptent un grand nombre de stations d'observation et lorsque les observations ont été faites presque à la même altitude que les stations (Daly *et al.*, 2002).

³ Parameter-Elevation Regressions on Independent Slopes Model; pour plus de renseignements, voir <http://www.ocs.oregonstate.edu/prism/index.phtml>, [consultation : 18 mai 2007].

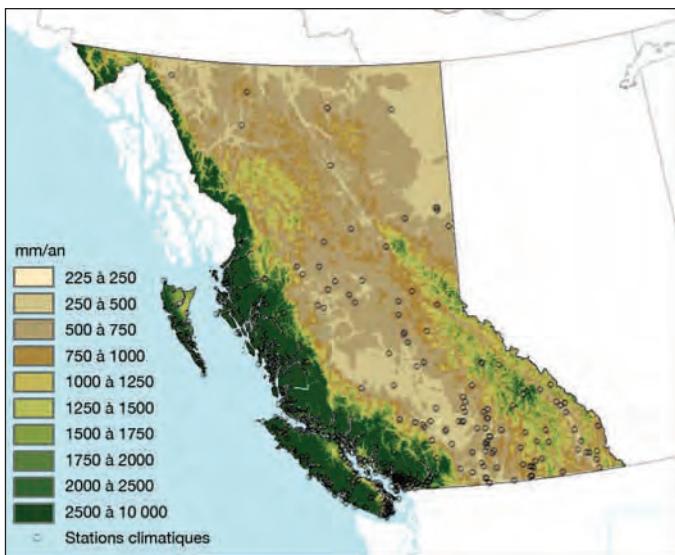


FIGURE 2 : Précipitations totales annuelles de la Colombie-Britannique déterminées à l'aide de la moyenne PRISM établie pour la période allant de 1961 à 1990 (voir la figure 1). Les climats les plus humides du Canada se manifestent sur la côte de la Colombie-Britannique, en particulier sur les pentes de l'île de Vancouver et des îles de la Reine-Charlotte, et de la chaîne côtière du continent.

long de la côte et dans les montagnes. Deux grands systèmes fluviaux, ceux de la rivière de la Paix et de la rivière Liard, traversent ce paysage.

La côte de la Colombie-Britannique jouit d'un climat maritime, frais et humide, influencé par le nord-est du Pacifique. L'hiver, les tempêtes cycloniques des moyennes latitudes touchent terre, apportant avec elles d'abondantes précipitations presque partout sur la côte. Les variations du climat hivernal résultent des changements de la fréquence et de l'intensité des tempêtes côtières dues en partie à la position de leurs trajectoires dominantes et à l'intensité de grands systèmes de basse pression, comme la dépression des Aléoutiennes. L'été, l'anticyclone subtropical remonte dans le nord-est du Pacifique, les tempêtes diminuent de fréquence et touchent terre plus au nord. Le climat de la Colombie-Britannique varie en réaction aux changements d'intensité de ces systèmes de pression océaniques, qui sont eux-mêmes associés aux changements de la température et des courants de l'océan. Par conséquent, la variabilité de la plupart des climats de la Colombie-Britannique est liée à des phénomènes océaniques et atmosphériques de grande échelle comme l'El Niño – oscillation australe (El Niño - Southern Oscillation, ou ENSO) et l'oscillation décennale du Pacifique (Pacific Decadal Oscillation, ou PDO; voir la section 2.1 et le chapitre 2).

1.3 BIOGÉOGRAPHIE ET DIVERSITÉ ÉCOLOGIQUE

La Colombie-Britannique se divise en 14 zones biogéoclimatiques (Krajina, 1965; Pojar et Meidinger, 1991; Hebda, 1998) qui se distinguent par leur climat, leur latitude, leur élévation et leur distance de la côte (voir la figure 3). Cette classification biogéoclimatique sert beaucoup à des fins de planification et de

recherche (p. ex., Mitchell *et al.*, 1989; Hamann et Wang, 2006). La biodiversité varie d'une zone à une autre, aussi bien qu'au sein même des zones en question, bien que le sud et les régions basses comptent généralement plus d'espèces. Certaines régions, comme les montagnes du sud de la Colombie-Britannique, comptent jusqu'à six zones biogéoclimatiques qui abritent des milliers d'espèces et peuvent n'être distantes que de quelques kilomètres l'une de l'autre.

Les perturbations locales, comme les incendies, les insectes, les maladies, les déracinements par le vent et l'activité humaine, exercent une grande influence sur la répartition des espèces. Certaines d'entre elles, comme les infestations de dendroctone du pin ponderosa, sont aggravées par le changement climatique (voir la section 4.2). Les réactions de l'écosystème aux changements d'ordre climatique à venir seront localisées et dépendront de facteurs tant naturels qu'anthropiques, dont la sensibilité des espèces, l'ampleur du changement climatique et les caractéristiques qui entravent ou favorisent la migration des espèces, notamment l'étalement urbain et la présence de corridors de migration.

1.4 ENVIRONNEMENT HUMAIN

La capacité des collectivités et des secteurs économiques de la Colombie-Britannique à réagir et à s'adapter au changement climatique dépendra autant des caractéristiques sociales et économiques que de l'endroit et du climat. Quatre-vingt-cinq pour cent de sa population habite en région urbaine, surtout à Vancouver et à Victoria ou dans ses banlieues, ainsi que dans des noyaux régionaux, notamment Kelowna, Vernon, Kamloops, Prince George et Prince Rupert. La Colombie-Britannique rurale comprend de nombreuses petites villes et collectivités des Premières nations dispersées le long de la côte et à l'intérieur des terres. Le paysage social et culturel de la Colombie-Britannique change de bien des façons en réaction aux modifications économiques mondiales et locales ainsi qu'aux tendances de l'urbanisation, à l'immigration et à la technologie. Le changement climatique n'aura donc pas la même influence ni le même effet sur toutes ces collectivités.

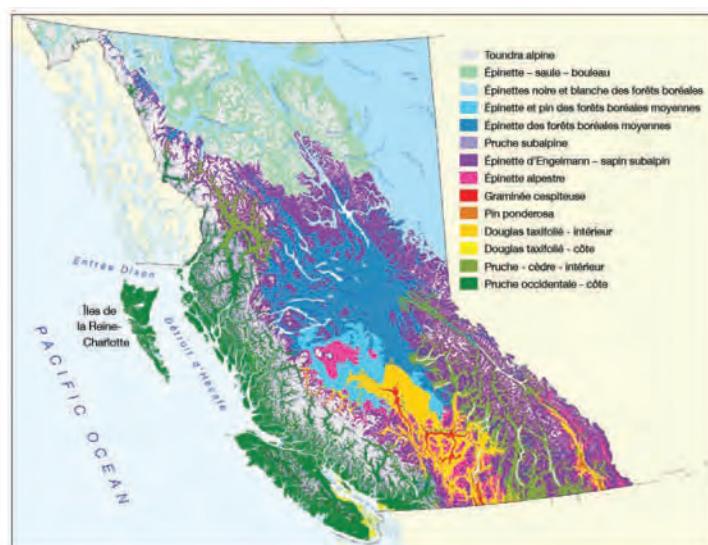


FIGURE 3 : Les 14 zones biogéoclimatiques de la Colombie-Britannique (tiré de Pojar et Meidinger, 1991).

L'économie de la Colombie-Britannique repose depuis longtemps sur le prélèvement, la transformation et l'exportation des ressources naturelles, en particulier du bois, du poisson et des minéraux. Dans les 15 à 20 dernières années, la contribution des ressources naturelles à l'économie de la province, par rapport à la production totale et au revenu d'emploi, a diminué en réaction à divers changements de nature environnementale, sociale et économique (*voir la section 3*). Les régimes de développement habituels et la relation entre les grands centres urbains et les régions rurales commencent à changer en réaction, entre autres, à la mondialisation (Matthews et Young, 2005). Malgré la transformation qui s'est amorcée, les ressources naturelles continuent de dominer les exportations de la province et demeurent particulièrement vitales à la santé sociale et économique des régions rurales de la Colombie-Britannique (Baxter et Ramlo, 2002; BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 2004b).

Les tendances démographiques récentes constatées en Colombie-Britannique découlent de l'urbanisation et de l'immigration. C'est dans cette province qu'on trouve la deuxième population d'immigrants la plus élevée au Canada, après l'Ontario (Statistique Canada, 2001). La population de la Colombie-Britannique était de 4,25 millions en 2005 et, selon les projections, elle devrait atteindre 5,6 millions d'ici l'an 2031 (BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 2005a; Statistique Canada, 2005). La croissance se concentre dans le District régional du Grand Vancouver (+8,5 p.100), la région de l'Okanagan (+8,2 p.100) et le District régional de Squamish-Lillooet (+12,3 p.100)⁴. Par contraste, certains districts du nord ou de la côte, comme le nord de l'île de Vancouver (-10,2 p. 100) et la région de Skeena-Queen Charlotte (-2,5 p. 100), ont connu récemment un déclin de leur population (Statistique Canada, 2001). Ce phénomène est dû en partie aux départs consécutifs à des pertes d'emploi dans des collectivités qui dépendent des ressources naturelles et à la baisse générale de l'économie dans les collectivités rurales et éloignées constatée au cours des 10 à 15 dernières années (Marchak *et al.*, 1999; Hayter, 2000; Baxter et Ramlo, 2002; Matthews, 2003; Hanlon et Halseth, 2005; Young, 2006a, b).

La Colombie-Britannique a toujours eu tendance à effectuer de grands virages politiques d'une élection à l'autre, ce qui a eu des effets tant positifs que négatifs sur sa capacité d'adaptation à l'échelle communautaire. La restructuration de la politique de développement des régions rurales et des ressources, et la prestation de services aux collectivités éloignées ont mené un bon nombre de collectivités à devenir des entrepreneurs audacieux (Young, 2006a) et à jouer un plus grand rôle dans la gestion des ressources locales, de développement communautaire et de prestation des services (Young, 2006a, b; Matthews et Young, 2007; Ommer, 2007). Dans le cas des petites collectivités à capacité d'adaptation limitée, relever ces défis à court terme limite leur possibilité de se préparer en même temps au changement climatique et de s'y adapter (Brenner et Theodore, 2002; Herbert-Cheshire et Higgins, 2004).

Un autre facteur important qui aura des conséquences sur les efforts d'adaptation de la Colombie-Britannique sera la signature de traités entre les Premières nations et les gouvernements du Canada et de la Colombie-Britannique⁵ aux termes desquels la compétence et la

responsabilité en matière de gestion et de planification de l'utilisation des ressources et des terres, pourraient changer de mains. La signature éventuelle de ces traités aura des répercussions importantes sur l'adaptation, même si on ne sait pas encore lesquelles, en particulier dans les régions rurales et côtières de la province.

1.5 PROBLÈMES RÉGIONAUX

Les répercussions du changement climatique et les modes d'adaptation varieront d'une région, ou d'un secteur économique, à l'autre de la Colombie-Britannique, puisqu'ils diffèrent considérablement (*voir la section 3*).

Environ 75 p.100 de la population de la Colombie-Britannique habite la région de Vancouver-Lower Mainland (soit la partie sud-ouest de la province), où la population et l'économie se sont grandement diversifiées au cours des dernières décennies. La technologie des communications, le monde du spectacle (en particulier la production de films), l'industrie légère, la culture en serre, la biotechnologie, la construction, la vente au détail et les services sont devenus des éléments importants de l'économie régionale, s'ajoutant à des secteurs bien établis comme le tourisme, le transport et l'activité portuaire (Vancouver Economic Development, 2006). Dans l'immédiat, la région consacre de gros investissements aux infrastructures des Jeux d'hiver 2010 et au soutien de la croissance et du développement prévus au cours des prochaines décennies. Gérer la croissance dans le contexte des objectifs du plan stratégique pour une région vivable, ou *Livable Region Strategic Plan* (Greater Vancouver Regional District, 1999), exigera de tenir compte du changement climatique et de planifier en conséquence. Le District régional de la capitale de Victoria, le pivot politique et administratif de la province, va probablement voir une poursuite de ces tendances démographiques et économiques. Les risques actuellement liés au climat, aussi bien dans le District régional du Grand Vancouver que dans le District régional de la capitale, sont des pénuries d'eau associées à des sécheresses fréquentes et les répercussions de phénomènes météorologiques extrêmes. On s'attend à ce que ces risques augmentent et aient des effets importants sur les infrastructures municipales (*voir la section 4.4*).

Dans le nord et le centre de la Colombie-Britannique, la prolifération actuelle de dendroctone du pin ponderosa met en évidence les liens entre le changement climatique, les cycles naturels des ravageurs et les pratiques de gestion des ressources (*voir les sections 3.3 et 4.2*). La réaction initiale à cette crise a été de doubler ou de tripler la récolte forestière afin de pouvoir tout au moins récupérer la valeur marchande des arbres infectés avant que ces derniers ne pourrissent. Malgré que des incertitudes persistent en ce qui concerne les conséquences sociales et environnementales de cette prolifération et des mesures prises à son égard, il n'en reste pas moins qu'elles constituent une source de préoccupation pour de nombreuses collectivités. Dans les régions les plus infestées, la gestion des répercussions actuelles et appréhendées de cette prolifération est devenue la question la plus pressante.

⁴ On trouvera les projections de la croissance démographique ainsi qu'une analyse et des statistiques plus détaillées à <<http://www.bctrust.gov.bc.ca/DATA/pop/popstart.asp>>, [consultation : 18 mai 2007].

⁵ Le *Treaty Commission* et le *Treaty Negotiation Process* ont été créés en 1992 en vue de favoriser la négociation de « traités justes et durables » entre les Premières nations de la province et les gouvernements du Canada et de la Colombie-Britannique (<<http://www.bctreaty.net/files/publications.php>>, [consultation : le 30 avril 2007]). Contrairement au reste du Canada, la plupart des peuples autochtones de la Colombie-Britannique n'ont jamais renoncé à leurs droits ni à leurs titres sur leurs territoires traditionnels (Tennant, 1990; Muckle, 1998). Les titres de propriété des Autochtones ont été officiellement reconnus par les tribunaux dans les années 1990 (Delgamuukw v. British Columbia, [1997] 3 S.C.R. 1010).

Le nord-est de la Colombie-Britannique connaît présentement un essor de l'exploitation du pétrole et du gaz naturel, qui a débuté dans les années 1990 et atteint son apogée en 2003 (Canadian Association of Petroleum Producers, 2005, 2006). La prospérité de la région attire des travailleurs de régions où le taux de chômage est élevé, que ce soit en Colombie-Britannique ou ailleurs au Canada. Peu de recherches ont porté sur les répercussions du changement climatique dans cette partie de la province, mais les obstacles à l'adaptation y sont probablement les mêmes que dans des régions adjacentes de l'Alberta (voir le chapitre 7).

Les collectivités situées dans la partie centre-nord de la côte de la Colombie-Britannique ont été le siège de changements sociaux et économiques importants dans les 10 à 20 dernières années, nombre d'entre elles souffrant d'un taux de chômage élevé couplé au stress social et au déclin démographique (Matthews, 2003; Ommer, 2006; Young, 2006a, b). Les collectivités du sud de la côte ont des défis semblables à relever, mais elles sont partiellement avantageées par la proximité des grands centres économiques que sont Vancouver et Victoria. L'avenir des collectivités côtières face au changement climatique et autres facteurs de stress dépendra de la diversification et du renouvellement de l'économie car toute mesure d'adaptation sera étroitement liée au développement régional. Les secteurs potentiels de diversification sont le tourisme, les forêts communautaires et l'aquaculture (BC Ministry of Environment, 1997a; Matthews et Young, 2005). Bien que tous ces secteurs aient leurs propres limites, l'aquaculture du saumon fait face à un défi particulier à cause de la nature des pratiques actuelles qui lui sont associées et qui font présentement l'objet de disputes d'ordre

politique et écologique (voir la section 3.2; BC Ministry of Environment, 1997b; Gardner et Peterson, 2003; Naylor *et al.*, 2003; Morton *et al.*, 2005; Gerwing et McDaniels, 2006).

Le sud-est de la Colombie-Britannique se divise en deux sous-régions, unifiées par le rôle central que joue l'approvisionnement en eau dans les prises de décision en matière de gestion des ressources et d'utilisation des terres. La vallée de l'Okanagan compte de très nombreux vergers et plus de 90 p.100 des exploitations viticoles de la Colombie-Britannique (Northcote, 1996; BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 1997, 2005c; Bremmer et Bremmer, 2004). Elle a connu une croissance et un développement rapides au cours des 20 dernières années, et elle soutient présentement un secteur du tourisme bien établi et une population croissante de retraités (McRae, 1997). Les ressources hydriques de la région sont déjà très sollicitées et le changement climatique ne fera qu'aggraver les pénuries d'eau à venir (voir la section 4.3; Cohen *et al.*, 2003, 2006). Une grande partie de la capacité de production d'hydroélectricité de la province est concentrée à l'est, dans la région de Columbia-Kootenay. Les répercussions du changement climatique sur l'accumulation annuelle de neige et les glaciers limiteront la quantité d'eau utilisable pour la production d'électricité dans la région, et déplaceront le moment où cette eau sera disponible. Ces changements aggraveront les problèmes de gestion de l'eau liés au défi de concilier des demandes d'eau concurrentes, aux fins d'usage domestique, de la part des secteurs de l'agriculture, des pêches, de l'industrie et du commerce, en plus des obligations envers les partenaires d'accords inter provinciaux et internationaux (Volkman, 1997; Smith *et al.*, 1998).

2 INDICATEURS DE LA VARIABILITÉ ET DU CHANGEMENT DU CLIMAT

2.1 EXPLICATION DE LA VARIABILITÉ DU CLIMAT

Deux grands phénomènes atmosphériques et océaniques ont une incidence considérable sur la variabilité du climat en Colombie-Britannique : 1) l'El Niño - oscillation australe (El Niño - Southern Oscillation, ou ENSO), et 2) l'oscillation décennale du Pacifique (Pacific Decadal Oscillation, ou PDO). Il semble s'agir de phénomènes naturels mais dont la fréquence et l'intensité varient en réaction à l'évolution du climat planétaire (Trenberth et Hurrell, 1994; Timmermann, 1999).

L'ENSO est un phénomène de la zone tropicale du Pacifique qui influe sur les régimes météorologiques planétaires, selon un cycle de 3 à 7 ans (voir le chapitre 2; Wolter et Timlin, 1993, 1998). Durant les épisodes d'El Niño à caractère chaud, les eaux des régions équatoriales du Pacifique remontent la côte ouest de l'Amérique du Nord et influent sur les températures à la surface de la mer, sur le niveau de la mer et sur le climat régional dans toute la Colombie-Britannique. C'est surtout en hiver et au printemps que les répercussions de l'ENSO sont les plus remarquables. En Colombie-Britannique, les épisodes d'El Niño entraînent un réchauffement (de 0,4° à 0,7 °C) et une baisse des précipitations, comparativement aux épisodes de La Niña qui se caractérisent par des conditions plus fraîches et plus humides (Climate Impacts Group, 2006).

L'oscillation décennale du Pacifique, de périodicité plus longue (environ 20 ans à 30 ans), a un effet comparable à l'ENSO sur la variabilité du climat, mais exerce son effet aux latitudes moyennes du nord-est du Pacifique (Mantua *et al.*, 1997). Sa phase positive (chaude) se caractérise par le réchauffement des eaux côtières dans le nord-est du Pacifique. Elle est associée à du temps légèrement plus chaud dans toute la Colombie-Britannique en hiver et au printemps, et à des effets variables sur les précipitations. La phase négative du PDO exerce un effet opposé, entraînant des conditions plus froides et humides. Le passage d'une phase de PDO à l'autre provoque des modifications importantes des régimes du climat et de l'océan, modifications dont les effets se font sentir sur les vents et les tempêtes, ainsi que sur la température et les courants de l'océan (Bond et Harrison, 2000; McPhaden et Zhang, 2002). Le PDO est passé d'une phase négative (froide) à une phase positive (chaude) en 1976 (Hare et Mantua, 2000) et, exception faite de la fin des années 1980 et du début des années 2000, s'y est maintenue.

Ces deux régimes de variabilité du climat sont liés, puisque le PDO amplifie ou atténue les effets de l'ENSO (Gershunov et Barnett, 1998; Biondi *et al.*, 2001), ce qui a une incidence non seulement sur la température et les précipitations, mais également sur l'accumulation annuelle de neige, le débit fluvial, les jours propices à la croissance, les périodes sans gel, les vents, les niveaux saisonniers de la mer et les ondes de tempête. Les effets du PDO et de l'ENSO

sur l'ouest de l'Amérique du Nord sont très répandus et ont fait l'objet de nombreux articles (p. ex., Fleming *et al.*, 2006; Stahl *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2006).

Une bonne compréhension de ces moteurs de la variabilité du climat en Colombie-Britannique s'impose dans le cas d'un grand nombre de types de planification. Le plus important est peut-être le fait que les moyennes climatiques à court terme (30 ans) ne permettent pas de se rendre compte de l'ampleur de la variabilité induite par le PDO. Deuxièmement, l'ampleur de l'influence de l'ENSO fait que les prévisions climatologiques saisonnières peuvent servir aux fins de planification opérationnelle d'une année à l'autre (American Meteorological Society, 2001). On dispose présentement pour quelques régions et certaines saisons de telles prévisions basées sur des relations statistiques avec les régimes de variabilité du climat⁶. Ces prévisions peuvent contribuer aux évaluations du risque en matière d'incendies de forêt, de sécheresses, d'approvisionnement et de besoins en eau et en énergie, d'enlèvement de la neige, d'inondations et de conditions hydrologiques. Elles constituent en outre une amélioration importante par rapport à l'utilisation des seules informations historiques. On estime que l'utilisation des prévisions saisonnières dans la planification de la gestion des réservoirs hydroélectriques sur le Columbia pourrait faire augmenter les revenus annuels d'une moyenne de 153 millions de dollars (Hamlet *et al.*, 2002).

Paléoenregistrements de la variabilité et du changement du climat

Des archives naturelles comme les sédiments des lacs et des océans, les anneaux de croissance des arbres, les glaciers et le relief du paysage donnent des indications sur la variabilité du climat et l'histoire environnementale de la Colombie-Britannique avant le début des mesures prises à l'aide d'instruments. Des recherches paléoclimatologiques intensives ont été menées en Colombie-Britannique. Selon des revues récentes, après une période de climat sec et froid vers la fin de la dernière glaciation, il y a environ 12 500 ans, le climat de la Colombie-Britannique s'est réchauffé rapidement, de 5 °C en seulement un siècle ou deux (Hebda et Whitlock, 1997; Walker et Pellatt, 2003). Par la suite, trois grandes périodes climatiques se sont succédé : 1) un climat chaud et sec datant d'il y a environ 10 000 à 7 400 ans, 2) un climat chaud et humide il y a 7 400 à 4 400 ans, 3) un climat plus froid, semblable au climat contemporain, il y a environ 4 400 ans (*voir* la figure 4).

A cette histoire du climat à long terme vient se superposer un régime complexe de variabilité du climat qui comprend : 1) des changements d'ordre climatique abrupts (Gedalof et Smith, 2001; Chang *et al.*, 2003; Chang et Patterson, 2005; Zhang et Hebda, 2005), 2) des périodes de sécheresse intense et persistante (Gedalof *et al.*, 2004; Watson et Luckman, 2004, 2005), 3) des rapports fluctuants entre l'ENSO, le PDO et le climat de la Colombie-Britannique (Gedalof *et al.*, 2002, 2004; Watson et Luckman, 2005); et 4) des périodes multiples d'avancée et de recul des glaciers de montagne (Ryder et Thomson, 1986; Luckman, 2000; Larocque et Smith, 2003, 2004; Koch *et al.*, 2004; Lewis et Smith, 2004). L'étude des glaciers révèle notamment que le taux de réchauffement actuel est sans précédent depuis 8 000 ans (Menounos *et al.*, 2004). Mis ensemble, ces enregistrements

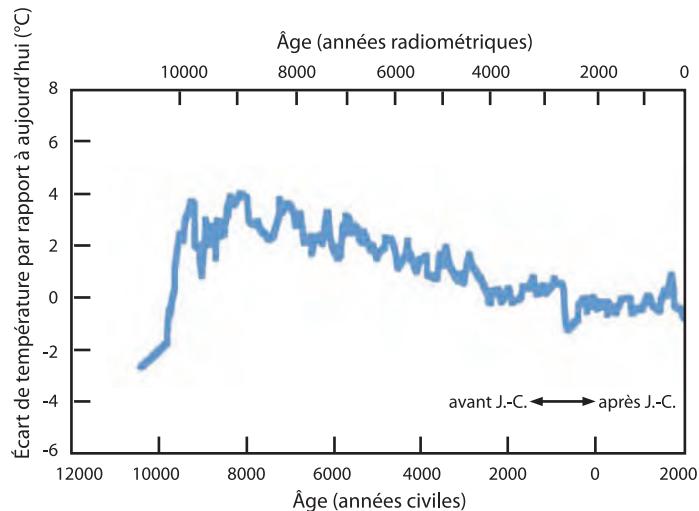


FIGURE 4 : Enregistrements déduits à partir de la température dans le sud de la Colombie-Britannique (*tiré* de Rosenberg *et al.*, 2004).

révèlent la nature dynamique du climat de la Colombie-Britannique et la forte probabilité que l'on s'attendre à des « surprises » climatiques dans l'avenir.

En ce qui concerne l'évaluation du changement climatique à venir, trois grandes leçons se dégagent de ces paléoenregistrements :

- Des changements climatiques soudains, semblables au changement de 1976, se sont manifestés souvent par le passé, tout comme des changements soudains de la circulation océanique.
- L'influence des régimes à grande échelle de la variabilité du climat (p. ex., ENSO et PDO) en Colombie-Britannique ne semble pas avoir été constante au cours des derniers siècles. En conséquence, les données recueillies à l'aide d'instruments ne reflètent probablement pas la pleine mesure de la variabilité du système climatique, qui peut répondre de façon imprévue à des changements de forçages.
- Les sécheresses intenses et durables ont été plus fréquentes au cours des derniers siècles que dans les dernières décennies. Par conséquent, on peut s'attendre à ce qu'il s'en produise d'autres dans les années à venir, qu'il y ait changement climatique ou non.

2.2 TEMPÉRATURE ET PRÉCIPITATIONS

Tendances passées

Bien que l'on dispose de quelques enregistrements climatologiques à long terme obtenus à l'aide d'instruments pour la Colombie-Britannique, la plupart des stations n'ont pas été mises en service avant 1950, ce qui représente un défi de taille si l'on veut dégager de ces données des tendances à long terme. La densité du réseau actuel de stations météorologiques (*voir* la figure 1) n'est d'ailleurs pas assez importante pour permettre de décrire avec précision le

⁶ Les prédictions météorologiques saisonnières sont offertes par divers organismes et accessibles sur Internet. Pour une liste plus complète, *voir* <<http://www.pacificclimate.org/impacts/index.php?id=6>>, [consultation : 18 mai 2007].

climat très variable de la Colombie-Britannique (Miles and Associates, 2003). Toutefois, quelle que soit la longueur de l'enregistrement, toutes les tendances révèlent que le climat de la Colombie-Britannique s'est réchauffé de façon importante au cours des dernières décennies (Zhang *et al.*, 2000; BC Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002; Whitfield *et al.*, 2002a; BC Ministry of Environment, 2006). Des enregistrements de plus longue durée semblent indiquer que les changements de la température et des précipitations dans le sud de la Colombie-Britannique et dans une grande partie de la région du nord-ouest au cours du XX^e siècle ont été supérieurs aux moyennes planétaires (Zhang *et al.*, 2000; Mote, 2003a, c). Dans la plus grande partie de la province, on a remarqué le réchauffement tant de la température moyenne annuelle (*voir la figure 5*) que de toutes les saisons en général (*voir le tableau 1*), bien qu'on constate de grands écarts régionaux et saisonniers dans les tendances (Whitfield *et al.*, 2002a). Les tendances des précipitations annuelles et saisonnières varient également selon les régions (*voir la figure 6* et le tableau 2).

TABLEAU 1 : Tendances passées de la température dans le nord, dans le sud et sur la côte de la Colombie-Britannique.

Région	Extrêmes	Saisonnière	Annuelle
C.-B.	Augmentation des chaleurs extrêmes ¹ ; diminution du nombre de journées et de nuits de froid extrême, diminution du nombre de journées de gel et augmentation du nombre de journées et de nuits de chaleur extrême ² ; Allongement de la période sans gel ³ .	Températures quotidiennes minimales et maximales plus élevées en toutes saisons; plus grand réchauffement au printemps et en hiver ³ .	L'isotherme 0 °C se déplace vers le nord ⁴ .
Sud de la C.-B.	L'intérieur se réchauffe plus que la côte ³ .	Réchauffement au printemps, à l'automne et en hiver, mais pas en été ^{5,6} .	
Nord de la C.-B.		Hivers plus doux, automnes plus frais ⁷ .	Élevation de la température moyenne annuelle ⁵ .
Côte de la C.-B.	La côte se réchauffe moins que l'intérieur ³ .	Réchauffement au printemps et à l'automne ⁸ ; réchauffement de la région du bassin de Georgia-détroit de Puget en toutes saisons, en particulier au cours des 30 dernières années ⁹ .	

¹ Bonsal *et al.* (2001)

² Vincent et Mekis (2006)

³ Pour la période de 1950 à 2003 (B. Taylor, Environnement Canada, communication personnelle, 2007)

⁴ Bonsal et Prowse (2003)

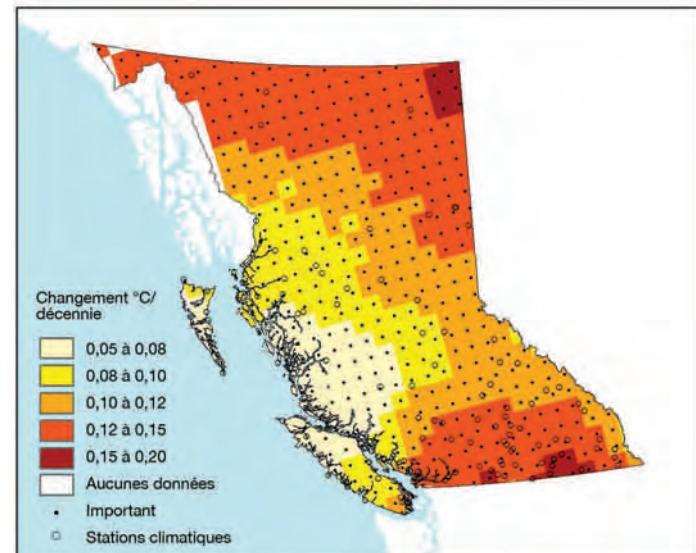


FIGURE 5 : Tendances de la température moyenne annuelle (en °C par décennie) pour la Colombie-Britannique, de 1900 à 2004. Le recours aux moyennes annuelles peut dissimuler des tendances saisonnières qui sont plus importantes que la moyenne annuelle ou, même, d'une valeur à signe opposé. Les tendances à long terme devraient être prises en considération en fonction de la variabilité du climat (*voir la section 2.1*).

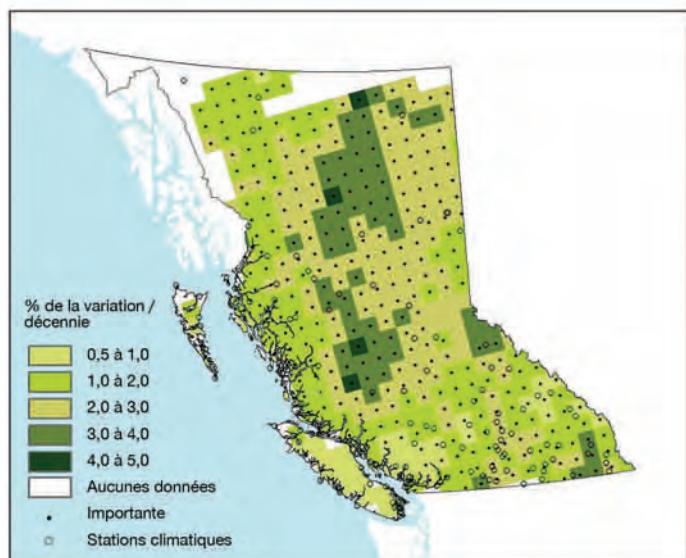


FIGURE 6 : Tendances des précipitations totales annuelles (en pourcentage de la variation d'une décennie à l'autre) pour la Colombie-Britannique, de 1900 à 2004, établies pour la période s'étendant de 1961 à 1990 (les tendances illustrées sont fonction de la normale pour un endroit donné). *Voir la figure 2 pour la moyenne de 1961 à 1990*. Le recours aux moyennes annuelles peut dissimuler des tendances saisonnières qui sont plus importantes que la moyenne annuelle ou, même, d'une valeur à signe opposé. Les tendances à long terme devraient être prises en considération en fonction de la variabilité du climat (*voir la section 2.1*).

⁵ Zhang *et al.* (2000)

⁶ Whitfield *et al.* (2002a)

⁷ Whitfield *et al.* (2003)

⁸ Whitfield et Taylor (1998)

⁹ Mote (2003a)

TABLEAU 2 : Tendances passées des précipitations dans le nord, dans le sud et sur la côte de la Colombie-Britannique.

Région	Extrêmes	Neige / Pluie	Précipitations annuelles totales	Précipitations saisonnières annuelles
C.-B.	Augmentation du nombre de jours avec précipitations, diminution du nombre de jours secs consécutifs, diminution de la moyenne des précipitations quotidiennes. Aucun changement constant dans les extrêmes ¹ .	Diminution du rapport de la neige aux précipitations totales (plus de pluie, moins de neige durant la saison froide) ² .	Légèrement plus humide ^{2,3} .	
Sud de la C.-B.	Augmentation de l'humidité des périodes de l'hiver.	Diminution des chutes de neige annuelles au cours des 50 dernières années ¹ ; augmentation du rapport de la pluie à la neige (plus de pluie, moins de neige) dans l'Okanagan ⁴ ; diminution de l'accumulation de neige annuelle au printemps et à faible altitude ^{5,6,7} .	Plus humide au XX ^e siècle, l'augmentation ayant surtout eu lieu avant 1945 ⁸ .	Plus humide au printemps, été et à l'automne ³ ; plus sec l'hiver, plus humide l'été dans l'Okanagan ⁴ ; plus sec en hiver dans l'intérieur ² .
Nord de la C.-B.		Augmentation des chutes de neige depuis les années 1950 ¹ .		
Côte de la C.-B.		Moins de neige en général, plus de 40 p.100 à certains sites ⁵ ; plus grande perte de neige sur la côte sud; plus d'endroits sans neige le 1 ^{er} avril.		Plus humide en hiver (plus de pluie) ⁹ , sauf dans le bassin de Georgia (aucune tendance de novembre à mars).

¹ Vincent et Mekis (2006)

² Pour la période de 1950 à 2003 (B. Taylor, Environnement Canada, communication personnelle, 2007)

³ Zhang *et al.* (2000)

⁴ Whitfield et Cannon (sous presse)

⁵ Mote (2003a)

⁶ Mote (2003b)

⁷ Mote *et al.* (2005)

⁸ Mote (2003c)

⁹ Whitfield et Taylor (1998)

Projections

Des modèles de circulation générale (MCG) servent à prédire les climats futurs au moyen de scénarios plausibles des émissions de gaz à effet de serre et de modèles physiques du climat qui incluent des composantes représentant l'atmosphère, les océans, les glaciers et la surface terrestre (*voir* également le chapitre 2). Le recours à un grand nombre de projections et de modèles permet de cerner les incertitudes et de produire une gamme de futurs possibles.

Dans le cas de la Colombie-Britannique, on a défini, aux fins de la présente évaluation, trois grandes régions de scénarios (nord, sud et côte) basées sur de grandes mailles (environ 100 km²) de MCG. Les scénarios pour les années 2020, 2050 et 2080 sont affichés sous la forme de changements par rapport aux moyennes climatologiques pour la période de 1961 à 1990 en ce qui concerne la température (*voir* la figure 7a) et les précipitations (*voir* la figure 7b). Les scénarios de précipitations par saison⁷ pour la Colombie-Britannique semblent indiquer que les conditions seront plus humides en hiver et au printemps sur presque toute la province, mais plus sèches en été dans le sud et sur la côte.

Il est possible d'obtenir des scénarios de résolution spatiale à plus grande échelle au moyen de modèles climatiques régionaux (MCR). Par contre, les coûts de calcul limitent généralement les MCR à un plus petit nombre de scénarios que l'on en a présentés ci-dessus. Les études par réduction d'échelle, comme le programme ClimateBC (University of British Columbia, n.d.) qui fait appel à des données

historiques et d'élévation à haute résolution pour produire des prévisions statistiques, offrent également une meilleure résolution spatiale (*voir* la section 3.6 pour l'application aux adaptations adoptées dans les parcs; Hamann et Wang, 2005).

2.3 PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES EXTRÊMES ET PHÉNOMÈNES LIÉS AU CLIMAT

Plus que tout autre risque climatique, ce sont les phénomènes météorologiques extrêmes et autres phénomènes qui les accompagnent qui touchent plus directement les habitants de la Colombie-Britannique. Les tempêtes de vent, les incendies de forêt, les ondes de tempête, les glissements de terrain, les tempêtes de neige, la grêle et les inondations ont tous d'importantes répercussions sur les collectivités, les infrastructures et l'industrie (Hamlet, 2003; Sandford, 2006). La section 4 traite des répercussions des divers phénomènes extrêmes d'ordre climatique ainsi que des étapes pouvant mener à l'adaptation à ces phénomènes (*voir* également les sections 3.7 et 3.8). On signale dans le monde entier une augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes, et les modèles climatiques prévoient que leur fréquence continuera d'augmenter (Easterling *et al.*, 2000; Milly *et al.*, 2002; Palmer et Rälsänen, 2002; Schumacher et Johnson, 2005). Dans l'ouest de l'Amérique du Nord, les incendies de forêt sont devenus plus fréquents et plus violents avec le récent réchauffement du climat

⁷ Voir <<http://www.pacificclimate.org>>, [consultation : 18 mai 2007].

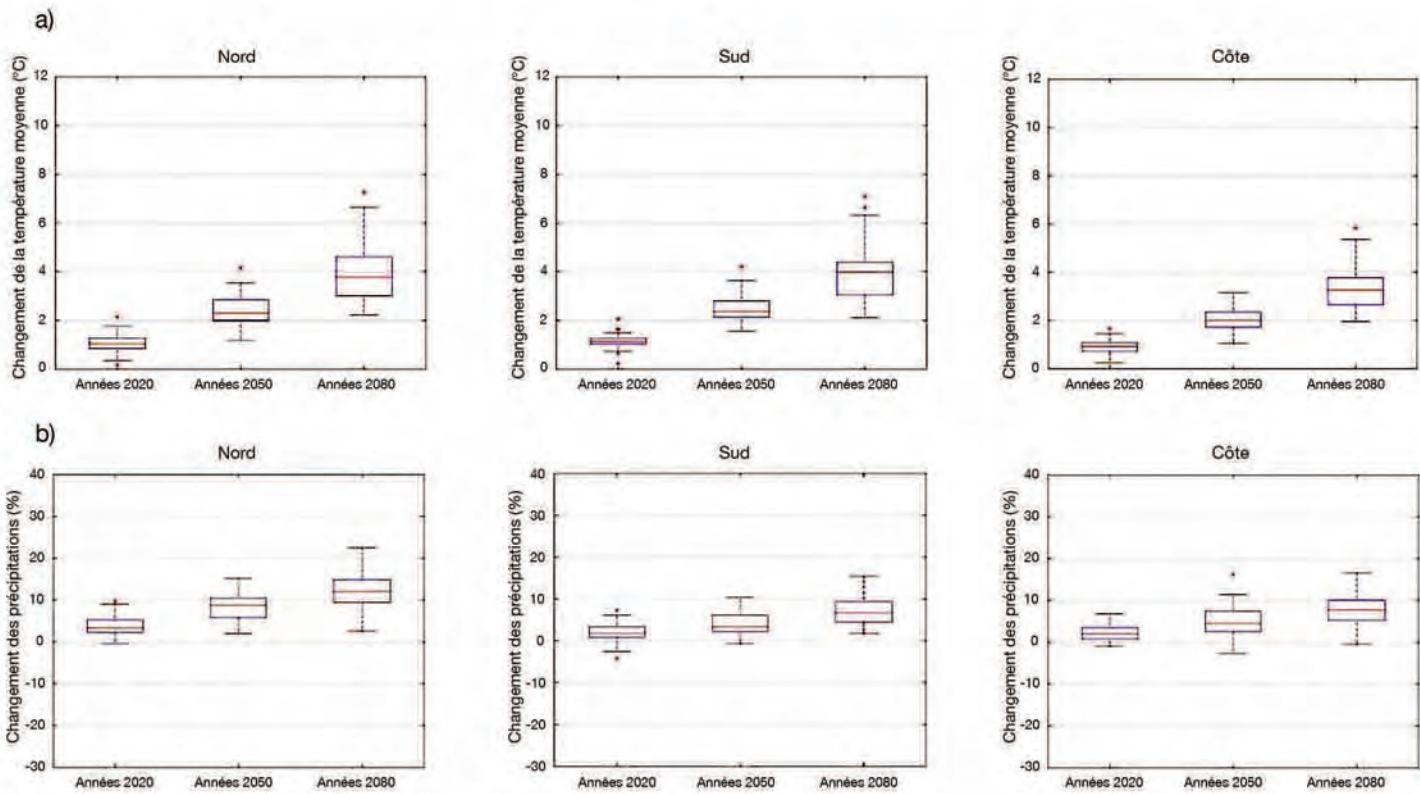


FIGURE 7 : Changements prévus pour les années 2020, 2050 et 2080, par rapport au climat de 1961 à 1990, pour a) la température (°C) et b) les précipitations (%). Voir l'annexe 1 au chapitre 2 pour la description des tracés en rectangle et en moustaches.

(Gedalof *et al.*, 2005; Westerling *et al.*, 2006) et on prévoit que cette tendance se maintiendra dans l'ouest du Canada (Gillett *et al.*, 2004; Flannigan *et al.*, 2005).

Le programme provincial d'intervention en cas d'urgence (BC-Provincial Emergency Program, ou BC-PEP) de la Colombie-Britannique tient un registre des phénomènes météorologiques extrêmes qui causent des pertes économiques et personnelles consécutives à des dommages aux infrastructures. De 2003 à 2005, la fréquence, la gravité et les coûts des phénomènes extrêmes qui figurent au registre du BC-PEP ont considérablement augmenté en raison des feux de forêt, des ondes de tempête, des sécheresses et des pluies abondantes qui ont entraîné des inondations et des glissements de terrain. Les hivers plus chauds donnent lieu à des embâcles, à des pluies verglaçantes et à des épisodes de pluie sur neige qui entraînent également des pertes économiques. Ces phénomènes coûtent aux contribuables de la Colombie-Britannique 86 millions de dollars par année en moyenne sous la forme d'aide financière en cas de catastrophes, comparativement à une moyenne de 10 millions de dollars par année de 1999 à 2002 (Whyte, 2006). Cette augmentation concorde avec l'accroissement des risques associés aux phénomènes d'ordre météorologique selon la Base de données canadienne sur les désastres (McBean et Henstra, 2003; Sécurité publique Canada, 2006).

2.4 HYDROLOGIE

Les changements hydrologiques régionaux sont liés aux tendances de la température et des précipitations (voir les tableaux 2 et 3 et les sections 3.1 et 4.3). D'importantes élévations de la température ont entraîné une réduction de l'accumulation annuelle de neige même dans les bassins alimentés surtout par la fonte des neiges où les

TABLEAU 3 : Tendances régionales de l'écoulement des cours d'eau en Colombie-Britannique.

Lieu	Tendance des cours d'eau
Tendances provinciales	<ul style="list-style-type: none"> • Décalages des débits et des transitions saisonnières¹ • Avancement du ruissellement du printemps^{2,3} • Élevation de la température des rivières⁴
Côtes	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des débits en hiver^{5,6} • Diminution des débits à la fin de l'été⁵
Nord	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du débit toute l'année, en particulier l'hiver⁷
Sud	<ul style="list-style-type: none"> • Allongement de la période de débits faibles à la fin de l'été et au début de l'automne¹ • Allongement des périodes de débit faible¹ • Augmentation des débits au début de l'hiver (intérieur sud)¹

¹ Leith et Whitfield (1998)

² Whitfield et Taylor (1998)

³ Whitfield *et al.*(2002b)

⁴ Whitfield et Cannon (2000)

⁵ Zhang *et al.* (2000)

⁶ BC Ministry of Water, Land and Air Protection (2002)

⁷ Whitfield *et al.* (2003)

ENCADRÉ 1

Glaciers de la Colombie-Britannique : une ressource naturelle qui s'amenuise

Les glaciers sont une source importante d'eau douce dans l'Ouest canadien, puisque le ruissellement glaciaire alimente les cours d'eau, atténue les variations des températures de nombreuses rivières de l'Ouest canadien (Fleming, 2005; Fleming et Clark, 2005; Moore, 2006) et vient s'ajouter au ruissellement de surface durant l'été lorsque les écosystèmes aquatiques sont très vulnérables et que l'utilisation de l'eau est à son point maximum. Par exemple, dans le bassin du Columbia, 10 p.100 à 20 p.100 du volume annuel et 50 p.100 du volume d'été proviennent des glaciers (Brugman *et al.*, 1996).

En 2005, les glaciers recouvriraient 3 p.100 de la Colombie-Britannique (30 000 km²) et reculaient à une vitesse sans précédent depuis 8 000 ans (Lowell, 2000). La plupart des glaciers alpins de la Colombie-Britannique fondent rapidement et un grand nombre pourrait même disparaître d'ici 100 ans. Les données sur la vitesse et l'ampleur du recul des glaciers sont importantes aux fins de gestion et de planification des ressources hydriques nécessaires à la consommation humaine, à l'irrigation, à l'industrie et à la production d'hydroélectricité ainsi qu'aux besoins des écosystèmes fluviaux. On s'attend à ce que le changement climatique et l'augmentation de la demande en eau aggravent les déséquilibres actuels entre la demande et l'approvisionnement (Environnement Canada, 2004). La baisse des débits estivaux due à une réduction de la fonte des glaciers, combinée à l'utilisation croissante de l'eau pour l'irrigation et la production d'énergie à des fins de climatisation en été, représente l'un des défis les plus importants au chapitre des ressources hydriques en Colombie-Britannique, une province qui semble pourtant riche en eau.

précipitations nettes ont augmenté (Mote, 2003a, b; Stewart *et al.*, 2004). La réduction de l'accumulation annuelle de neige a une incidence sur le volume et le moment où les débits fluviaux atteindront leurs maximums; la couverture de glace d'un grand nombre de lacs et de rivières persiste moins longtemps (BC Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002) et fond plus tôt au printemps (Bonsal *et al.*, 2001). La glace d'un grand nombre de rivières de la Colombie-Britannique fond maintenant plus tôt (Zhang *et al.*, 2001a), une tendance qui va se maintenir selon les projections du climat (Barnett *et al.*, 2005). Un autre phénomène qui a des répercussions importantes sur l'hydrologie de la région est la fonte rapide des glaciers alpins dont un bon nombre pourrait disparaître dans les 100 prochaines années (*voir l'encadré 1*).

L'analyse pour la totalité de la région nord-ouest révèle que les tendances passées des débits fluviaux se maintiendront dans les années à venir et que la glace de nombreuses rivières fondera 30 à 40 jours plus tôt d'ici à 2100 (Stewart *et al.*, 2004). La hausse des températures et des précipitations fera réduire l'accumulation annuelle de neige et augmenter le ruissellement en hiver dans la plus grande partie de la Colombie-Britannique (Hamlet et Lettenmaier, 1999; Mote et Hamlet, 2001). La réduction de l'accumulation annuelle de neige et l'avancement de la fonte, combinés à une augmentation de l'évapotranspiration, feront en sorte que les cours d'eau atteindront leur débit de pointe plus tôt au printemps et que l'écoulement baissera d'avril à septembre. Par exemple, d'ici à 2045, dans le bassin du Columbia, le ruissellement d'avril à septembre pourrait diminuer de 10 p.100 à 25 p.100 selon une simulation réalisée à l'aide d'un cas de référence hydrologique (Hamlet et Lettenmaier, 1999). Ces répercussions sur l'hydrologie

toucheront plusieurs secteurs économiques clés de la Colombie-Britannique, dont la production d'hydroélectricité (*voir la section 3.7*), les pêches (*voir la section 3.2*) et l'agriculture (*voir la section 3.4*).

Le changement climatique a également une incidence sur les réseaux d'eaux souterraines, en particulier dans les aquifères peu profonds (Rivera *et al.*, 2004). Même de petits changements de la température et du niveau de précipitations exercent un effet sur le taux de recharge des eaux souterraines et sur la hauteur de la nappe d'eau (p. ex., Changnon *et al.*, 1988; Zektser et Loaiciga, 1993). Une réduction de l'écoulement fluvial aura un effet fâcheux à la fois sur la recharge et sur la décharge des eaux souterraines (Scibek et Allen, 2006). Comme la décharge des eaux souterraines a pour effet de modérer les températures des cours d'eau, une réduction en été de cette décharge provoquerait une élévation de la température des eaux de surface encore plus importante que si elles n'étaient réchauffées que par l'air ambiant. Dans les régions côtières, le changement climatique aura également des répercussions sur la qualité des eaux souterraines en raison de l'infiltration d'eau salée consécutive à l'élévation du niveau de la mer (p. ex., Lambrakis et Kallergis, 2001; Yin, 2001).

2.5 NIVEAU DE LA MER

À l'échelle de la planète, l'élévation du niveau eustatique moyen de la mer a été de 10 cm à 20 cm au cours du XX^e siècle, et on s'attend à ce qu'il monte encore de 18 cm à 59 cm d'ici à 2100 en raison, surtout, de la fonte des glaciers et des inlandsis, et aussi de la dilatation thermique résultant du réchauffement de l'eau de mer (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007). Toutefois, la tendance de l'élévation du niveau relatif de la mer en Colombie-Britannique diffère de cette tendance planétaire à cause des déplacements verticaux des terres. Au cours du XX^e siècle, le niveau de la mer a monté de 4 cm à Vancouver, de 8 cm à Victoria et de 12 cm à Prince Rupert, et baissé de 13 cm à Tofino (BC Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002). L'élévation du niveau de la mer est un problème important en Colombie-Britannique, car elle a une incidence sur les infrastructures côtières comme les routes, les réseaux d'égouts et les terminaux maritimes, de même que sur l'aéroport international de Vancouver. À titre d'exemple, une élévation arbitraire de 1 m du niveau de la mer aurait pour résultat d'inonder plus de 4 600 ha de terres agricoles et plus de 1 500 ha de zones urbaines à caractère industriel et résidentiel en Colombie-Britannique (Yin, 2001). Environ 220 000 personnes habitent dans des régions situées à proximité ou sous le niveau de la mer à Richmond et à Delta dans le District régional du Grand Vancouver; elles sont protégées par un réseau de digues long de 127 km et conçu de façon à faire face à l'élévation du niveau de la mer (B. Kangasneimi, BC Ministry of Environment, communication personnelle, 2007). Bien des collectivités côtières éloignées et des sites patrimoniaux des Premières nations sont vulnérables à une érosion accrue et à des inondations attribuables aux ondes de tempête, elles-mêmes liées à l'élévation du niveau marin. Enfin, la hausse du niveau de la mer peut entraîner l'infiltration d'eau salée dans les aquifères d'eau douce et ainsi avoir une incidence sur la qualité et la quantité des approvisionnements en eau potable et d'irrigation (Liteanu, 2003; Allen, 2004).

Sur la côte de la Colombie-Britannique, la hauteur atteinte par les épisodes de hauts niveaux d'eau extrêmes causant des dommages augmente plus rapidement que l'élévation du niveau de la mer (p. ex., 22 cm à 34 cm par siècle à Prince Rupert, 16 cm par siècle à

Vancouver; BC Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002; Abeyisirigunawardena et Walker, sous presse). À Tofino, où le niveau relatif de la mer a baissé, les phénomènes de hauts niveaux extrêmes n'ont guère varié. Les niveaux marins extrêmes, les ondes de tempête et l'érosion côtière accrue sont fortement influencés par l'ENSO et le PDO (Storlazzi *et al.*, 2000; Dingler et Reiss, 2001; Allan et Komar, 2002; Abeyisirigunawardena et Walker, sous presse). Les niveaux d'eau extrêmes ont beaucoup monté depuis que le PDO est entré dans une phase positive en 1976 (Abeyisirigunawardena et Walker, sous presse). Lors des épisodes El Niño de 1982-1983 et de 1997-1998, le niveau de la mer a monté jusqu'à 100 cm au-dessus de la moyenne, de la Californie à l'Alaska (Subbotina *et al.*, 2001), et des vagues plus violentes ont entraîné une érosion côtière et des dommages aux infrastructures importants (Storlazzi *et al.*, 2000; Allan et Komar, 2002). Sur la côte nord de la Colombie-Britannique, le niveau de la mer a monté de 10 cm à 40 cm au-dessus des hauteurs saisonnières en 1997-1998, occasionnant une importante érosion par endroits (Crawford *et al.*, 1999; Barrie et Conway, 2002).

2.6 ÉCOSYSTÈMES

Le changement climatique a également un effet sur la répartition des écosystèmes et sur la biodiversité (voir les sections 3.2, 3.3 et 3.6). Plusieurs thèmes ressortent d'une vaste gamme d'études :

- On a assisté par le passé à de brusques modifications de l'abondance et de la répartition du saumon du Pacifique, de la sardine, de l'anchois, du dendroctone du pin ponderosa et du cèdre rouge de l'Ouest en réaction à des changements d'ordre climatique relativement mineurs (Robinson et Ware, 1994; Hebda, 1999; Ware et Thomson, 2000; Brown et Hebda, 2002, 2003; Wright *et al.*, 2005). De telles modifications pourraient avoir d'importantes répercussions sociales et économiques (voir les sections 3.2 et 3.3).
- On s'attend à de grands changements des aires de répartition des espèces (Royal BC Museum, 2005a), qui amèneraient celles-ci à l'extérieur de leurs aires de répartition actuelles (Shafer *et al.*, 2001). Chaque espèce réagira à sa façon, et les communautés végétales résultantes pourraient ne plus ressembler aux communautés actuelles (Brubaker, 1988; Gavin *et al.*, 2001).
- Bon nombre d'habitats spécialisés de la Colombie-Britannique (p. ex., écosystèmes alpins, déserts, steppe froide) diminueront en étendue et deviendront plus fragmentés (Shafer *et al.*, 2001).
- La capacité du réseau de zones protégées de la Colombie-Britannique de maintenir la biodiversité sera mise à l'épreuve, car des barrières naturelles (eau, montagne) et anthropiques (fragmentation du paysage) feront obstacle à la migration de nombreuses espèces (voir la section 3.6; Overpeck *et al.*, 1991; Dyer, 1995; Lemieux et Scott, 2005).
- La fréquence et la violence des feux de friche augmenteront dans les décennies à venir (Flannigan *et al.*, 2001; Gillett *et al.*, 2004; Gedalof *et al.*, 2005; Westerling *et al.*, 2006), situation susceptible de représenter une menace pour certains écosystèmes, tandis que d'autres (p. ex., le chêne de Garry et autres forêts de pin ponderosa), qui se régénèrent habituellement après un incendie, pourraient étendre leur aire de répartition (Agee, 1993; McKenzie *et al.*, 2004).

- On s'attend à ce que les grandes infestations de ravageurs, comme le dendroctone du pin ponderosa et le dendroctone de l'épinette, se poursuivent et gagnent du terrain à mesure que la planète se réchauffe. Cet état de choses menace de plus en plus des espèces croissant en altitude, comme le pin à blanche écorce et le pin gris dans tout l'Ouest canadien (voir la section 4.2; Logan et Powell, 2001).

2.7 RÉSUMÉ

Les principales conclusions sur le changement climatique actuel et futur en Colombie-Britannique sont les suivantes :

- Les changements majeurs de la variabilité et des extrêmes du climat sont inhérents au système et devraient se poursuivre. Le changement climatique survenu au cours du XX^e siècle en Colombie-Britannique a dépassé la plupart des tendances planétaires, tout en faisant preuve d'une grande variabilité régionale.
- Des régimes de variabilité à grande échelle, dont l'ENSO et le PDO, ont une forte influence sur le climat de la Colombie-Britannique. Les phénomènes météorologiques extrêmes qui leur sont associés sont à la hausse, de même que les coûts des dommages qu'ils entraînent.
- La hausse des températures a provoqué une diminution de l'accumulation annuelle de neige à bien des endroits, en particulier en basse altitude.
- Les glaciers de la Colombie-Britannique reculent à une vitesse sans précédent depuis 8 000 ans, ce qui aura une incidence sur les besoins actuels et futurs en eau et en énergie, sur le secteur agricole et sur les écosystèmes aquatiques.
- Des reconstitutions de la végétation révèlent que chaque espèce végétale réagit à sa façon au changement climatique. Les changements écologiques à venir seront complexes et se manifesteront peut-être rapidement.
- Les températures de la Colombie-Britannique pourraient s'élèver de 2 °C à 7 °C d'ici à 2080. Parmi les répercussions biophysiques figureront une élévation du niveau de la mer, un changement de la fréquence et de l'ampleur des précipitations et des phénomènes extrêmes, de grands changements au niveau de l'hydrologie et une restructuration des écosystèmes.
- Des prévisions climatiques saisonnières qui tiennent compte des effets de l'ENSO et du PDO sont utiles aux fins de planification opérationnelle d'année en année, mais elles sont présentement sous-utilisées.
- Les enregistrements obtenus à l'aide d'instruments qui servent à calculer les normales et tendances climatiques, et les probabilités de manifestation de phénomènes extrêmes (inondation, sécheresse, tempête) couvrent souvent une période trop courte, présumant que les conditions sont immuables et, par conséquent, ne conviennent pas vraiment à bon nombre d'objectifs de planification.

3 RÉPERCUSSIONS SUR LES SECTEURS ET CAPACITÉ D'ADAPTATION

Les répercussions des changements biophysiques sur la société de la Colombie-Britannique dépendent de facteurs économiques et sociaux à l'échelle autant locale que régionale. La vulnérabilité des personnes et des collectivités aux risques du changement climatique est fonction de leur exposition physique aux dangers naturels, de leur interdépendance avec les milieux naturels (p. ex., ressources naturelles) et de leur capacité d'adaptation (*voir* le chapitre 2; Dolan et Walker, 2007). Bien que la tendance vers une économie plus diversifiée améliore la capacité d'adaptation de l'économie de l'ensemble de la Colombie-Britannique au changement climatique et autres facteurs de stress, il est peu probable que cette diversification soit également répartie entre les régions et les secteurs.

Le changement climatique aura une incidence sur le développement économique de la Colombie-Britannique par ses répercussions sur les ressources naturelles de la province (p. ex., forêts, eau et milieu sauvage), sur la répartition géographique des activités d'utilisation optimale des terres (p. ex., cultures à fort rapport économique, cultures fourragères, foresterie commerciale) et les coûts sociaux et économiques de l'augmentation prévue de phénomènes météorologiques extrêmes.

Les sections suivantes traitent des répercussions du changement climatique sur les divers secteurs économiques de la Colombie-Britannique et, le cas échéant, des mesures d'adaptation actuelles et possibles pour les années à venir.

répercussions importantes sur l'approvisionnement en eau et les pêches de la région. L'augmentation du débit durant les mois d'hiver et l'avancement de la saison d'inondation provoqueront une diminution du débit en été, période où les besoins d'irrigation sont à leur maximum. La diminution du débit en été aura également des répercussions sur la production d'hydroélectricité et sur l'habitat du saumon. Selon à peu près tous les scénarios de changement climatique, il sera difficile d'atteindre les objectifs actuels de gestion de la production d'hydroélectricité et les débits minimaux requis par le secteur des pêches (Payne *et al.*, 2004). Dans le bassin du Fraser, l'allongement de la période de basses eaux risque de faire monter la température estivale des cours d'eau de près de 2 °C, ce qui aurait de graves conséquences sur les pêches (Morrison *et al.*, 2002; Loukas *et al.*, 2004). La section 4.3 traite des scénarios hydrologiques pour la vallée de l'Okanagan et des répercussions sur le secteur des pêches.

Malgré la disponibilité des résultats de quelques recherches ayant trait aux répercussions du changement climatique sur l'hydrographie des bassins des rivières Liard et de la Paix, dans le nord-est de la Colombie-Britannique (*voir* Cohen, 1997), on n'a pas tenu compte de ce dernier dans les plans de gestion en place. Par exemple, bien que le plan d'utilisation des eaux de la rivière de la Paix comprenne une réduction des émissions de gaz à effet de serre à titre d'objectif de gestion, il n'envisage pas d'options de gestion ayant trait aux changements hydrologiques induits par le changement climatique (BC Hydro, 2004).

Eaux souterraines

Environ 600 000 personnes (22 p.100 de la population de la Colombie-Britannique) tirent leur eau potable des eaux souterraines (BC Ministry of Environment, Lands and Parks, 1993). Les secteurs agricoles et industriels, et donc l'irrigation, les pâtes et papiers, les établissements de pisciculture, les usines de transformation des aliments, les mines, les industries chimique et pétrochimique, les parcs et les aéroports sont des usagers importants des eaux souterraines de la province (Liebscher, 1987). À ce jour, plus de 600 aquifères ont été cartographiés et classifiés selon le système de classification des aquifères de la Colombie-Britannique⁸.

Outre les répercussions directes du changement climatique sur les nappes d'eaux souterraines et la qualité de l'eau (*voir* la section 2.4), on s'attend à une augmentation de la demande dans les régions de la province où les réseaux d'eau de surface ne suffisent pas à répondre aux besoins en prélèvements et débits minimums. À certains endroits, il pourrait devenir nécessaire d'approfondir les puits pour avoir accès à des aquifères plus profonds qui soient moins sensibles au changement climatique (Rivera *et al.*, 2004).

3.1 GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Lorsqu'il s'agit des ressources en eau, leur gestion et leur utilisation sont très sensibles à la variabilité et au changement du climat. Les gestionnaires des eaux devront faire face au défi de répondre à toute une série d'attentes souvent concurrentes (énergie, irrigation, navigation, lutte contre les inondations, normes de débit minimal, etc.) dans des conditions d'approvisionnement et de demande variables.

Eaux de surface

La Colombie-Britannique dispose d'immenses ressources en eau et renferme approximativement le tiers des eaux de surface du Canada. L'incidence du changement climatique sur la gestion des ressources en eaux de surface a fait l'objet d'une considération toute particulière dans le bassin du Columbia (*voir* Hamlet et Lettenmaier, 1999; Mote *et al.*, 1999; Miles *et al.*, 2000), y compris en ce qui a trait aux questions transfrontalières (Cohen *et al.*, 2000; Hamlet, 2003; Payne *et al.*, 2004). Tel qu'indiqué plus haut (*voir* la section 2.4), les changements hydrologiques attribuables au climat, dont la diminution de l'accumulation annuelle de neige et l'avancement des périodes de pointe de la fonte des neiges, ont des

⁸ Le site web <http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_sustain/groundwater/aquifers/index.html>, [consultation : 30 avril 2007] fournit des renseignements au sujet des aquifères en Colombie-Britannique et offre un lien à la base de données sur la classification des aquifères (Aquifer Classification Database).

3.2 PÊCHES

Le secteur des pêches et de l'aquaculture, qui inclut la pêche sportive, la pêche commerciale, l'aquaculture et les usines de transformation des produits de la mer, emploie environ 20 000 personnes un peu partout en Colombie-Britannique (voir le tableau 4; BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005a). En 2004, les produits de la mer de la Colombie-Britannique avaient une valeur en gros de 620 millions de dollars pour les produits bruts et de 1,1 milliard de dollars pour les produits transformés (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005a). La pêche sportive, étroitement liée au secteur du tourisme (voir la section 3.5), crée environ 8 900 emplois et contribue pour environ 233 millions de dollars par année au PIB provincial, ce qui en fait l'élément le plus important du secteur des pêches (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2002). L'aquaculture compte en Colombie-Britannique 700 sites autorisés pour l'élevage de 30 espèces de poissons, de mollusques et crustacés et de plantes marines. Les ventes dans ce domaine ont rapidement progressé, passant de 3 millions de dollars en 1983 à plus de 212 millions de dollars en 2005 (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005a). Néanmoins, la contribution du secteur des pêches au PIB provincial a été inférieure à 1 p.100 en 2001 (BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 2006).

Le secteur des pêches et des espèces comme le saumon du Pacifique sont également des éléments importants (in sensu Garibaldi et Turner, 2004) du tissu social, culturel, juridique et écologique de la Colombie-Britannique (Pearse, 1982; Glavin, 1996). La durabilité du secteur des pêches et l'état et les tendances du saumon sauvage en particulier sont considérés comme des éléments essentiels au maintien de l'intégrité de l'écosystème. Cependant, les garanties constitutionnelles de l'accès des peuples autochtones à cette ressource en vue de répondre à leurs besoins alimentaires, culturels et sociaux font du maintien et du rétablissement de la pêche traditionnelle dans toute la Colombie-Britannique des éléments clés lors des négociations de traités (Raunet, 1984; Harris, 2001). C'est pourquoi les impacts économiques sur le secteur des pêches auront

des conséquences importantes sur les activités d'autres secteurs (p. ex., agriculture, forêt, mines, énergie et urbanisation).

Au cours du xx^e siècle, le secteur des pêches de la Colombie-Britannique a changé en réaction à de nombreux facteurs (voir l'encadré 2), dont la variabilité du climat. On a défini les rapports qui existent entre la variabilité du climat et de nombreuses variables physiques propres aux populations de poissons de la Colombie-Britannique aussi bien en milieu dulcicole (Northcote, 1992) que marin (King, 2005; Pêches et Océans Canada, 2006a). Ces rapports mettent en évidence le fait que le changement climatique provoquera des réactions très diverses chez les poissons et dans le secteur des pêches de la Colombie-Britannique.

La sensibilité au changement et à la variabilité du climat diffère beaucoup entre les espèces dont la durée de vie est courte, comme la crevette, le saumon, le hareng et la sardine, et celles qui vivent plus longtemps, comme le panope du Pacifique, la perche et le flétan (Pêches et Océans Canada, 2001). Les espèces à durée de vie courte réagissent rapidement au changement climatique, et des populations peuvent disparaître ou se rétablir sans avertissement, ainsi qu'on a pu le constater avec les sardines (Hargreaves *et al.*, 1994), le hareng (Schweigert, 1993) et le saumon (McKinnel *et al.*, 2001; Hyatt *et al.*, 2003; Riddell, 2004; Pêches et Océans Canada, 2006b, c). Le fait que les régimes de production des espèces à durée de vie plus longue qui sont attribuables au climat ou à la pêche changent lentement, quelquefois sur une période de dix ans ou plus, permet de mieux prévoir le rendement de la pêche, comme dans le cas du flétan (Clarke et Hare, 2002). Ces différences entre les espèces auront donc une incidence sur les décisions en matière d'adaptation.

ENCADRÉ 2

Tendances du secteur des pêches en Colombie-Britannique

Le flétan, le hareng, la sardine, le merlu et le saumon sont les principaux poissons pêchés en Colombie-Britannique depuis la fin des années 1800 (Pêches et Océans Canada, 2001). La pêche au saumon a dominé sur le plan socioéconomique pendant la plus grande partie du dernier siècle. Dans les années 1980, les prises ont été exceptionnelles, puis elles ont connu des minimums extrêmes durant les années 1990 (Beamish et Noakes, 2004) en raison des changements en matière de productivité marine (Hare et Mantua, 2000; Beamish *et al.*, 2003) et d'objectifs des organismes de gestion (p. ex., protéger la biodiversité; Hyatt et Riddell, 2000; Irvine *et al.*, 2005), et d'une baisse des prix du saumon sauvage imputable à la concurrence accrue de l'aquaculture (Noakes *et al.*, 2002). À l'heure actuelle, les prises d'espèces sauvages sont stables (surtout les poissons de fond et les invertébrés) ou en déclin (p. ex., saumon), alors que la production de l'aquaculture est à la hausse, contribuant pour 50 p.100 à la valeur économique du secteur (Pêches et Océans Canada, 2001). En dépit de l'évolution des conditions, le secteur des pêches a maintenu une valeur au débarquement moyenne de 550 millions de dollars (plage de 380 à 720 millions) depuis 1985 (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2002).

TABLEAU 4 : Secteurs des pêches et de l'aquaculture en Colombie-Britannique (BC Ministry of Agriculture and Lands 2005a).

Secteur	Revenus du secteur (millions de dollars)	Contribution au produit intérieur brut de la C.-B. (millions de dollars)	Contribution à l'emploi en C.-B. (milliers d'emplois)
Pêches commerciales	358	170	5,4
Aquaculture	287	116	1,9
Transformation des produits de la mer	602	82	3,9
Pêche sportive	675	233	8,9
Total pour le secteur	1 922	601	20,1

La réaction du secteur des pêches au changement climatique variera beaucoup d'une région à l'autre (Ware et McFarlane, 1989; Ware et Thomson, 2005). Dans les écosystèmes dulcicoles, le changement climatique touche déjà la quantité (niveau des lacs, débit des cours d'eau) et la qualité (température, éléments nutritifs) des apports d'eau saisonniers et annuels autour du bassin de Georgia (Whitfield *et al.*, 2002b; Quilty *et al.*, 2004) et dans le bassin du Fraser (Morrison *et al.*, 2002), de même que dans l'intérieur sud de la Colombie-Britannique (voir les sections 2.4 et 3.1). Il entraîne ainsi des perturbations du cycle biologique et de la production des salmonidés résidents et migrateurs (Levy, 1992; MacDonald *et al.*, 2000; Hyatt *et al.*, 2003).

Le détroit de Georgia et la zone de remontée d'eau côtière à l'ouest de l'île de Vancouver alimentent certaines des pêches maritimes les plus riches de la Colombie-Britannique (Ware et McFarlane, 1989). Des études de périodes préhistoriques (Wright *et al.*, 2005) et historiques (Pêches et Océans Canada, 2006a) révèlent que la dominance des espèces dans ces régions varie beaucoup, le saumon, le hareng et le merlu résident étant les plus abondants lorsque les eaux sont froides, le merlu migrateur et des espèces « exotiques » comme le maquereau, le thon et même le calmar de Humboldt remontant du sud quand les eaux sont chaudes (Pêches et Océans Canada, 2006a). L'expérience démontre que, pour ce qui est des gains, de bonnes prises de merlu migrateur (Ware et McFarlane, 1995), de sardine (McFarlane et Beamish, 1998) et de thon dans un climat plus chaud ne compenseront pas immédiatement les pertes subies en raison de l'effondrement de la pêche du saumon (Hyatt *et al.*, 2003; Pêches et Océans Canada, 2006a), espèce à fort rapport économique (voir le tableau 5). En outre, les pêches d'eau froide établies disposent d'infrastructures développées (capacité de capture et de transformation, marchés et réseaux de gestion des pêches établis) qui font défaut au secteur des pêches d'espèces exotiques. Les collectivités qui dépendent du secteur des pêches connaîtront probablement une augmentation des bouleversements économiques et du stress social à mesure que le changement climatique se poursuivra, les pertes subies par les pêches traditionnelles dépassant les gains provenant des efforts consacrés à en développer de nouvelles ou à les remplacer par l'aquaculture. Cet état de choses inquiète en particulier les petites collectivités côtières qui dépendent énormément des pêches traditionnelles (Ommer, 2006, 2007).

On connaît moins bien l'incidence du climat sur les pêches du bassin de la Reine-Charlotte. Par le passé, le réchauffement de l'eau, la perturbation des régimes de production (p. ex., Ware et Thomson, 2005) et les espèces exotiques n'y ont pas causé le déclin visible du hareng et du saumon. En fait, on a même des raisons de croire que ces espèces auraient proliféré durant les périodes chaudes (Boldt *et al.*, 2005).

Une grande quantité de saumons de la Colombie-Britannique poursuivent leur croissance pendant un à quatre ans en haute mer dans le golfe d'Alaska, et un changement climatique dans cette région aura un effet sur la répartition du saumon (p. ex., déplacement vers la mer de Bering, Welch *et al.*, 1998). Des changements de la stratification thermique, de l'apport d'éléments nutritifs et de la production primaire (Behrenfeld *et al.*, 2006) ou même l'acidification de l'océan (Raven *et al.*, 2005) pourraient avoir une influence considérable sur la production de saumon et sur le secteur des pêches de toute la Colombie-Britannique. On ne

TABLEAU 5 : Prises totales et âge maximal des poissons dont dépendent les principales pêches (valeur au débarquement de plus de 1 million de dollars) sur la côte ouest du Canada en 2002 (extrait modifié tiré de BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 2002; King et McFarlane, 2003).

Groupe d'espèces	Âge maximal du poisson (ans)	Poids total (tonnes métriques)	Valeur ¹ au débarquement (millions de dollars, 1985 à 2002)	Valeur ¹ approximative en 2002 (millions de dollars)
Sébaste	58 à 205	15 236	10	
Morue charbonnière	113	3 947	25	21
Perche de mer	100	6 179	5	6
Flétan du Pacifique	55	6 096	30	43
Goberge	33	1 044	1	
Morue-lingue	25	1 984		
Morue du Pacifique	25	708	4	1
Merlu du Pacifique	23	22 347	12	12
Hareng du Pacifique	15	27 725	60	50
Sardine	13	800		
Thon albacore	10	233		
Saumon quinnat et coho	4-8	540	500	600
Saumon rouge	7	8 670	100	40
Saumon kéta	7	2 780	20	3
Saumon rose	3	7 160	20	5
Total			787 millions de dollars	781 millions de dollars

¹ Il est à noter que ces valeurs sont les valeurs au débarquement de toutes les espèces sauf les saumons quinnat et coho pour lesquels la pêche sportive dans les eaux marines et tidales rapporte beaucoup plus.

connaît pas les conséquences ultimes de changements aussi complexes, mais on peut s'attendre à ce que les pêches du sud soient probablement exposées à un plus grand risque de pertes que celles du nord dans les années à venir.

Adaptation

Au cours des 15 dernières années, trois enquêtes publiques (Pearse et Larkin, 1992; Fraser River Sockeye Public Review Board, 1995; Williams, 2005) se sont penchées sur les causes, les conséquences et les solutions du problème causé par le déclin rapide de la production et de la récolte des salmonidés de types coho du sud, arc-en-ciel et rouge du Fraser (Pêches et Océans Canada, 2006b). À elles seules, les pertes économiques de la pêche commerciale au saumon rouge ont été estimées à 72 millions de dollars en 2002,

seuil qui a probablement été dépassé en 2004 (Cooke *et al.*, 2004). Chacune de ces enquêtes a mis en lumière un ensemble complexe de facteurs qui sont intervenus dans ce déclin, y compris les pertes de production associées au changement climatique et les incertitudes sur le plan de la gestion qui en découlent. Le déclin du saumon dans le Fraser, et ailleurs, a stimulé des initiatives visant la sensibilisation des organismes et de la société à l'importance de protéger la capacité de production des habitats pour les espèces sauvages et les pêches, étant donné le danger que constitue la croissance démographique rapide et la menace grandissante que représente le changement climatique en Colombie-Britannique (Pacific Fisheries Resource Conservation Council, 2006). Sans adaptation, de grandes régions de l'intérieur de la Colombie-Britannique et du bassin de Georgia pourraient connaître une poursuite de la diminution, voire l'élimination, du saumon. Dans ces régions, les impacts cumulatifs de l'activité humaine (Slaney *et al.*, 1996), auxquels s'ajoutent les changements du débit et de la température attribuables au changement climatique (Rosenau et Angelo, 2003), ont en effet déjà causé des problèmes importants de maintien des populations de poisson et des habitats. Les conflits entre le respect des besoins d'habitats pour la pêche et les besoins en eau d'autres secteurs (p. ex., mines, agriculture, énergie, urbanisation) vont très certainement s'intensifier dans les années à venir.

La perception des impacts du climat sur les pêches par rapport à des facteurs non climatiques varie beaucoup chez les groupes de gestionnaires, d'Autochtones, d'organismes de loisirs et d'entreprises commerciales. Des discussions multipartites tenues récemment dans le cadre de colloques semblent indiquer que les gens se rendent de plus en plus compte que le secteur des pêches ne reviendra probablement pas à son état antérieur (Interis, 2005) et qu'il faudrait adopter diverses mesures d'adaptation pour faire face aux défis du changement climatique. On compte parmi les mesures d'adaptation précises mentionnées : 1) réduire le taux de récolte pour résérer des marges de manœuvre à des fins de conservation, étant donné que la productivité des stocks est de plus en plus variable (Mantua et Francis, 2004); 2) consolider les mesures de protection et de restauration des habitats prises par tous les secteurs, en vue d'améliorer la durabilité des prises; 3) accroître la production de saumon en établissement de pisciculture, pour contrer le déclin de la capacité de production des habitats dulcicoles ou marins; 4) assujettir les réseaux fluviaux à des permis et des mesures de réglementation; 5) favoriser la mise en place plus rapide du secteur de l'aquaculture afin de répondre à la demande du marché en produits que la pêche de capture ne parvient pas à remplir. Il faudra peut-être adopter une série de mesures d'adaptation différente selon que les espèces récoltées ont une durée de vie courte ou longue, ou que l'on passe d'une pêche bien établie (p. ex., saumon, hareng) à celle d'espèces encore relativement non exploitées (p. ex., maquereau, calmar). Ces mesures pourraient prendre la forme de permis autorisant la récolte d'espèces multiples de durée de vie courte ou longue, ou d'une augmentation des investissements en vue d'accélérer la création d'infrastructures de transformation, de mise en marché et de gestion des nouvelles pêches.

3.3 FORESTERIE

Les 62 millions d'hectares de forêt de la Colombie-Britannique fournissent une large gamme de valeurs et de services sociaux, culturels, économiques et biologiques (Gagné *et al.*, 2004; Association des produits forestiers du Canada, 2006). On exploite chaque année environ 0,3 p.100 des forêts de la province et, en ce qui a trait aux pratiques de gestion en place, la lutte contre les incendies de forêt est la seule à laquelle on procède pour le moment sur une grande partie du territoire.

À l'heure actuelle, dans les forêts de la Colombie-Britannique, il y a surtout de vieux arbres, situation qui rend les forêts plus sujettes aux perturbations causées par le feu et les ravageurs (Cammell et Knight, 1992; Dale *et al.*, 2001; Volney et Hirsh, 2005). Le changement climatique est considéré comme l'un des facteurs responsables de l'augmentation récente des incendies (Gillett *et al.*, 2004) et des infestations de dendroctone du pin ponderosa (Carroll *et al.*, 2004), et de la brûlure des aiguilles (Woods *et al.*, 2005). Comme on l'a vu lors des incendies de Kelowna et de Barriere en 2003, les feux de forêt ont une incidence directe sur la propriété et la sécurité (Volney et Hirsh, 2005), et leurs répercussions sur la santé se font sentir à de grandes distances de l'incendie. Les répercussions économiques et sociales du dendroctone du pin ponderosa sont traitées en détail à la section 4.2. On s'attend à ce que la poursuite du changement climatique augmente encore davantage les risques de perturbation et attire d'autres ravageurs, comme le charançon du pin blanc (Sieben *et al.*, 1997). Dans les forêts côtières, l'augmentation prévue du nombre et de l'intensité des tempêtes fera croître le taux de dommages dus au vent. Les régions plus sèches de l'intérieur sud pourraient connaître des problèmes de régénération à cause de l'augmentation des sécheresses en été.

Le changement climatique a une influence directe sur les communautés d'essences du fait que les conditions optimales de croissance de peuplements locaux peuvent correspondre à des plages relativement étroites (Rehfeldt *et al.*, 1999, 2001; Parker *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2006). Par conséquent, bien que des essences puissent survivre à leur emplacement actuel malgré le changement climatique, leur taux de croissance pourrait changer et elles pourraient devoir subir la concurrence d'autres essences mieux adaptées au nouveau climat. Les aires de répartition possibles se déplacent vers les latitudes et altitudes plus élevées (Cumming et Burton, 1996; Hebd, 1997; Hansen *et al.*, 2001; Hamann et Wang, 2006). Par contre, cette migration sera contrainte par les obstacles au déplacement, la lenteur du processus de migration, l'absence de sols convenables ou le manque d'habitat (Stewart *et al.*, 1998; Gray, 2005). Dans l'ensemble, on s'attend à ce que les pertes de productivité des peuplements naturels et plantés surviennent dans les régions plus sèches et plus chaudes de la Colombie-Britannique, tandis que l'on devrait réaliser des gains modestes dans le nord (Rehfeldt *et al.*, 1999, 2001; Spittlehouse, 2003; Johnson et Williamson, 2005).

Le changement climatique aura un impact direct sur les activités forestières. Les changements s'opérant au niveau de la productivité auront des répercussions sur l'âge d'exploitation, la qualité du bois, le volume de bois et la taille des billots. L'accès au bois d'œuvre pourrait être restreint durant l'hiver en raison des conditions plus chaudes et plus humides, et durant l'été en raison de l'augmentation du risque d'incendie. Une augmentation de la fréquence et de

l'intensité des précipitations extrêmes aura des répercussions sur la conception et l'entretien des chemins forestiers (Bruce, 2003; Spittlehouse et Stewart, 2003), et augmentera la probabilité de glissements de terrain et de coulées de débris (Wieczorek et Glade, 2005). Les répercussions sur le secteur forestier seront également régies par les changements survenant dans le domaine technologique, les questions d'ordre commercial et l'évolution des préférences des consommateurs qui s'opéreront en même temps que le changement climatique. Les produits de pays où la production devrait bénéficier de façon importante du changement climatique, situés en particulier en Amérique du Sud et en Océanie, remplacent déjà ceux de la Colombie-Britannique sur le marché international (Perez-Garcia *et al.*, 2002; Sohngen et Sedjo, 2005). De tels changements auront des répercussions sur la dynamique de l'offre et de la demande dans le secteur forestier.

Adaptation

La longue période de croissance qui précède l'exploitation d'une forêt signifie que l'approvisionnement en bois des cinquante prochaines années, ou plus, est déjà en place. C'est pourquoi les mesures d'adaptation à court terme concerneront surtout les activités d'exploitation. Déjà, l'augmentation des perturbations dues aux incendies et aux insectes a fait que la récolte comprend plus d'arbres récupérés, tendance qui se poursuivra dans les années à venir (Spittlehouse et Stewart, 2003; Volney et Hirsch, 2005). En matière de gestion des forêts, l'adaptation devra également tenir compte des répercussions du changement climatique autres que celles qui touchent directement les ressources en bois d'œuvre, afin de maintenir la biodiversité et d'assurer la continuité du paysage (*voir* Harding et McCullum, 1997; Stenseth *et al.*, 2002; Mote *et al.*, 2003; Moore *et al.*, 2005). En outre, l'augmentation de la concurrence de la part d'essences mieux adaptées au nouveau climat pourrait obliger le recours à des pratiques de gestion accrues des essences existantes (Parker *et al.*, 2000; Spittlehouse et Stewart, 2003; Spittlehouse, 2005).

Parmi les mesures d'adaptation à plus long terme figure la modification des pratiques de reboisement, en particulier le choix des essences puisque celles qui conviennent le mieux aux nouvelles conditions d'un emplacement désigné ne seront plus les mêmes (Rehfeldt *et al.*, 1999; Parker *et al.*, 2000; Spittlehouse et Stewart, 2003). Wang *et al.* (2006) ont démontré que, dans un scénario de changement climatique d'envergure moyenne en Colombie-Britannique, les zones où l'on peut semer le pin tordu latifolié se trouvent décalées vers le nord de plusieurs centaines de kilomètres. Par contre, il devient difficile d'assortir les essences plantées au nouveau climat, puisque ce dernier continuera d'évoluer durant la durée de vie du peuplement. Dans un tel cas, planter des essences à large plage thermique pourrait aider à assurer une productivité continue à certains emplacements de la Colombie-Britannique (Wang *et al.*, 2006).

Bien que les conditions météorologiques et le climat fassent partie des éléments que les responsables de la gestion forestière se doivent de prendre en considération, les politiques actuelles portant sur l'utilisation et la préservation des forêts reposent plutôt sur une compréhension de l'évolution des forêts s'étant déroulée au sein des conditions climatiques antérieures. Il se peut que ceci limite la capacité du secteur à répondre de façon optimale tant aux répercussions négatives que positives du changement climatique sur différentes régions forestières. Pour l'instant, rien n'oblige officiellement à inclure des mesures d'adaptation au changement

climatique dans les plans de gestion forestière, et on ne dispose que de peu de personnel expérimenté pour mener ce type d'activités (Spittlehouse et Stewart, 2003; Spittlehouse, 2005). Comme les forêts de la Colombie-Britannique se trouvent en plus grande partie sur des terres de la Couronne, l'élaboration des politiques, l'établissement des objectifs de gestion et l'approbation des plans de gérance des entreprises forestières sont du ressort du gouvernement provincial. Ce dernier établit également les normes de sélection des essences et de transfert et d'entreposage des semences, attribue des terres aux parcs et aux aires à l'état sauvage, et se charge de maintenir les forêts en bonne santé et d'établir des parcelles de surveillance de la croissance. Dans ce contexte, Spittlehouse (2005) a souligné le besoin d'effectuer une évaluation plus détaillée de la vulnérabilité au changement climatique et d'élaborer et d'appliquer des mesures d'adaptation aux fins de gestion forestière. La section 4.2.2 résume les interventions du ministère des Forêts et des Pâtures de la Colombie-Britannique, qui constituent la première étape en ce sens.

3.4 AGRICULTURE

Le relief montagneux de la Colombie-Britannique et la diversité de son climat font que seulement 4,5 p.100 du territoire est cultivable. La protection de cette ressource limitée a été un des principaux facteurs de la création d'une réserve de terres agricoles de 4,7 millions d'hectares en 1974, un outil institutionnel utile pour aider à gérer et à maintenir les ressources agricoles de la province dans le contexte du changement climatique et d'autres besoins.

En fabriquant plus de 200 produits, l'industrie agroalimentaire de la Colombie-Britannique crée directement et indirectement environ 290 000 emplois, ce qui représente environ 14 p.100 de la main-d'œuvre de la province (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005a). L'industrie primaire est d'une importance relativement petite, mais ses retombées dans les domaines de la transformation, de la vente en gros et au détail, et dans le secteur de la restauration atteignent une valeur de plus de 22 milliards de dollars par année au chapitre des ventes au consommateur (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005b). La province produit de quoi répondre à près de 60 p.100 de ses besoins alimentaires (Smith, 1998). Elle exporte des produits alimentaires d'une valeur de plus de 3,4 milliards de dollars (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005a, b). La production agricole se concentre dans les collectivités rurales et assure une stabilité aux économies rurales axées sur les ressources locales.

La vulnérabilité du secteur agricole en Colombie-Britannique découle du jeu entre certains changements donnés du climat et des questions d'ordre mondial ou régional, y compris les marchés nouveaux et concurrents, et les coûts de production et de transport (Heinberg, 2003). Les tendances récentes du secteur agricole sont un déclin de son rôle dans l'économie de la Colombie-Britannique, une augmentation de sa dépendance à l'égard des importations d'autres parties du Canada, des États-Unis et du Mexique, une augmentation de la production en pépinière et en serre, un déclin de la capacité de transformation des aliments, une augmentation des préoccupations quant à la salubrité des aliments et une diminution de la demande des consommateurs en produits à base de viande (BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005a). Parmi les risques d'ordre non climatique auxquels fait face le secteur de l'agriculture, on compte, entre autres, la perte de terres arables au profit de l'aménagement du territoire et de l'urbanisation, une compétitivité accrue du marché mondial et des marchés difficiles à gérer et à prévoir.

On a déjà évalué les conséquences potentielles du changement climatique sur l'agriculture en Colombie-Britannique (voir le tableau 6) en ayant recours au jugement d'experts (ZebARTH *et al.*, 1997). Dans toutes les régions de la province, avec des saisons de croissance plus longues et des hivers plus doux, on devrait disposer de davantage de types de cultures possibles se prêtant à la production économique. L'augmentation des besoins en irrigation prévue sur la côte sud et dans l'intérieur sud pourrait entraîner des pénuries d'eau, provoquées par la réduction des précipitations et de la capacité de stockage de l'eau, et par la concurrence créée par une population urbaine en pleine croissance. On a considéré l'intérieur nord et la région de la rivière de la Paix comme les régions les plus prometteuses pour l'expansion agricole, puisque de grandes superficies de terres présentement non cultivées y conviennent de plus en plus à l'agriculture. Toutefois, le manque d'infrastructures pour l'approvisionnement en eau et le transport, et l'éloignement des marchés s'avèrent des obstacles au développement agricole dans ces régions.

Il est probable que les régions de production agricole devront se transformer pour s'ajuster à un climat en évolution et que certains producteurs pourront en profiter pour entreprendre de nouvelles cultures, peut-être plus rentables (ZebARTH *et al.*, 1997). En Colombie-Britannique, les régions de production végétale sont définies par la productivité du sol, l'approvisionnement en eau et le climat. Les cultures annuelles sont restreintes par la longueur de la saison de croissance et par le nombre d'unités thermiques (degrés-jours de croissance, ou DJC); les cultures de vivaces sont limitées surtout par les températures minimales en hiver, mais aussi par la longueur de la saison de croissance et les DJC. L'utilisation actuelle des terres agricoles repose sur l'expérience à long terme et est régie par le climat et la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes (Caprio et QuAMME, 1999, 2002, 2006). Dans un scénario de changement climatique d'envergure modérée, le changement prévu des DJC (Royal BC Museum, 2005a) révèle que, d'ici à 2020, il sera possible de cultiver des céréales, des choux et des pommes de terre (1 000 à 1 500 DJC) sur la plus grande partie du plateau de

TABLEAU 6 : Restrictions actuelles et futures imposées par le climat à la production agricole (ZebARTH *et al.*, 1997).

Région côtière sud				
Type d'agriculture	Secteur agricole actuel	Restrictions attribuables au climat	Impacts du changement de la température à venir	Impacts du changement des précipitations à venir
Horticulture	Petits fruits : framboise, fraise, bleuet Légumes de plein champ : maïs, pomme de terre, chou, laitue	Vivaces : manque d'humidité l'été, plus d'irrigation requise Framboises : plants endommagés par le flux arctique en hiver Légumes de plein champ : températures basses, conditions de sol humide au printemps	Étés plus chauds : augmentation de la productivité Hivers plus doux : allongement de la saison de croissance; augmentation de la viabilité du poivron d'Amérique, des melons et des choux d'hiver, et double récolte	L'augmentation des précipitations en hiver pourrait restreindre la production des annuelles dans les sols gorgés d'eau Diminution des précipitations en été : pourrait exiger plus d'irrigation La réduction des maladies due aux conditions plus sèches favoriserait la production de petits fruits
Plantes fourragères	Graminées : paturage, foin, produits d'ensilage Maïs d'ensilage	Graminées: plants endommagés par le flux arctique en hiver Plantes fourragères : manque d'humidité en été, irrigation requise sur l'île de Vancouver	Printemps plus doux : récolte précoce des plantes fourragères Nouvelles espèces fourragères résistantes à la chaleur requises	L'augmentation des précipitations du printemps pourrait limiter la récolte et la qualité des plantes fourragères Étés chauds et secs : pourraient exiger plus d'irrigation dans la vallée du Fraser
Serre	Légumes : concombre, tomate, poivron d'Amérique Plantes ornementales		Hivers plus doux : réduction des frais de chauffage, augmentation des espèces tropicales Étés plus chauds : augmentation des frais de climatisation	
Autres répercussions			Augmentation des ravageurs : survie des ravageurs et de leurs maladies en hiver; plus de cycles biologiques	Inondation, drainage des sols, compaction des sols, augmentation du lessivage des substances chimiques d'origine agricole

TABLEAU 6 : (suite)

Région intérieure sud				
Climat actuel : Température annuelle moyenne: 2 à 5 °C Précipitations annuelles moyennes : 250 à 540 mm Période sans gel : 110 à 180 jours				
Type d'agriculture	Secteur agricole actuel	Restrictions attribuables au climat	Impacts du changement de la température à venir	Impacts du changement des précipitations à venir
Horticulture	Vivaces : pomme, poire, pêche, prune, cerise, raisin de cuve Légumes de plein champ : tomate, poivron d'Amérique, aubergine, concombre	Vivaces : manque d'humidité l'été, plus d'irrigation requise; plants endommagés par le flux arctique en hiver Légumes de plein champ : manque d'humidité l'été, pourraient exiger plus d'irrigation	Hivers plus doux : allongement de la saison de croissance; nouvelles variétés qui exigent une saison de culture plus longue; réduction du risque de dommages par le froid Printemps précoce : augmentation du risque de gel Étés plus chauds : augmentation du risque d'obtenir des fruits de mauvaise qualité Étés plus chauds : raisin de meilleure qualité	L'augmentation des précipitations en hiver pourrait maintenir les sols humides et réduire le risque de dommages par le froid aux racines; pourrait améliorer la disponibilité de l'humidité au printemps Diminution des précipitations l'été : pourrait exiger plus d'irrigation Réduction des maladies dues aux conditions sèches; réduction du fendillement des cerises
Plantes fourragères	Graminées : paturage, foin, ensilage Autres : luzerne, maïs, céréales Grands pâturages secs	Manque d'humidité l'été, pourraient exiger plus d'irrigation Des températures basses en hiver pourraient limiter la production	Printemps plus doux : allongement de la saison de croissance : plus de récoltes de plantes fourragères, plus de pâtures Nouvelles espèces viables qui requièrent de la chaleur (maïs d'ensilage)	
Serre	Légumes : concombre, tomate, poivron d'Amérique Plantes ornementales		Hivers plus doux : diminution des frais de chauffage	
Autres répercussions			Augmentation du risque de pénurie d'eau aux fins d'irrigation Augmentation des ravageurs : survie des ravageurs et de leurs maladies en hiver; plus de cycles de vie	Augmentation du risque de pénurie d'eau aux fins d'irrigation

Région intérieure nord				
Climat actuel : Température annuelle moyenne: 2 à 5 °C Précipitations annuelles moyennes: 450 à 600 mm Période sans gel : 110 à 180 jours				
Type d'agriculture	Secteur agricole actuel	Restrictions attribuables au climat	Impacts du changement de la température à venir	Impacts du changement des précipitations à venir
Plantes fourragères	Graminées : paturage, foin, ensilage Céréales Grands pâturages naturels	Manque d'humidité l'été : de l'irrigation pourrait être requise Des températures basses l'hiver pourraient restreindre la production De courtes saisons de croissance limitent les choix de culture	Printemps plus doux : allongement de la saison de croissance, augmentation de la productivité, saison de pâture plus longue Nouvelles espèces viables qui requièrent de la chaleur (maïs d'ensilage)	
Autres répercussions			Augmentation du risque de pénurie d'eau aux fins d'irrigation Augmentation des ravageurs : survie des ravageurs et de leurs maladies en hiver; plus de cycles de vie	Augmentation du risque de pénurie d'eau aux fins d'irrigation

¹ sauf en août (augmentation de 5 p. 100)

l'intérieur, de même que du maïs et des tomates (1 500 à 2 000 DJC) le long du Fraser, en remontant jusqu'à Prince George. D'ici les années 2050, le nombre de DJC sera assez élevé pour permettre la culture du maïs et des tomates dans la région de la rivière de la Paix et dans les vallées côtières du nord. Pour bien comprendre les changements qui s'opèrent au niveau de l'aptitude d'une région quelconque à se prêter à l'agriculture, en particulier celle des vivaces, il faut évaluer la durée des saisons de croissance à venir, déterminer les températures minimales extrêmes qu'elles peuvent endurer en hiver et calculer le potentiel d'irrigation de régions où l'eau est limitée. Il faudra également établir des cartes pédologiques détaillées des régions non cultivées. L'évaluation des éventuels régimes d'utilisation des terres devra aussi tenir compte des microclimats créés par le relief, qui détermineront, en fin de compte, les régions où seront pratiquées les cultures (p. ex., Bowen *et al.*, 2006).

Dans toutes les régions de la Colombie-Britannique, la possibilité d'une augmentation des sécheresses en été, accompagnée d'une diminution des ressources en eau, pose des difficultés pour l'irrigation (ZebARTH *et al.*, 1997; Neilsen *et al.*, 2004a, b). Dans les régions qui dépendent beaucoup, ou entièrement, de l'irrigation, comme le bassin de l'Okanagan, la production commerciale exige qu'on puisse accéder à l'eau au moment opportun afin d'assurer la qualité des produits et de protéger l'investissement en plants d'espèces vivaces. Les risques associés aux sécheresses sont fonction de la gravité et de la fréquence de celles-ci (Neilsen *et al.*, 2006). Dans le cas de l'Okanagan (*voir* la section 4.3.2) et d'autres régions, une importante mesure d'adaptation du secteur de l'agriculture sera probablement le recours à des pratiques d'irrigation soucieuses de la conservation de l'eau (Neilsen *et al.*, 2001, 2003), comme l'irrigation déficitaire qui consiste à faire un arrosage insuffisant en vue d'améliorer la qualité des cultures et de réduire la consommation (Dry *et al.*, 2001).

Bien qu'on ne dispose que de peu de données sur le sujet pour la Colombie-Britannique, une élévation des températures en été et en hiver pourrait également entraîner l'introduction de nouveaux ravageurs et de nouvelles maladies agricoles.

Perception du risque et adaptation

Les producteurs agricoles sont habitués à faire face à l'incertitude en ce qui concerne les conditions météorologiques, les marchés, les ravageurs et les maladies, et le revenu potentiel. Des sondages menés dans la région de l'Okanagan ont révélé que les producteurs sont confrontés à des risques liés aux conditions météorologiques, aux incertitudes du marché et aux répercussions des ravageurs et des maladies sur la qualité et la quantité des cultures (*voir* la section 4.3.2; Belliveau *et al.*, 2006a, b). Les réponses aux risques d'ordre météorologique peuvent être à court ou à long terme, allant de l'adoption de pratiques spécifiques au besoin de faire des choix en matière de transformation ou de produits (Belliveau *et al.*, 2006a, b). Une stratégie de gestion du risque adoptée pour régler un problème donné risque d'en aggraver un autre par inadvertance. Par exemple, le programme d'arrachage de vignes, en 1988, et celui de la replantation de pommiers à partir de 1992 ont augmenté la vulnérabilité aux risques climatiques (*voir* la section 4.3.2). Les programmes de soutien, comme le Programme canadien de stabilisation du revenu agricole, pourraient encourager les producteurs à ne pas adopter des mesures d'adaptation susceptibles

de réduire les risques (Belliveau *et al.*, 2006b). En règle générale, les programmes de protection du revenu sont une bonne chose en cas de perte de culture causée par le mauvais temps, mais sont moins efficaces pour protéger les fermiers contre les pertes causées par des effets plus subtils sur la qualité des récoltes ainsi que par le changement climatique persistant et à plus long terme.

3.5 TOURISME ET LOISIRS

Le tourisme est, après le secteur forestier, le deuxième secteur économique le plus important en Colombie-Britannique, totalisant environ 5,8 milliards de dollars en 2003 et 9,5 milliards de dollars en 2004 (BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 2005b; Tourism BC, 2005a). Le secteur du tourisme crée plus de 117 500 emplois, soit environ 7 p.100 de tous les emplois de la province (Hallin, 2001; Tourism BC, 2005a). Alors que Vancouver et Victoria sont les principales destinations urbaines, les visiteurs sont également attirés par les montagnes de la Colombie-Britannique et les régions côtières. Bon nombre de collectivités axées sur les ressources naturelles considèrent maintenant le tourisme comme un moyen de restructuration économique, rendu nécessaire par le déclin des forêts et des pêches (Reed et Gill, 1997).

Les paysages, les régions à l'état sauvage et la faune de la Colombie-Britannique, de même que ses possibilités de chasse et de pêche, favorisent une industrie du tourisme florissante axée sur la nature et l'aventure. En 2001, la contribution des activités touristiques axées sur la nature au PIB de la province a été de 783 millions de dollars, et ce secteur touristique a rapporté 1,55 milliard de dollars en revenus (y compris les retombées; Tourism BC, 2005a, b) grâce surtout aux centres de villégiature et aux nombreux parcs et zones protégées de la Colombie-Britannique (*voir* la section 3.6).

Les effets du changement climatique sur les destinations touristiques se font déjà sentir. Dans le sud de l'intérieur, plus sec, les sécheresses et les incendies de forêt de l'été 2003 ont entraîné la fermeture d'un bon nombre de grandes routes de transport en Colombie-Britannique et détruit des récoltes de fruits et de raisins de cuve dans les vallées de l'Okanagan et de la Thompson-Nord.

L'agrotourisme dans les vignobles et les vergers en a souffert, et les revenus hôteliers de la région ont diminué de 3 p.100 (Council of Tourism Associations, 2004). Ces régions et ces exploitations peuvent s'attendre à une augmentation de la fréquence des sécheresses dans les années à venir.

Le recul prévu de la limite des neiges permanentes sous l'effet du réchauffement (Scott, 2003a, b, 2006a) aura des répercussions sur les centres de ski de toute la province. Par exemple, le recul des glaciers alpins, qui permettent d'offrir des activités de ski hors saison, aura des conséquences sur les stations comme Whistler-Blackcomb. Des chutes de neige insuffisantes réduisent en outre le nombre de jours favorables au ski dans les stations comme Grouse, à Vancouver, et aux montagnes Seymour et Cypress (Scott *et al.*, 2005).

L'élévation du niveau de la mer et l'augmentation des risques d'érosion et d'inondation qui l'accompagne auront une incidence sur le tourisme dans les collectivités côtières (Craig-Smith *et al.*, 2006) et, donc, sur le réseau de transport, l'entretien des marinas et les activités de dragage, la sécurité des bateaux, le transport en hydravion, les résidences secondaires de loisir et les centres de villégiature. On trouvera à la section 3.2 les principales répercussions sur les pêches côtières qui concernent aussi la pêche sportive.

Adaptation

Les exploitations touristiques florissantes sont, de par leur nature, dynamiques et aptes à s'adapter aux changements environnementaux ou autres. Cette capacité d'adaptation semble indiquer que le secteur dispose des ressources nécessaires pour réagir aux impacts du changement climatique (Scott *et al.*, 2003). Les mesures d'adaptation font typiquement intervenir des réactions à court terme, comme des stratégies de commercialisation qui visent à modifier le comportement des touristes, et une planification à long terme visant à s'adapter aux répercussions locales du changement climatique. Cependant, le changement climatique ne constitue qu'un seul parmi plusieurs facteurs auxquels les activités touristiques doivent s'adapter. Les autres facteurs importants sont la concurrence sur le marché, la fluctuation du taux de change et les changements en matière d'exigences, d'intérêts et de profil démographique des touristes (Uysal, 1998). On applique déjà des mesures d'adaptation telles que le marketing de relance, la modification d'image ou la diversification des activités. Tofino, par exemple, qui est depuis longtemps une destination touristique estivale recherchée de la côte ouest de l'île de Vancouver, attire maintenant des touristes qui veulent observer les tempêtes hivernales (Dewar, 2005).

Une stratégie d'adaptation importante pour le tourisme tributaire des conditions météorologiques consiste à répartir le risque en diversifiant les activités offertes et en réduisant la dépendance à une seule saison d'activité. Les stations de ski se sont adaptées au changement climatique récent en fabriquant de la neige et en offrant des activités qui n'en ont pas besoin (Scott *et al.*, 2003; Scott, 2006b). Faire de la neige exige beaucoup de capital et des ressources en eau qui, dans de nombreuses régions, sont déjà menacées. Les grandes corporations qui possèdent plusieurs stations peuvent plus facilement s'adapter que les petites entreprises, car elles obtiennent plus facilement des capitaux pour les réaménagements et sont moins touchées par de mauvaises conditions à un site donné. Une saison de ski plus longue et plus prévisible grâce à la fabrication de la neige peut réduire les risques financiers en hiver et davantage stimuler la diversification, ce qui, en retour, permet d'attirer des investissements immobiliers et d'infrastructures tout au long de l'année (Scott, 2006b). Par exemple, la station Whistler-Blackcomb s'est diversifiée en offrant des activités en toute saison, dont le golf, le vélo tout terrain et la randonnée alpine. Dans certains cas, ces activités font appel aux mêmes infrastructures que le ski en hiver.

Parmi les autres grandes mesures d'adaptation, on compte des mesures améliorées de réduction des risques associés aux dangers naturels et une meilleure gestion et préparation aux situations d'urgence afin d'être en mesure de faire face aux inondations, glissements de terrain et avalanches qui risquent de se produire étant donné des conditions automnales et hivernales plus humides et plus douces.

3.6 PARCS ET ZONES PROTÉGÉES

Parmi toutes les provinces, c'est en Colombie-Britannique que l'on trouve la plus grande biodiversité et certains des écosystèmes les plus vulnérables et les plus fragmentés. La Colombie-Britannique compte 859 zones protégées, soit plus de 13 p.100 du paysage (environ 12,6 millions d'hectares). Ce n'est que depuis peu qu'on

commence à tenir compte des répercussions du changement climatique dans les parcs nationaux canadiens, par exemple en définissant des géoindicateurs clés qui permettent de suivre l'évolution des changements (Welch, 2002, 2005). Il reste encore à prendre en considération les répercussions sur l'intégrité de l'écosystème des migrations d'espèces et des grands décalages des biomes qu'entraînera probablement le changement climatique (Scott et Lemieux, 2005). Comparativement aux régions terrestres, les zones protégées marines sont sous-représentées, puisque moins de 1 p.100 des eaux de la Colombie-Britannique sont complètement protégées. Les répercussions du changement climatique sur la température de surface de la mer, sur la migration et la diversité des espèces ainsi que sur la productivité de l'océan n'ont presque pas été prises en considération lors de la planification et de la gestion des zones protégées marines.

On a eu recours au programme ClimateBC pour simuler les effets des changements de la température et des précipitations à une échelle réduite de 1 km², à l'intérieur de certaines zones protégées (voir le tableau 7; Hamann et Wang, 2005; Wang *et al.*, 2006), en vue d'évaluer les réactions possibles de l'écosystème. Il faut remettre ces résultats modélisés dans le contexte de la dynamique passée de l'écosystème, des changements des régimes de perturbation (incendies, espèces envahissantes, ravageurs), des objectifs de gestion des terres et des besoins humains en ressources afin de mieux étayer ces évaluations et afin qu'elles puissent, en fin de compte, contribuer à l'élaboration de plans de gestion de l'adaptation visant plusieurs objectifs.

Dans les parcs de la Colombie-Britannique, les principales activités humaines sont le tourisme, l'utilisation des ressources traditionnelles par les Autochtones, l'exploitation des parcs comme telle et la recherche. Les principaux risques du changement climatique auxquels le réseau des parcs devra faire face sont : 1) la détérioration et la fragmentation des écosystèmes alpins et subalpins en raison de l'élévation des températures (Scott et Suffling, 2002; Suffling et Scott, 2002); 2) l'intensification des répercussions des dangers naturels (avalanches, tempêtes de vent, ondes de tempête, sécheresses, glissements de terrain) consécutive à l'augmentation de la fréquence et de l'ampleur des phénomènes météorologiques extrêmes, ce qui aura une incidence sur la sécurité des visiteurs et sur l'entretien des infrastructures et des services du parc; 3) la disparition et la migration d'espèces, et l'augmentation de la concurrence créée par la présence d'espèces exotiques, ainsi que leurs conséquences en matière de droits de récolte, de biodiversité et durabilité des espèces marines et terrestres. Les zones protégées les plus vulnérables sont les zones exposées à une activité humaine intense et au stress exercé par l'aménagement du territoire, notamment dans la région du District régional du Grand Vancouver - Lower Mainland (partie sud-ouest), du sud de l'île de Vancouver et de la vallée de l'Okanagan.

Adaptation

Le changement climatique menace l'objectif fondamental de la plupart des zones protégées et exige d'adopter une attitude dynamique face au concept du maintien de l'intégrité écologique. Parcs Canada a dressé une liste des réactions possibles aux répercussions actuelles et futures du changement climatique, y compris : améliorer la connectivité du paysage pour permettre la migration des espèces, agrandir certaines zones protégées, limiter

TABLEAU 7 : Normales climatologiques (moyennes de 1961 à 1990) et prévisions (2050) pour certains parcs de la Colombie-Britannique (moyennes estimées à partir d'une grille de 1 km au moyen de la version 2.0 du logiciel ClimateBC et du modèle climatique MCCG2, combiné au scénario d'émissions A2 provenant du rapport spécial sur les scénarios d'émissions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

	Altitude (m)	Température annuelle moyenne (°C)		Moyenne du mois le plus chaud (°C)		Moyenne du mois le plus froid (°C)		Moyenne des précipitations annuelles (mm)	
		Normale	2050	Normale	2050	Normale	2050	Normale	2050
PP Tweedsmuir	1254	1,2	3,4	11,3	13,4	-9,7	-7,0	914	938
PP Wells Gray	1487	0,8	3,0	11,7	13,9	-10,1	-6,7	1203	1241
PP Spatsizi	1522	-2,4	0,3	10,0	12,7	-13,9	-9,4	906	969
PP Garibaldi	1580	2,1	4,2	11,7	13,7	-6,2	-3,9	2745	2852
PP Granby	1759	1,6	3,9	12,8	15,0	-8,6	-5,9	966	973
PN Kootenay	1830	-0,1	2,4	11,6	13,9	-12,1	-8,3	1082	1099
PN Glacier	1829	-0,5	1,8	10,7	12,9	-11,3	-7,8	1988	2057
RPNIG	84	9,7	11,8	16,2	18,3	3,8	5,9	798	842

	Moyenne des précipitations estivales (mm)		Moyenne des chutes de neige annuelles (mm)		Jours sans gel		Degrés-jours de croissance (DJC; >5 °C)		Jour de l'année où le cumul des DJC atteint 100 (débordement)	
	Normale	2050	Normale	2050	Normale	2050	Normale	2050	Normale	2050
PP Tweedsmuir	253	246	493	416	124	158	682	1029	nd	145
PP Wells Gray	456	457	616	540	126	159	703	1049	166	145
PP Spatsizi	406	424	477	467	103	138	423	737	179	155
PP Garibaldi	569	538	1402	1077	136	169	725	1047	169	152
PP Granby	407	383	445	361	135	169	815	1163	165	147
PN Kootenay	500	486	518	459	116	150	678	1040	166	144
PN Glacier	565	555	1230	1126	121	152	542	852	nd	157
RPNIG	157	146	42	30	322	349	1957	2688	89	27

les autres éléments de stress auxquels sont soumis les écosystèmes et mettre en œuvre des programmes de relocation des espèces (Hannah *et al.*, 2002; Welch, 2005). De même, des réseaux de conservation entre les zones protégées des régions déjà mises en valeur aideraient à favoriser le déplacement des espèces et à conserver la biodiversité dans des conditions de climat en évolution.

Des activités de surveillance et de recherche relatives aux réponses des espèces et des écosystèmes s'imposent, car elles permettent de documenter les impacts et d'étayer les approches de planification et de gestion de l'adaptation. Les zones protégées servent de points de repère en matière de gestion adaptive des écosystèmes au sein de paysages plus grands soumis aux pressions supplémentaires que constituent l'exploitation des ressources, leur utilisation à des fins agricoles et l'aménagement urbain.

3.7 ÉNERGIE

Les discussions sur le changement climatique et l'énergie portent surtout sur les liens entre la production d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. En Colombie-Britannique, où 89 p.100 de l'électricité de la province est d'origine hydraulique (BC Hydro, 2006), le secteur de l'énergie est très sensible aux impacts du changement climatique sur les ressources en eau (*voir* les sections 2.4, 3.1 et 4.3.1). Peu de recherches sur les répercussions du changement climatique et les mesures d'adaptation potentielles du secteur de l'énergie de la province ont été entreprises. Toutefois, les éléments suivants commencent à retenir l'attention des chercheurs et des gestionnaires en matière d'énergie :

- Des pénuries d'eau menacent déjà les ressources hydroélectriques de la Colombie-Britannique. Les réservoirs subissent les conséquences de la diminution de l'accumulation annuelle de neige et de l'apport des glaciers ainsi que des sécheresses fréquentes qui, toutes, contribuent à abaisser la capacité du réseau à répondre à la demande (BC Hydro, 2004).

- On s'attend à ce que, en 2025, la demande d'électricité de la Colombie-Britannique soit de 33 p.100 à 60 p.100 plus élevée qu'en 2005 (BC Hydro, 2006). On prévoit que toutes les nouvelles mesures de production d'électricité, y compris les centrales alimentées au charbon, seront des installations à émission nulle de gaz à effet de serre (BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 2007).
- La demande saisonnière et plus à long terme d'énergie pour les édifices (p. ex., augmentation de la climatisation, diminution du chauffage) changera dans toute la province en réaction au changement climatique. D'ici à 2010, on propose de mettre en place de nouvelles normes pour la construction d'édifices à haut rendement énergétique (BC Ministry of Environment, Mines and Petroleum Resources, 2007).

Pour les principaux réservoirs de production d'hydroélectricité de la Colombie-Britannique, sur le Columbia et la rivière de la Paix, l'apport en eau provient surtout de l'accumulation annuelle de neige et de la fonte des glaciers. Certaines installations au fil de l'eau n'ont qu'une capacité de stockage limitée et exigent un débit continu. Des études de la vulnérabilité découlant des impacts du changement climatique sur l'apport en eau et la production d'hydroélectricité sont en cours pour les bassins Williston-Paix, Bridge et Columbia, et la variabilité actuelle du climat est un facteur important à prendre

en considération lors de la planification de stratégies d'exploitation des réservoirs (BC Ministry of Environment, 2004).

On s'attend également à une modification importante de la demande d'énergie consécutive au réchauffement, soit une diminution de la demande pour le chauffage et une augmentation pour la climatisation. Des modèles explicatifs mis au point par le Royal BC Museum (2005b), basés sur les changements prévus des degrés-jours de chauffage et de climatisation, révèlent que, d'ici à 2080, la demande d'énergie aux fins de chauffage domestique dans la région de Vancouver pourrait diminuer de 28 p.100 à 55 p.100 et que la demande en été pour la climatisation pourrait augmenter de 150 p.100 à 350 p.100 (*voir* les figures 8 et 9).

Adaptation

BC Hydro espère répondre à environ 50 p.100 de cette augmentation de la demande d'ici à 2020 en mettant en œuvre des mesures de conservation et d'efficacité, y compris des programmes à l'intention des consommateurs et de l'industrie de la construction (BC Ministry of Environment, Mines and Petroleum Resources, 2007). Il existe déjà de nombreux programmes qui font la promotion de l'efficacité énergétique (p. ex., *voir* BC Sustainable Energy Association, 2006; BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 2006; FortisBC, 2006, Ressources naturelles

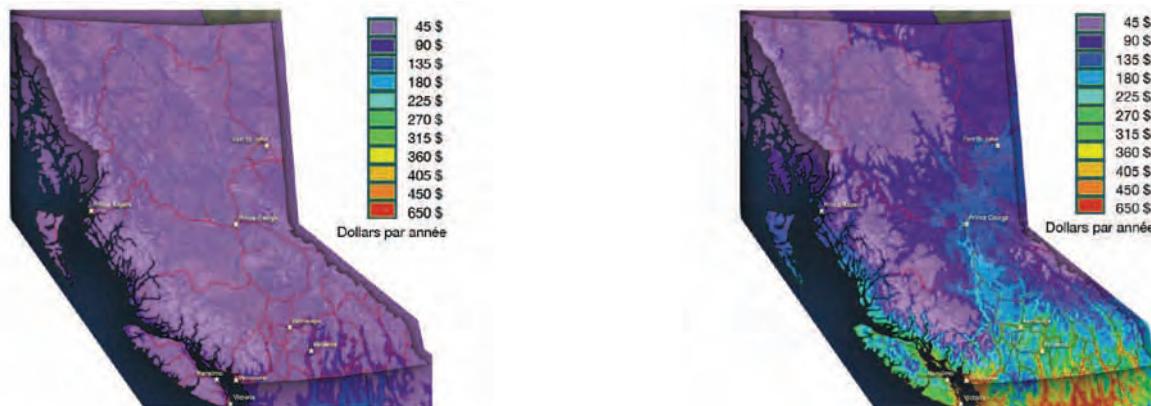


FIGURE 8 : Coûts de la climatisation en été pour une résidence typique de la Colombie-Britannique. Le graphique de gauche illustre les coûts de base et, celui de droite, les coûts prévus pour 2080, en fonction d'un scénario de changement climatique de forte envergure (Royal BC Museum, 2005b).



FIGURE 9 : Coûts du chauffage en hiver pour une résidence typique de la Colombie-Britannique. Le graphique de gauche illustre les coûts de base actuel et, celui de droite, les coûts prévus pour 2080, en fonction d'un scénario de changement climatique de forte envergure (Royal BC Museum, 2005b).

Canada, 2006a). Ces projets, et d'autres du même genre, sont avantageux sur les plans de l'adaptation et de l'atténuation en ce qu'ils réduisent les émissions de gaz à effet de serre ainsi que les pressions de la demande sur les sources d'électricité sensibles au climat.

Les producteurs d'électricité indépendants, notamment les usines de production au charbon, et des mesures d'amélioration de l'efficacité des centrales en place pourront aider à répondre au reste de la demande future (BC Hydro, 2006). Selon le plan intégré d'électricité de BC Hydro (2006), des sources renouvelables, dont l'hydroélectricité, la biomasse et l'énergie éolienne, répondront à au moins 50 p.100 des nouveaux besoins en électricité. On prévoit que toutes les nouvelles mesures de production d'électricité, y compris les centrales alimentées au charbon, seront des installations à émission nulle de gaz à effet de serre (BC Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 2007).

Les prévisions sur les besoins en énergie et les options d'approvisionnement futurs doivent tenir compte des répercussions du changement climatique, car l'amélioration de l'efficacité énergétique et de la conception des édifices ne pourra compenser qu'une partie des augmentations prévues des besoins en électricité. Procéder à l'amélioration de modèles prévisionnels des débits fluviaux qui tiennent compte du changement climatique constitue un excellent point de départ dans l'évaluation des vulnérabilités relatives à la production d'hydroélectricité. Parmi les mesures d'adaptation possibles figure l'augmentation de la capacité des réservoirs au moyen d'un système à réserve pompée qui stocke l'eau au-dessus du réservoir en vue d'alimenter la centrale.

3.8 INFRASTRUCTURES ESSENTIELLES

Les infrastructures essentielles comprennent divers réseaux, installations, systèmes et services technologiques qui sont cruciaux pour le bien-être et le fonctionnement d'une société (Sécurité publique Canada, 2006). Il s'agit d'une multitude d'installations visant à fournir de l'énergie et des services publics, des soins de santé, des services de transport, des aliments, des industries, des moyens de communication et d'information, des technologies, des services financiers, des mesures de sécurité et des secours en cas d'urgence, et une force de défense. Les effets des récents phénomènes météorologiques extrêmes ont mis en évidence les vulnérabilités de ces installations interrelées et interdépendantes. Le système de gestion des interventions en cas d'urgence de la Colombie-Britannique (British Columbia Emergency Response Management System, ou BC-ERMS, BC Ministry of Public Safety and Solicitor General, 2006) signale ces vulnérabilités et vise à réduire les répercussions des dangers environnementaux, comme les inondations et les incendies de forêt. La protection et la planification des infrastructures essentielles relève, cependant, de nombreux organismes publics à tous les paliers de gouvernement.

En 2003-2005, une augmentation importante du nombre de plusieurs types de phénomènes météorologiques extrêmes qui ont exigé des interventions de grande envergure s'est produite en Colombie-Britannique, comparativement à la décennie précédente (voir le tableau 8). Le BC-ERMS se charge de gérer ces situations d'urgence lorsque les répercussions sur une collectivité ou sur des infrastructures importantes risquent de dépasser la capacité

TABLEAU 8 : Tendances des situations d'urgence en Colombie-Britannique (Whyte, 2006). Les demandes de dédommagement présentées dans le tableau font état des « dommages admissibles », qui satisfont aux exigences du programme d'assistance financière après un désastre (ne couvre pas nécessairement tous les dommages qui ont pu se produire) et représentent la part des coûts que s'engagent à payer les gouvernements fédéral et provincial.

Paramètre	1990 à 2002	2003 à 2005
Nombre moyen d'événements-seuils ¹ par an	1	2
Nombre de catastrophes importantes nécessitant une aide financière par an	2 à 3	3 à 5
Moyenne des frais encourus à la suite de catastrophes importantes nécessitant une aide financière	10 millions de dollars	43 millions de dollars
Fréquence des évacuations	Tous les 2 à 3 ans	2 fois par an
Fréquence des états d'urgence	Rare	1 provincial et 10 locaux en 3 ans

¹ Un événement-seuil correspond à une catastrophe dont les frais admissibles atteignent 4 millions de dollars.

d'intervention des autorités locales. Le BC-ERMS est conscient que la fréquence et la gravité des dangers naturels comme les incendies de forêt, les inondations, les sécheresses, les phénomènes dévastateurs et les proliférations de ravageurs risquent d'augmenter avec le changement climatique. Son intervention peut être réactive, en appuyant les demandes de dédommagement des collectivités, des entreprises et des propriétaires, ou proactive, en soutenant les projets de réduction des risques associés aux dangers naturels et les programmes de sensibilisation et d'éducation mis en place par les autorités et les collectivités locales. Le soutien maximal relatif aux demandes individuelles de dédommagement a récemment triplé, passant de 100 000 \$ à 300 000 \$ (Whyte, 2006). En augmentant la sensibilisation au risque et la préparation en cas d'urgence, le BC-ERMS améliore également la capacité d'adaptation face au changement climatique.

Transports

Les transports et les activités qui les accompagnent (p. ex., mise en entrepôt, construction de pipelines, visites touristiques, services de messagerie) constituent un élément important de l'économie de la Colombie-Britannique. En 2004, ce secteur représentait 6 p.100 du PIB provincial et employait 6 p.100 de la main-d'œuvre (plus de 115 000 personnes; BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 2005a). Les principaux éléments du secteur du transport, soit les transports routier, ferroviaire, aérien et maritime, jouent un rôle de première importance en reliant les autres secteurs clés de l'économie (p. ex., foresterie) à leurs marchés et usines de transformation. Plus de 65 000 km de routes font circuler chaque année plus de 2 millions de véhicules privés et de service en Colombie-Britannique (Transport Canada, 2005). Près de 65 p.100 du réseau appartient à

la province, 32 p.100 à des municipalités et 3 p.100 au fédéral. Dans le domaine du transport maritime, la Colombie-Britannique compte plus de 135 ports privés et publics, qui desservent 95 p.100 du commerce international de la province (BC Ministry of Small Business and Economic Development et Ministry of Transportation, 2005). Les marchandises en provenance ou en direction des trois principaux ports commerciaux, soit Vancouver, Fraser et Prince Rupert, sont transportées par train (66 p.100) et par camion (33 p.100), et on s'attend à ce que le nombre de conteneurs triple d'ici à 2020, passant de 2 à 6 millions par année (Greater Vancouver Transportation Authority, 2005).

Le changement climatique aura de nombreuses répercussions sur les infrastructures de la Colombie-Britannique. L'augmentation de fréquence de certains phénomènes météorologiques extrêmes fera grimper les coûts d'entretien et les frais d'assurance, et fera ressortir les limites de certaines normes de conception actuelles. L'état des routes, qui est certes surtout fonction du poids des véhicules et de la densité de circulation, est également touché par les conditions climatiques. Par exemple, l'augmentation des coûts d'entretien à Prince George est partiellement attribuable aux fréquents épisodes de gel-dégel associés aux hivers plus chauds des dernières années (Dyer, 2006). Le changement climatique aura aussi des répercussions avantageuses pour le secteur des transports. Par exemple, au cours de l'hiver 1997-1998, l'influence d'El Niño a entraîné du temps plus doux et a ainsi contribué à une réduction importante du nombre d'accidents de la route en Colombie-Britannique (Environnement Canada, 2003).

Services publics

Les réseaux de gestion de l'approvisionnement en eau et des eaux pluviales de la Colombie-Britannique continueront de subir les répercussions du changement climatique et des projets d'aménagement du territoire qui se poursuivent. Il faudra donc tenir compte des principaux effets suivants : 1) baisse de l'approvisionnement en eau durant l'été et l'automne (*voir les sections 2.4 et 3.1*); 2) déséquilibre entre la demande et la recharge des réservoirs qui approvisionnent les grands centres urbains de la Colombie-Britannique (*voir la section 4.4.1*); 3) augmentation de la demande en systèmes de traitement de l'eau potable et des eaux usées dans des collectivités en croissance rapide; 4) surcharge des systèmes de gestion des eaux pluviales consécutive à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes (*voir la section 4.4.2*).

Dans un avenir rapproché, on planifie l'expansion des principaux pipelines transportant vers les marchés étrangers le pétrole et le gaz naturel des territoires du nord et du nord-est de la Colombie-Britannique. La planification, la conception et la construction de pipelines dans les régions de montagnes et de pergélisol de la Colombie-Britannique devront tenir compte des répercussions du changement climatique sur ces régions (p. ex., fonte du pergélisol, glissements de terrain, éboulements) afin d'éviter une hausse des coûts d'entretien et, peut-être, des réparations majeures et des travaux de remise en état de l'environnement.

3.9 SANTÉ

La vulnérabilité de la santé humaine est fonction de facteurs biologiques, environnementaux et socioéconomiques interreliés (p. ex., communauté, milieu urbain, revenus, accès aux services de santé; Woodward *et al.*, 2000). Le changement climatique représente une menace à la fois directe et indirecte pour la santé des particuliers et des populations. Les menaces directes se manifestent sous la forme d'une hausse des blessures, maladies et décès liés à la chaleur, de détérioration de la qualité de l'air, de dangers naturels et de phénomènes météorologiques extrêmes. Les menaces indirectes comprennent l'exposition aux maladies à transmission aérienne, hydrique ou vectorielle et une détérioration de la santé de l'écosystème (McMichael *et al.*, 2003; Haines et Patz, 2004).

Stress thermique et qualité de l'air

Le stress thermique est chaque année associé à des milliers de décès au Canada (Smoyer-Tomic *et al.*, 2003). On s'attend à ce que le changement climatique entraîne des vagues de chaleur plus fréquentes, plus intenses et plus longues qui auront des incidences importantes, notamment les coups de chaleur, la déshydratation, les maladies respiratoires et cardiovasculaires, et la mort (McGehin et Mirabelli, 2001). Les répercussions des vagues de chaleur survenues récemment dans d'autres pays ont révélé que les populations vulnérables sont les personnes âgées, les enfants, les démunis et les personnes isolées sur le plan social (Klinenberg, 2002; Crabbe, 2003). Même si la chaleur peut sembler moins menaçante en Colombie-Britannique que dans le centre du Canada (*voir les chapitres 5 et 6*), bon nombre des habitants de la province ne sont pas habitués à des températures dépassant 30 °C (Smoyer-Tomic *et al.*, 2003). Les grandes populations urbaines du District régional du Grand Vancouver et de la vallée de l'Okanagan sont particulièrement vulnérables. Présentement, les consultations pour des urgences de nature autre que respiratoire à Vancouver augmentent à mesure que la température d'été croît (Burnett *et al.*, 2003) et ils devraient se faire plus nombreuses avec le vieillissement de la population.

L'augmentation de la pollution de l'air dans les zones urbaines déjà exposées aux risques d'une mauvaise qualité de l'air, en particulier les régions de Vancouver et de Prince George et la vallée de l'Okanagan, aura également d'importantes conséquences sur la santé. Les polluants atmosphériques provoquent une respiration sifflante, des crises d'asthme et une baisse de la fonction pulmonaire, et sont associés à une augmentation des maladies respiratoires, des accidents cérébrovasculaires, des crises cardiaques et des décès prématurés, en particulier chez les personnes âgées et les enfants (Brook, 1998; Burnett *et al.*, 1998; Kondro, 2000; Van Eeden *et al.*, 2001; Brauer *et al.*, 2002, 2003). L'augmentation prévue des incendies de forêt due au changement climatique fera croître l'exposition aux particules fines de la fumée de combustion du bois (*voir Dods et Copes, 2005*). Ces dernières sont liées à des décès prématurés, à l'aggravation de l'asthme, aux symptômes respiratoires aigus et à la bronchite chronique, et à une baisse de la fonction respiratoire, en particulier chez les enfants (Vedal, 1993).

L'augmentation du stress thermique et de l'exposition à la pollution de l'air fera croître le nombre de cas de maladies, d'absentéisme, d'hospitalisations et de décès prématurés. Déjà, le fardeau annuel

des coûts du système de santé dû à la pollution de l'air extérieur en Colombie-Britannique a été évalué à environ 85 millions de dollars (BC Ministry of Health, 2004).

Exposition aux maladies

On s'attend à ce que le changement climatique entraîne une augmentation des maladies à transmission hydrique, vectorielle (p. ex., animaux, insectes) et aérienne. Les maladies à transmission hydrique augmenteront probablement dans certaines régions de la Colombie-Britannique en même temps que les précipitations et les inondations. Depuis les années 1980, il y a eu en Colombie-Britannique 29 épidémies attribuables à la présence de parasites, de bactéries et de virus dans les réseaux d'eau potable (Mullens, 1996; Wallis *et al.*, 1996). Les avis de faire bouillir l'eau sont fréquents. On en a émis 304 en août 2001 (BC Ministry of Health Planning and Ministry of Health Services, 2001). Les très fortes précipitations contribuent également à créer des niveaux de turbidité élevés qui ont une incidence sur le rendement des systèmes de désinfection de l'eau potable. Au cours de novembre 2006, près d'un million de personnes ont dû respecter pendant douze jours un avis de faire bouillir l'eau émis par les agents responsables de la santé du District régional du Grand Vancouver après que des pluies fortes eurent causé des niveaux de turbidité sans précédent au cours des dernières années (Greater Vancouver Regional District, 2006). Les collectivités des Premières nations sont particulièrement vulnérables et reçoivent présentement plus d'avis sur la qualité de l'eau que le reste du Canada en raison de la déficience des infrastructures.

Le changement climatique permettra à de nombreux vecteurs, comme les moustiques, les tiques et les rongeurs, d'étendre leur aire de répartition et donc d'accroître le risque d'exposition humaine. Par exemple, la propagation du virus du Nil occidental, transmis par un moustique et qui ne s'est pas encore manifesté en Colombie-Britannique, est due en partie au changement climatique; il pourrait donc devenir le principal agent infectieux responsable d'arboviroses en Amérique du Nord (Morshed, 2003). L'encéphalite et la maladie de Lyme, transmises par des tiques, pourraient se répandre si les hivers deviennent plus chauds, comme on l'a observé en Europe dans les années 1990 (Lindgren *et al.*, 2000).

En 1994, le premier cas de syndrome pulmonaire dû à l'hantavirus (SPH) au Canada a été détecté en Colombie-Britannique (Stephen *et al.*, 1994), et on en a découvert 50 nouveaux depuis (BC Ministry of Health, 2005). Aux États-Unis, les épidémies de SPH sont liées à un accroissement des populations de rongeurs dû aux changements d'ordre climatique et écologique (Wenzel, 1994; Engelthaler *et al.*, 1999; Glass, 2000). Des hivers doux favorisent la capacité de reproduction des rongeurs (Mills *et al.*, 1999; Drebot *et al.*, 2000), et le changement climatique risque d'aggraver cette situation.

Cryptococcus gattii, un minuscule champignon tropical du type levure, a été détecté sur l'île de Vancouver en 1999 et dans les régions sanitaires de la côte de Vancouver et du Fraser (BC Centre for Disease Control, 2005). Après inhalation, le champignon peut causer une maladie grave et même la mort, car il s'attaque aux poumons (pneumonie) et au système nerveux (méningite). Le changement remarqué dans l'aire de répartition de cet agent pathogène est lié au réchauffement (Kidd *et al.*, 2004).

Sécurité alimentaire, bien-être et sécurité du public

Le changement climatique aura une incidence sur l'accès aux ressources alimentaires, en particulier en régions rurales et dans les collectivités des Premières nations dont la subsistance dépend de la chasse, du piégeage, de la cueillette et de la pêche (O'Neil *et al.*, 1997; Wheatley, 1998). Cette situation ne fera qu'aggraver le degré d'insécurité alimentaire actuelle (Willows, 2005).

Des proliférations d'algues nuisibles, ou « marées rouges », peuvent se produire en été à l'occasion de vagues de chaleur prolongées. L'élévation de la température à la surface de l'océan et les tempêtes associées au changement climatique stimulent ces proliférations en Colombie-Britannique (Mudie *et al.*, 2002). Les marées rouges les plus toxiques sont attribuables aux dinoflagellés, qui entraînent la maladie ou la mort chez ceux qui consomment une grande quantité de mollusques et crustacés atteints (Mudie *et al.*, 2002). De graves intoxications paralysantes par les mollusques (IPM) se sont d'ailleurs produites sur la côte de la Colombie-Britannique (Taylor, 1993). En juin 2006, la plupart des zones de cueillette des mollusques de l'île de Vancouver et des îles Gulf ont été fermées pendant plusieurs semaines. Avec l'augmentation des températures de la surface de l'océan, combinée à l'expansion de l'industrie de l'aquaculture en Colombie-Britannique, on peut s'attendre à un accroissement de l'incidence des répercussions économiques et sanitaires liées à la prolifération d'algues nuisibles.

La sécurité de l'approvisionnement en eau potable est une préoccupation de première importance pour les régions soumises à des stress hydriques. La fiabilité passée des sources d'eau n'est pas une assurance contre les pénuries, comme on l'a constaté à Tofino, centre de villégiature de la côte ouest de l'île de Vancouver. La municipalité de Tofino, pourtant habituée à un climat très humide, a connu une importante pénurie d'eau à l'été 2006 en raison de l'augmentation de la demande et d'une sécheresse prolongée. La vulnérabilité de ces collectivités aux pénuries d'eau et à leurs répercussions sur la santé augmentera probablement sous l'effet du changement climatique et des pressions croissantes associées au développement. La *Loi sur la protection de l'eau potable (Drinking Water Protection Act; BC Statutes and Regulations, 2001)* vise à renforcer les mesures de protection de l'eau en Colombie-Britannique, mais passe presque sous silence l'adaptation au changement climatique.

L'augmentation de la fréquence des phénomènes extrêmes d'ordre météorologique, comme les inondations, les ondes de tempête, les glissements de terrain et les incendies de forêt, constitue un risque important pour la sécurité publique. Les répercussions sur la santé sont entre autres les blessures, l'exposition accrue aux maladies et des problèmes de santé mentale découlant de stress psychologiques et financiers (Ahern *et al.*, 2005). Les collectivités éloignées sont particulièrement vulnérables, car elles ne disposent souvent que de services essentiels limités et d'infrastructures essentielles vulnérables pour assurer la distribution des aliments, des fournitures médicales et autres biens et services indispensables (voir les sections 3.8 et 4.1).

Enfin, il existe des rapports étroits entre les répercussions sur l'écosystème, qu'elles soient causées par le climat ou d'autres facteurs, les moyens de subsistance (c.-à-d. emplois, revenus) et la santé des collectivités et des populations (Hertzman *et al.*, 1994;

Raphael, 2001). Des recherches sur les collectivités côtières de la Colombie-Britannique établissent un lien clair entre la détérioration de l'écosystème et des conditions économiques et sociales et les conséquences sur la santé (Ommer, 2007).

Adaptation

On observe une prise de conscience croissante des impacts du changement climatique sur la santé publique, en particulier en ce qui concerne l'augmentation de la pollution de l'air (BC Ministry of Health Services, 2004). Les réseaux de recherche sur la santé s'améliorent également (p. ex., le BC Environment and Occupational Health Research Network). Il demeure qu'il faudra poursuivre les recherches sur les liens entre le changement climatique et les répercussions sur la santé. En outre, la

coordination de la surveillance des maladies avec la surveillance tant du climat que de l'environnement pourrait fournir des indications importantes à cet égard.

L'adoption de mesures d'adaptation en matière de santé publique exige une démarche transsectorielle faisant intervenir les gestionnaires de l'environnement, les promoteurs d'infrastructures, les urbanistes ruraux et urbains, les travailleurs et les administrateurs du secteur des soins de la santé, les éducateurs en santé publique, les politiciens et les chercheurs. Elle exige également de disposer de plus d'informations sur la prévention et le traitement des maladies liées au climat ainsi que sur les mesures de protection contre ces maladies, (Parkinson et Butler, 2005) mises à la disposition des habitants de la Colombie-Britannique.

4 VERS L'ADAPTATION : ÉTUDES DE CAS EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

La vulnérabilité et la capacité d'adaptation au changement climatique des collectivités de la Colombie-Britannique sont le produit de processus sociaux et de conditions environnementales ainsi que, plus particulièrement, de l'interaction s'opérant aux échelles locale et régionale (Dolan et Walker, 2007). Les principaux facteurs qui influent sur la capacité d'adaptation en Colombie-Britannique sont les suivants :

- La grande dépendance à l'égard des ressources naturelles, en particulier du secteur forestier, expose les collectivités de la Colombie-Britannique aux changements touchant l'environnement et le marché, et à la combinaison de stress d'ordre climatique et non climatique (O'Brien et Leichenko, 2000).
- Les structures de gouvernance, qui déterminent comment les gens peuvent utiliser les écosystèmes et y avoir accès, établissent un équilibre entre les usages sociaux et économiques des ressources. Parmi les structures existantes, peu tiennent explicitement compte des répercussions du changement climatique, et encore moins ont déjà mis en œuvre des changements de politiques spécifiques à l'adaptation.
- La diversité des valeurs socioculturelles et les intérêts socio-économiques concurrents sous-tendent les débats sur la façon de mieux planifier et protéger les ressources et l'environnement. Le changement climatique rend la recherche d'un compromis efficace plus compliquée et les résultats, plus difficiles à prévoir.

Les études de cas présentées dans cette section mettent en lumière comment ces facteurs et d'autres aspects d'une collectivité, d'une région ou d'une activité économique agissent sur leur capacité de s'adapter au changement climatique. Pour s'adapter, en règle générale, les collectivités ont besoin de réseaux sociaux, de services, de structures de gouvernance, d'infrastructures et d'activités économiques résilientes en mesure de résister à divers changements d'ordre environnemental et socioéconomique (p. ex., Dolan et

Walker, 2007; Young, 2006b; Ommer, 2007; Page *et al.*, 2007; Enns *et al.*, sous presse). La capacité d'adaptation peut être améliorée, ou limitée, par la nature et la structure des relations décisionnelles et des politiques de planification. Une participation accrue des intéressés au paysage sociopolitique de la Colombie-Britannique, à l'échelle tant locale que régionale (Hoberg, 1996; Seely *et al.*, 2004), a favorisé l'intégration des valeurs et des intérêts locaux au processus de planification de l'utilisation des terres. Par exemple, le conflit sur les pratiques de récolte dans les forêts anciennes à la fin des années 1990 (Standbury, 2000; Cashore, 2001) a permis d'élaborer le processus multipartite de planification de la gestion des terres et des ressources (Land and Resource Management Planning; BC Ministry of Agriculture and Lands, 1993), processus spécifiquement adopté à l'échelle locale et régionale. Ce dernier a assez bien réussi à concilier des positions opposées et à régler des différends concernant les terres et les ressources (Frame *et al.*, 2004), bien qu'on n'ait pas encore ajusté son mandat pour inclure les impacts possibles du changement climatique ni les questions ayant trait à l'adaptation (Hagerman et Dowlatabadi, 2006).

L'efficacité de la gouvernance, sur le plan local et à des niveaux plus élevés, est un autre facteur qui agit sur la capacité d'adaptation. À l'échelle locale, la planification communautaire est un mécanisme clé qui permet aux intervenants de la Colombie-Britannique de tenir compte et d'intégrer les effets du changement climatique. La planification est orientée par la *Loi sur les municipalités (BC Municipal Act)* et par d'autres mesures politiques, dont les plans communautaires officiels (Official Community Plans), le zonage local, les codes du bâtiment et les réserves de terres agricoles provinciales. Pour l'instant, peu de procédures, politiques et organismes de prise de décision tiennent explicitement compte des répercussions possibles du changement climatique. Les districts de planification régionale, les districts de gestion des eaux et autres « districts d'amélioration » sont des instances intermédiaires en Colombie-Britannique qui joueront un rôle de premier plan lorsqu'il s'agira de se préparer à certains des impacts prévus du changement

climatique et de les gérer (Jakob *et al.*, 2003), par exemple pour l'approvisionnement en eau et la gestion des eaux pluviales (voir la section 4.4; Burton *et al.*, 2005).

À l'échelle provinciale, le gouvernement de la Colombie-Britannique a publié un rapport intitulé *Weather, Climate and the Future : BC's Plan* (BC Ministry of Environment, 2004) qui porte sur l'atténuation des gaz à effet de serre et sur les initiatives d'adaptation. Le ministère des Forêts et des Pâturages de la Colombie-Britannique a lui aussi adopté une démarche proactive qui intègre les questions de changement climatique dans les processus de planification régionale et de planification des ressources à long et à moyens termes (voir la section 4.2.2; BC Ministry of Forests and Range, 2006). Le ministère responsable des services communautaires, qui subventionne des projets d'infrastructure au sein de la communauté, tient maintenant compte de plus en plus du changement climatique lorsqu'il examine des propositions soumises par les instances locales (B. Kangasniemi, BC Ministry of Environment, communication personnelle, 2007).

Enfin, il existe des différences frappantes entre les collectivités rurales et urbaines de la Colombie-Britannique en termes de politiques locales, de croissance, de questions de planification et d'attitudes sociales. Les répercussions du changement climatique et les questions d'adaptation doivent être considérées comme des préoccupations locales pertinentes dans le cadre des responsabilités communautaires de gestion du risque et de planification. Des problèmes comme la gestion de l'eau dans le bassin de l'Okanagan, l'élévation du niveau de la mer dans les collectivités côtières et les ravages du dendroctone du pin ponderosa dans les collectivités forestières de l'intérieur de la Colombie-Britannique servent à montrer comment la province subit les répercussions du changement climatique et comment elle compte s'engager sur la voie de l'adaptation. Bien qu'il soit relativement rare qu'on tienne explicitement compte du changement climatique, ces études de cas offrent des perspectives sur les étapes entreprises en vue de s'adapter à divers stress sociaux, économiques et environnementaux.

4.1 COLLECTIVITÉS CÔTIÈRES : VULNÉRABILITÉS ET ADAPTATION À L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

Le changement climatique a divers impacts sur les collectivités côtières de la Colombie-Britannique : l'effet graduel de l'élévation accélérée du niveau de la mer et les répercussions plus immédiates de phénomènes extrêmes, notamment une augmentation des inondations dues aux ondes de tempête, l'accélération de l'érosion des côtes, la contamination des aquifères côtiers et autres changements écologiques. Ces phénomènes biophysiques risquent d'entraîner des pertes de terrain, des dommages aux infrastructures côtières, des modifications des ressources côtières et une perturbation des valeurs sociales, culturelles et économiques qui les accompagnent (Klein et Nicholls, 1999). Les répercussions du changement climatique ne sont pas, et ne seront pas, également réparties entre les collectivités côtières, qui se distinguent les unes des autres par des niveaux différents d'exposition et de vulnérabilité (Clark *et al.*, 1998; Dolan et Walker, 2007). En outre, les phénomènes se superposent à des problèmes d'ordre non

climatique, dont les revendications territoriales des Premières nations, le déclin ou l'effondrement d'importantes industries axées sur les ressources naturelles, la restructuration économique et la perte ou la réduction des services gouvernementaux et de soutien social (Ommer, 2007; Sydneysmith *et al.*, 2007).

Une évaluation panafricaine des répercussions de l'élévation du niveau de la mer (Shaw *et al.*, 1998) définit la sensibilité des côtes comme étant le degré à partir duquel l'élévation du niveau de la mer déclenchera ou accélérera des modifications physiques de la côte. La plupart des côtes de la Colombie-Britannique étant escarpées et rocheuses, leur sensibilité est faible à modérée, à l'exception de la côte nord-est de l'île Graham, de Haïda Gwaii (îles de la Reine-Charlotte) et de la région du banc Roberts-delta du Fraser, dans le District régional du Grand Vancouver. Ces régions figurent parmi celles du Canada dont les littoraux sont les plus sensibles au changement climatique. Toutefois, cette analyse de la sensibilité ne détermine pas complètement la vulnérabilité au changement climatique, puisqu'elle ne fait pas intervenir la capacité d'adaptation (voir Luitzen *et al.*, 1992; Smit *et al.*, 2001); cette dernière est déterminée par le cadre socioéconomique (accès aux ressources économiques, capital politique et social, et politiques de planification côtière) et par l'expérience régionale des dangers environnementaux et des perturbations socioéconomiques (Dolan et Walker, 2007). Les deux cas présentés ci-dessous concernent des collectivités qui doivent faire face à des répercussions physiques semblables, mais dans des cadres socioéconomiques très différents. Ces études traitent de leurs principales vulnérabilités, de leur capacité d'adaptation et des étapes entreprises vers l'adaptation.

4.1.1 Nord-est de l'île Graham, Haïda Gwaii (îles de la Reine-Charlotte)

L'île Graham est l'île la plus grande et la plus septentrionale de l'archipel de la Reine-Charlotte (Haïda Gwaii). Le niveau relatif de la mer s'y élève présentement à raison de 1,6 mm par an et les niveaux annuels extrêmes de la mer atteignent 3,4 mm (Abeyisirigunawardena et Walker, sous presse). Les rives du nord-est de l'île Graham sont surtout composées de dunes, très sujettes à l'érosion, et de loess. Cette caractéristique, combinée à de hautes marées, à un fort régime de vagues, à de fréquentes ondes de tempête et à des vents violents, crée un littoral très dynamique dont les plages changent sans cesse (Walker et Barrie, 2006). Les tendances du niveau de l'eau et de l'érosion côtière sont fortement influencées par l'ENSO et le PDO (voir la section 2.1; Storlazzi *et al.*, 2000; Dingler et Reiss, 2001; Allan et Komar, 2002). Lors de l'épisode El Niño de 1997-1998, le niveau de la mer a monté de 0,4 m et entraîné une érosion locale de 12 m le long de cette côte (Barrie et Conway, 2002). Les niveaux d'eau extrêmes ont beaucoup monté depuis que le PDO est entré dans une phase positive en 1976 (Abeyisirigunawardena et Walker, sous presse).

Le changement climatique n'est qu'un des nombreux stress qui agissent sur les collectivités d'Haïda Gwaii. Le secteur forestier local a connu une grande instabilité des marchés internationaux du bois d'œuvre, une augmentation des coûts d'accès et des changements dans la technologie, la gestion et la protection des forêts qui ont entraîné un ralentissement des activités de transformation et une baisse de l'emploi sur l'île. Dans le secteur local de la pêche, on a assisté à une modification des populations de saumon, de hareng et de palourde, et à une diminution des priviléges de pêche. En outre,

la fermeture de la base des Forces canadiennes de Masset a provoqué le départ de centaines de personnes, entraînant d'autres pertes d'emploi et une restructuration socio-économique.

Capacité d'adaptation

Dolan et Walker (2007) ont présenté un cadre intégré de recherche environnementale et humaine en vue d'évaluer les risques liés au changement climatique et les vulnérabilités des collectivités du nord-est de l'île Graham à cet égard. D'autres recherches menées par Walker *et al.* (2007) ont tenté d'évaluer les tendances du changement climatique, ses répercussions et la sensibilité des collectivités à ce phénomène (Walker et Barrie, 2007; Walker *et al.*, 2007; Abeyisirigunawardena et Walker, sous presse). Elles ont aussi tenté d'évaluer la situation socioculturelle au moyen d'une « méthode participative » mise au point par Conner (2005) et faisant appel aux connaissances, aux perceptions et aux expériences locales afin de définir les attributs de la capacité d'adaptation et de découvrir les principales vulnérabilités. Les résultats de cette dernière évaluation démontrent qu'il existe de nombreux attributs susceptibles de renforcer la capacité d'adaptation (*voir* le tableau 9), comme la richesse, qui peuvent ne pas être immédiatement rendus par les attributs typiques de la vulnérabilité (*voir* le tableau 9). À Haïda Gwaii, une forte dépendance historique des emplois à l'égard des ressources naturelles, un revenu familial inférieur à la moyenne, un taux de chômage élevé et l'instabilité du revenu semblent indiquer une grande vulnérabilité et une faible capacité d'adaptation. Toutefois, au niveau des ménages, la résilience socioéconomique est accrue par la diversification du revenu (emplois multiples, art et artisanat, tourisme) et par la cueillette et la mise en réserve d'aliments. Tout donne à penser que la capacité d'adaptation aux risques du changement climatique est plus grande qu'on ne pourrait le déduire à partir des seules statistiques sur le revenu et le niveau d'emploi.

L'accès à la technologie, à l'information et aux compétences, aux infrastructures et aux services essentiels est un autre facteur à caractère communautaire de la capacité d'adaptation (Goklany, 1995; Barnett, 2001). La plupart des infrastructures et des services de transport essentiels d'Haïda Gwaii sont très vulnérables aux dommages causés par les tempêtes sur la côte. Les pannes d'électricité, les interruptions du service de traversier et aérien, les pénuries à court terme d'articles d'épicerie et de fournitures, les fermetures occasionnelles des grandes routes ainsi que les dommages causés par le vent ne sont pas rares. Haïda Gwaii bénéficie de la plupart des services de communication, y compris l'Internet à haute vitesse et les services de téléphone cellulaire. La télévision locale, les dépliants et les journaux locaux véhiculent les messages communautaires. L'île a élaboré un plan d'évacuation en cas de tsunami, qui est cependant peu connu malgré les protocoles établis et les essais. La reconnaissance du besoin de s'adapter, la connaissance des options offertes, la capacité de les évaluer et l'aptitude à mettre en œuvre les options les plus appropriées dépendent toutes de la disponibilité de renseignements crédibles et de compétences appropriées (Fankhauser et Tol, 1997).

La perception du risque, la sensibilisation et la préparation sont également des attributs de la capacité d'adaptation (Burton *et al.*, 1978; Barnett, 2001; Smit *et al.*, 2001; Dolan et Walker, 2006). La perception du risque dépend des connaissances et de l'expérience passée des mêmes dangers, de sorte que d'une plus grande expérience et de plus grandes connaissances découlent une plus grande sensibilisation (Hutton et Haque, 2004; Degg et Homan,

TABLEAU 9 : Attributs locaux de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation aux répercussions du changement climatique à Haïda Gwaii (*extrait modifié tiré de Walker *et al.*, 2007*).

Facteurs qui contribuent à la vulnérabilité ¹	Facteurs qui contribuent à la capacité d'adaptation ²
<ul style="list-style-type: none"> • Isolement géographique • Exposition élevée aux dangers de la variabilité climatique et de l'élévation du niveau de la mer 	<ul style="list-style-type: none"> • Grand attachement à Haïda Gwaii • Communion avec la nature • Mentalité pionnière • Expérience antérieure de changements et dangers environnementaux
<ul style="list-style-type: none"> • Faible niveau de scolarité (<i>voir</i> Holman et Nicol, 2001) 	<ul style="list-style-type: none"> • Haut niveau d'éducation acquis au quotidien, connaissances locales, connaissances écologiques traditionnelles • Culture Haïda et redécouverte de cette culture • Compétences diverses (chasse, cueillette, etc.)
<ul style="list-style-type: none"> • Services essentiels restreints (soins de santé, services sociaux, éducation) • Répercussions sur la santé des descendants (alcoolisme, mauvais traitements, apathie) 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte cohésion communautaire et réseaux de soutien (p. ex., liens familiaux, groupes bénévoles) • Augmentation du bénévolat et de l'engagement au niveau local pour la prestation de services essentiels (p. ex., abris pour femmes, programmes de santé communautaire)
<ul style="list-style-type: none"> • Méconnaissance des plans d'urgence 	<ul style="list-style-type: none"> • Protocoles d'évacuation en place mis à l'essai • Augmentation de la communication entre les collectivités
<ul style="list-style-type: none"> • Pannes d'électricité fréquentes • Pénuries alimentaires à court terme 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande capacité de faire face aux pannes d'électricité • Chasse et cueillette sur place • Conservation et stockage des aliments
<ul style="list-style-type: none"> • Taux élevé de chômage • Dépendance vis-à-vis d'un secteur de ressources naturelles instable • Faible stabilité économique à long terme 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversification du revenu familial/subventions (emplois multiples, arts, cueillette, tourisme) • Emplois saisonniers (pêche/cueillette de crabes, champignons, tourisme/voyages organisés) • Résilience accrue face aux difficultés économiques
<ul style="list-style-type: none"> • Absence de plans officiels de gestion de l'utilisation ou des ressources des sols³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Élaboration en cours de plans intégrés de gestion de l'utilisation des sols qui tiennent compte de la vision Haïda et des valeurs des résidents
<ul style="list-style-type: none"> • Tensions politiques fédérales, régionales et locales 	<ul style="list-style-type: none"> • Participation locale croissante et influence des Haïda dans le processus décisionnel

¹ Tels que définis dans le bagage de connaissances actuel (*voir* le chapitre 2).

² Tels que cités dans Conner (2005).

³ En janvier 2006, un plan de recommandations a été transmis au BC Integrated Land Management Bureau (<<http://ilmbwww.gov.bc.ca/lup/lrmp/coast/qci/>>, [consultation : 20 août 2007]; en novembre 2006, il n'y avait toujours pas de plan officiel).

2005). Même si le niveau de scolarité est généralement bas à Haïda Gwaii, un haut niveau d'éducation acquis au quotidien, une connaissance locale et traditionnelle du milieu et des compétences diversifiées adaptées au milieu (p.ex., chasse, cueillette, expérience des randonnées en arrière-pays) font que les gens sont plus conscients des risques et mieux préparés à faire face aux dangers

naturels. Toutefois, bon nombre de résidents n'associent pas de risque au changement climatique à plus long terme comme tel, comparativement aux risques associés à des phénomènes extrêmes comme les tempêtes, l'érosion des côtes ou un tsunami.

Le capital social, soit les relations, les réseaux et les infrastructures qui soutiennent la transmission du savoir et des compétences concernant des valeurs, des objectifs et une action collective communs (Coleman, 1988; Tobin, 1999), est un autre élément clé important de la capacité d'adaptation. Les collectivités qui jouissent d'un grand capital social peuvent faire face plus efficacement aux dangers et aux répercussions du changement climatique (Buckland et Rahman, 1999). À Haïda Gwaii, la grande cohésion au sein de la collectivité, les nombreux réseaux de soutien, l'activisme communautaire et la participation accrue dans les services communautaires sont des indications que cette collectivité jouit d'un bon capital social.

Les institutions et la gouvernance agissent également sur la capacité d'adaptation. Des conflits de longue date entre les groupes communautaires et les paliers de gouvernement à propos de la foresterie et de la pêche, de la prestation de services et de l'intervention locale dans la prise de décisions ont créé un climat socio-politique complexe à Haïda Gwaii. Les longues négociations entre les groupes communautaires, la nation Haïda et le gouvernement de la Colombie-Britannique n'ont pas encore débouché sur un plan de gestion des ressources terrestres (Land Resource Management Plan) pour Haïda Gwaii (Haida Gwaii-Queen Charlotte Islands Land Use Planning Process Team, 2006). Il sera impératif de disposer d'un tel plan pour orienter le processus de planification à Haïda Gwaii; cependant, des questions liées au changement climatique, comme les marges de recul sur les côtes et les limites imposées aux projets de mise en valeur des côtes soumises à l'érosion, ne figurent pas dans le rapport des recommandations actuellement en place.

Répercussions et adaptation

Les répercussions prévues du changement climatique sont, entre autres, l'augmentation de l'érosion des côtes, des dommages et des inondations attribuables aux ondes de tempête et de la fréquence des perturbations des services essentiels de transport, la perte probable de sections côtières de la route 16, la hausse des coûts d'entretien des infrastructures, une modification des habitats côtiers et de l'abondance des espèces (crabe, palourde), qui aura une incidence sur la pêche tant commerciale que sportive, et des modifications de la forme et de l'écologie de la flèche Rose, une réserve écologique et un site religieux des Haïdas.

Certaines mesures d'adaptation proposées par Walker *et al.* (2007) mettent en valeur les avantages que présentent les collectivités ainsi que leurs vulnérabilités particulières. La planification de l'adaptation s'impose si l'on veut réduire le degré de vulnérabilité des infrastructures essentielles exposées, dont les routes côtières, les édifices et les aéroports situés en terrain bas, les lignes de transmission de l'électricité et des communications, de même que les services essentiels. Les premières interventions possibles sont entre autres de continuer à protéger les portions côtières vulnérables de la route 16 et d'améliorer les chemins forestiers en place afin de pouvoir disposer d'une autre route à l'intérieur des terres au besoin. Il reste à envisager des marges de recul sur les côtes et un changement de zonage le long des côtes sujettes à l'érosion et aux

inondations. Des projets de mise en valeur et de renouvellement économiques dans les secteurs du tourisme, des arts, de la culture et de la gestion des ressources continueront d'être des sources de diversification de l'économie locale et contribueront donc ainsi à l'amélioration de la résilience de la collectivité. La consolidation des forces culturelles, socio-économiques et politiques actuelles améliorera également la capacité générale d'adaptation des collectivités d'Haïda Gwaii à un changement climatique à plus long terme.

4.1.2 Banc Roberts, District régional du Grand Vancouver

Les platins du banc Roberts sont situés du côté du delta du Fraser qui fait face au large et en bordure de la corporation de Delta et de la réserve de la Première nation Tsawwassen. La corporation de Delta est une collectivité mixte urbaine et rurale qui fait partie du District régional du Grand Vancouver. Delta et la réserve Tsawwassen sont protégées des débordements du fleuve ou des ondes de tempête par des digues qui longent le fleuve et le rivage. Les platins constituent un important habitat pour les oiseaux et les poissons, et des milliers d'oiseaux aquatiques et de rivage ainsi que des mouettes les fréquentent (Vermeer *et al.*, 1994). D'immenses herbiers de zostère marine (*Zostera marina*) constituent un important habitat de fraye pour le hareng du Pacifique et nourrissent les saumoneaux quinnat et coho (Levings et Goda, 1991).

L'évaluation des répercussions de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes sur les platins du banc Roberts implique des interactions et des valeurs complexes chez les parties intéressées (Hill *et al.*, 2004). Deux importantes chaussées traversent la partie sud du banc Roberts : une structure de l'administration portuaire de Vancouver (Vancouver Port Authority) qui donne accès au terminal maritime de Delta Port et une structure qui dessert une importante gare maritime de la BC Ferries Corporation. Ces deux chaussées ont été construites dans les années 1950 sans qu'on ait vraiment consulté la collectivité, entraînant ainsi un mécontentement de même que des tensions qui perdurent. Des entrevues avec les intéressés ont permis de déterminer les principaux enjeux et positions en matière de gestion des terres et des ressources sur le banc Roberts. Ces renseignements ont servi à concevoir un atelier de discussion sur les problèmes possibles liés au changement climatique, atelier au sein duquel on a su faire abstraction des différends du passé. Parmi les principales préoccupations qui y ont été soulevées, on compte l'intégrité des infrastructures (digues, chaussées et installations portuaires), l'augmentation du risque d'inondation, la perte d'eau douce aux fins d'irrigation en été et la perte d'habitats du poisson et des oiseaux.

Répercussions et adaptation

Le tableau 10 résume les principales répercussions biophysiques de l'élévation du niveau de la mer sur le platin (Hill, sous presse). On prévoit que l'élévation relative nette du niveau de la mer au banc Roberts pourrait atteindre 0,23 à 1,02 m d'ici à 2100, d'après les projections du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2001), l'élévation du niveau marin à l'échelle planétaire, le taux passé d'élévation relative du niveau de la mer selon les données marégraphiques et les nouvelles données sur la subsidence du sol; dans la région de Delta, cette dernière contribue en effet à cette élévation relative pour 0,2 à 0,3 m (Mazzotti *et al.*, 2006).

Les platsins se caractérisent par diverses zones écologiques abritant des habitats distincts. Ces zones tendent à migrer vers l'intérieur des terres en réaction à l'élévation du niveau de la mer. Toutefois, la présence de digues prévient la migration naturelle du littoral consécutive à l'élévation du niveau de la mer, ce qui a pour effet de contraindre ces zones contre les digues (Clague et Bornhold, 1980; Hughes, 2004). À mesure que le niveau de la mer monte, les vagues, pour le moment ralenties par le frottement sur les hauts-fonds du delta, prendront plus de force et transporteront donc plus de sédiments, accentuant ainsi le danger d'érosion des marais. Une augmentation de la fréquence des violentes tempêtes amplifiera considérablement ce phénomène. Bien que des incertitudes persistent quant à l'accrétion des marais et aux taux futurs de transport des sédiments, on s'attend à ce que la superficie de vasières diminue beaucoup au cours du prochain siècle. Ces changements auront probablement des répercussions défavorables sur certains peuplements d'oiseaux (Hill, sous presse), car les marais et les vasières sont des habitats essentiels pour l'alimentation d'oiseaux migrateurs, comme le bécasseau d'Alaska (Elner *et al.*, 2005). L'élévation du niveau de la mer et le stress lié à la mise en valeur du territoire favoriseront probablement la propagation des herbiers de zostère marine, jusqu'à ce qu'ils constituent un habitat qui convienne aux poissons et aux espèces d'oiseaux qui s'en nourrissent, comme le héron.

L'étude du banc Roberts (Hill, sous presse) a eu pour résultat immédiat, comme le disait le maire de la corporation de Delta, de faire du changement climatique et de ses répercussions sur Delta

une priorité pour les trois prochaines années. Un sondage mené auprès de représentants municipaux, dont des scientifiques, des urbanistes et des ingénieurs, a révélé qu'on se préoccupe beaucoup des impacts du changement climatique, en particulier en ce qui concerne la protection des infrastructures essentielles et du milieu naturel contre l'élévation du niveau de la mer et les ondes de tempête. À Delta, on tient maintenant compte des répercussions de l'élévation du niveau marin dans la réévaluation de la conception de digues, ainsi qu'aux fins d'élaboration d'un plan de gestion de l'adaptation pour le projet d'expansion de DeltaPort. Un ensemble préliminaire d'indicateurs des impacts du changement climatique (Gregory *et al.*, 2006), comprenant des indicateurs biophysiques (p. ex., érosion du littoral, sédimentation), écologiques (p. ex., zones d'habitat essentiel), socioéconomiques (p. ex., revenu agricole), d'infrastructure (p. ex., intégrité des digues) et culturels (p. ex., zones d'utilisations traditionnelles du territoire), fournira les éléments de base utiles au processus de planification de l'adaptation dans l'avenir.

4.1.3 Résumé et leçons apprises

L'étude d'Haïda Gwaii a mis en lumière des caractéristiques propres aux collectivités côtières éloignées qui font face au changement climatique et à l'élévation du niveau de la mer. Les résultats de cette étude révèlent que :

- Nombre de collectivités éloignées et de leurs résidents possèdent des attributs socioculturels et socioéconomiques de résilience

TABLEAU 10 : Résumé des répercussions biophysiques de l'élévation relative du niveau de la mer sur le banc Roberts (*tiré de Hill, sous presse*).

Élément	Effet	Impact	Niveau de confiance
Élevation planétaire du niveau de la mer	0,08 m à 0,88 m d'ici à 2100 (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001)		Élevé
Subsidence des terres	2 à 3 mm/an dans le delta du Fraser		Élevé
Niveau relatif net de la mer	Valeurs médianes pour une subsidence de 2 mm/an : 2030 : 0,17 m 2050 : 0,27 m 2100 : 0,62 m		Élevé
Fréquence du débordement du fleuve	Les périodes de récurrence des inondations diminueront en raison de l'élévation du niveau de base de la mer, ce qui augmentera le risque	Négatif	Élevé
Marais	Érosion des marais due à la constriction des côtes et à l'augmentation de l'attaque des vagues; atténuée par l'accrétion naturelle des marais jusqu'à un taux seuil	Négatif	<ul style="list-style-type: none"> Modéré relativement au stress que subiront les marais Confiance faible à modérée qu'il n'y aura pas beaucoup de changements d'ici à 2050 Confiance faible à modérée que la dégradation des marais s'accélérera après 2050
Vasière	Réduction prévue de 45 p.100 à 63 p. 100 dans la région due à la constriction des côtes; atténuée par une certaine sédimentation dans la zone du marais actuel; peut être aggravée par l'augmentation des tempêtes et de l'action des vagues	Négatif	Faible
Zostère	Le fort taux d'expansion actuel semble indiquer que la zostère migrera vers les terres à mesure que la profondeur de l'eau changera	Aucun	Modéré à élevé
Biofilm	La superficie diminuera probablement avec la réduction de la vasière; l'augmentation de l'énergie des vagues pourrait rendre les sédiments plus grossiers et en réduire la production	Négatif	Faible
Prédation par les oiseaux de rivage	Augmentera probablement en raison de la migration vers les terres des aires d'alimentation optimales, jusque sur le territoire des rapaces prédateurs (Butler, 1999)	Négatif	Faible

susceptibles d'accroître leur capacité d'adaptation aux risques découlant du changement climatique dans un milieu par ailleurs exposé.

- Les réactions de la collectivité aux changements sociaux, culturels et économiques du passé sont des indications clés des éléments de capacité d'adaptation dont cette dernière dispose pour faire face au changement climatique (p. ex., capital social, cohésion sociale au sein de la collectivité).
- Malgré les résiliences intrinsèques des collectivités, la capacité d'adaptation aux impacts à long terme est menacée par : 1) l'exposition directe à l'élévation du niveau de la mer et aux tempêtes côtières; 2) la dépendance à l'égard d'infrastructures essentielles vulnérables et de services essentiels limités; 3) les limites des ressources économiques disponibles pour faire face à des répercussions continues et croissantes; 4) les lacunes en matière de plans d'aménagement du territoire qui ne tiennent généralement pas compte du changement climatique.

Pour la situation complexe et urbanisée que représente l'étude du banc Roberts, les résultats ont révélé que :

- Le processus d'intervention des parties intéressées doit être conçu de manière à apaiser les conflits préexistants et permettre de cibler les discussions sur les questions de changement climatique.
- Il faudrait adopter une démarche de type analytique-délibérative, c'est-à-dire un processus selon lequel une analyse technique éclairerait les discussions engagées en vue de permettre une meilleure compréhension des risques à l'échelle planétaire (Committee on Protection and Management of Pacific Northwest Anadromous Salmonoids, 1996); le tout devrait fournir un mécanisme grâce auquel les intervenants seraient en mesure de faire leurs premiers pas vers l'adaptation. Cette procédure, de nature itérative, permettrait aux experts techniques et aux parties intéressées d'en arriver à une compréhension commune des principales vulnérabilités et options d'adaptation.
- Dans les milieux côtiers touchés par de nombreuses interventions humaines, le changement climatique se superpose à toute une gamme d'autres changements biophysiques. C'est pourquoi il faudrait évaluer les répercussions du changement climatique dans le cadre d'un ensemble plus large d'impacts environnementaux cumulatifs se manifestant à un endroit donné.

Certains résultats de ces études s'appliquent également à d'autres collectivités côtières canadiennes, entre autres :

- Le changement climatique n'est qu'un des nombreux risques, changements et défis auxquels sont confrontées les collectivités côtières, ce qui constitue une raison de plus de vouloir comprendre comment ces collectivités ont réagi dans le passé (p. ex., restructuration sociale et économique, mesures visant l'aménagement et les infrastructures) afin de pouvoir planifier en prévision des changements à venir. Les interventions dans la zone côtière bénéficient de l'évaluation des répercussions cumulatives et de la planification en matière de gestion intégrée de la zone côtière. Les questions de compétence et les conflits du passé peuvent représenter des obstacles importants à la mise en œuvre d'une telle planification.
- La participation communautaire est essentielle pour obtenir, à l'échelle régionale, des résultats pertinents à la planification de

l'adaptation. Il faut prévoir des horizons raisonnables de cinq à dix ans pour bien impliquer les intervenants de la collectivité et mettre en œuvre des mesures d'adaptation réalisables.

- L'horizon temporel nécessaire pour faire une planification communautaire qui tienne compte du changement climatique est long, comparativement à la plupart des processus de planification communautaire de la Colombie-Britannique. L'élévation du niveau de la mer sera d'abord lente, mais risque d'aller en s'accélérant avec le temps. Les risques associés au changement climatique (p. ex., érosion, contamination des eaux souterraines, inondations dues aux tempêtes, augmentation des coûts de transport et des infrastructures) sont insidieux et pourraient se manifester sporadiquement. Par conséquent, les collectivités doivent procéder à une analyse du risque plus complexe et faire face à un degré d'incertitude plus élevé lorsqu'elles s'engagent dans un processus de planification de l'utilisation des sols et des infrastructures. En outre, le processus d'adaptation évolue avec le temps, allant des toutes premières interventions et de la surveillance des indicateurs clés jusqu'à des stratégies de planification à plus long terme.

4.2 CENTRE ET NORD DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE : LES COLLECTIVITÉS FORESTIÈRES ET LE DENDROCTONE DU PIN PONDEROSA

Les collectivités et le paysage du centre et du nord de la Colombie-Britannique illustrent parfaitement le rôle historique du secteur forestier dans le développement de la province. La rencontre subite des anciennes pratiques de gestion forestière avec les conditions climatiques actuelles offrent un exemple frappant des répercussions de l'évolution du climat au Canada. La présente étude de cas se penche sur les causes et les conséquences de la prolifération actuelle du dendroctone du pin ponderosa, sur la façon qu'une collectivité qui dépend de l'exploitation des forêts s'interroge quant à sa propre vulnérabilité et, à l'occasion de la mise en place récente d'un projet du ministère provincial des Forêts et des Pâturages, sur la décision de ce dernier d'adopter une démarche proactive qui intègre les impacts du changement climatique et l'adaptation à ce dernier dans le processus de gestion et de planification à long terme des ressources forestières.

4.2.1 Le dendroctone du pin ponderosa

Le dendroctone du pin ponderosa (DPP) est un insecte indigène que l'on retrouve du nord du Mexique au centre de la Colombie-Britannique. Il se nourrit des tissus succulents situés sous l'écorce de la plupart des espèces de pin qui peuplent son habitat (Furniss et Schenk, 1969). Bien que le DPP soit habituellement inoffensif, il arrive que des explosions de ses populations tuent des millions d'arbres sur de grandes superficies (Taylor *et al.*, 2006).

Il y a eu plusieurs proliférations de DPP en Colombie-Britannique, au XX^e siècle; cependant, la superficie touchée par la plus récente est près de dix fois supérieure à toutes les précédentes. En 2007, des infestations de DPP ont ravagé plus de 9,2 millions d'hectares de forêts de pin (BC Ministry of Forests and Range, 2006). Deux grandes conditions doivent être réunies pour qu'une prolifération se

déclenche. Premièrement, il doit y avoir une abondance de gros pins matures. La suppression des incendies et des facteurs historiques ont fait en sorte que la Colombie-Britannique comptait trois fois plus de pins matures au début de l'infestation actuelle qu'il y a 100 ans (Taylor et Carroll, 2004). Deuxièmement, plusieurs années de conditions météorologiques favorables à la survie du dendroctone doivent se succéder, soit des étés chauds pour sa reproduction et des hivers doux qui permettent à la génération suivante de survivre (Safranyik et Carroll, 2006). Au cours des dernières décennies, le climat du centre de la Colombie-Britannique a été très propice à la survie de l'insecte, particulièrement en raison de l'absence de longues périodes froides en hiver (Carroll *et al.*, 2004). Cette situation a fait que l'on assiste aujourd'hui à la plus importante prolifération de dendroctone du pin ponderosa de son histoire.

En plus de l'ampleur sans précédent de la prolifération, l'insecte s'est propagé dans des habitats qui, auparavant, ne lui convenaient pas, en particulier vers le nord et l'est (Carroll *et al.*, 2004). Sa répartition actuelle n'est pas restreinte par l'accès à des arbres hôtes convenables, car les forêts de pin s'étendent vers le nord, jusque dans le Yukon et les Territoires-du-Nord-Ouest, et vers l'est, jusque dans la forêt boréale. Le potentiel de dispersion du dendroctone vers le nord et l'est a plutôt été limité par le climat (Safranyik *et al.*, 1975). Les modèles révèlent que des conditions climatiques favorables au DPP se sont récemment installées sur de grandes parties de l'Ouest canadien (voir la figure 10), phénomène qui fait croître de plus de 75 p.100 la superficie de l'habitat aux conditions climatiques optimales (Carroll *et al.*, 2004). Les scénarios de changement climatique décrits par Flato *et al.* (2000) semblent indiquer que les conditions favorables à la propagation du DPP vers l'est, dans l'Alberta, et vers le nord, dans la forêt boréale, vont se poursuivre.

Le taux sans précédent de mortalité des arbres lié à la prolifération en cours a des répercussions importantes sur l'hydrologie forestière (voir la figure 11; Hélie *et al.*, 2005). L'infestation actuelle et prévue du DPP en Colombie-Britannique tuera probablement assez d'arbres pour entraîner l'accroissement du taux d'exposition des sols aux précipitations et mènera à une augmentation de l'épaisseur du

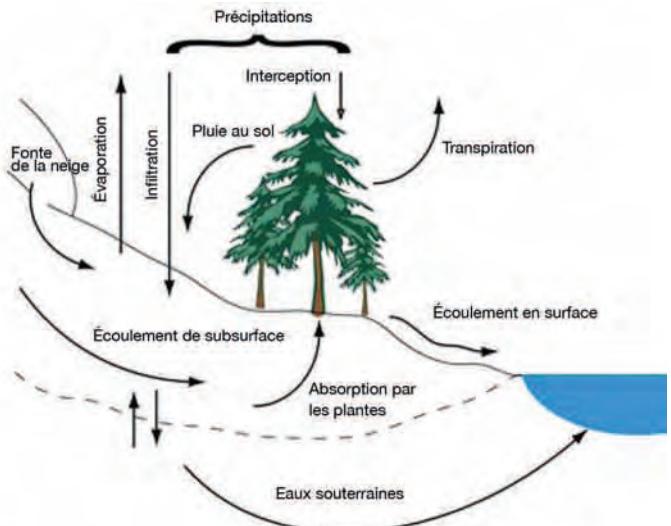


FIGURE 11 : Cycle hydrologique forestier (extrait modifié tiré de Hélie *et al.*, 2005).

couvert nival ainsi qu'à la fonte précoce de la neige, ce qui agraverait le risque d'inondation. De telles modifications du cycle hydrologique pourraient expliquer les changements observés dans l'apport d'eau annuel, le débit de pointe et l'augmentation des débits de base et des débits minimaux dans les bassins touchés par le DPP (voir Cheng, 1989; Forest Practices Board of BC, 2007). Plus récemment, d'autres régions de la Colombie-Britannique ont signalé l'élévation du niveau des nappes phréatiques (p. ex., Vanderhoof Forest District) dans des régions touchées par la prolifération (BC Ministry of Forests, 2005). La ville de Prince George craint également une augmentation du risque d'inondation dans les parties basses de la ville en raison de la hausse prévue des niveaux d'eau de la rivière Nechako et du Fraser, en particulier pendant le ruissellement printanier (Dyer, 2006).

L'ampleur des répercussions hydrologiques d'une prolifération de DPP dépend de son étendue et de son emplacement au sein du bassin concerné, de même que de la géographie de ce dernier. Alors que ces répercussions s'atténuent à mesure que les régions touchées récupèrent, les débits pourraient rester élevés, quoique de moins en moins, pendant quelque 60 à 70 ans (Troendle et Nankervis, 2000). Certaines données semblent indiquer que la récolte des arbres infectés pourrait accélérer le moment où aurait lieu le rétablissement de l'hydrologie, comparativement à un scénario de la pire éventualité où la régénération se ferait de façon naturelle (Dobson Engineering Ltd, 2004). Une meilleure compréhension des répercussions du DPP et des activités de récolte connexes sur l'hydrologie des bassins versants forestiers en Colombie-Britannique est nécessaire afin d'aider à déterminer les taux appropriés d'intervention requis et de guider le choix en matière de mesures d'adaptation d'envergure plus vaste.

4.2.2 Vulnérabilité des collectivités forestières

Les implications des changements subis par les ressources forestières pour les résidents de Vanderhoof et de ses alentours dans le centre-nord de la Colombie-Britannique présentent un exemple des

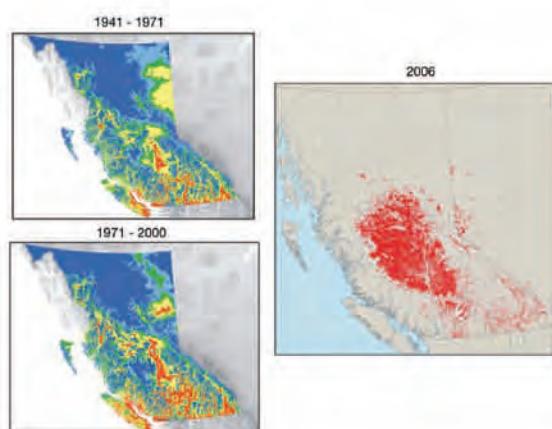


FIGURE 10 : Gauche : Répartitions passées des habitats de la Colombie-Britannique dont le climat convient au dendroctone du pin ponderosa (DPP; extrait modifié tiré de Carroll *et al.*, 2004). Les régions à aptitude « très basse » ne conviennent pas au DPP tandis que les régions à aptitude « très élevée » présentent des conditions climatiques optimales pour cet insecte. Droite : Superficie totale touchée en 2006 par la prolifération du dendroctone du pin ponderosa en Colombie-Britannique (Ressources naturelles Canada, 2007).

difficultés que pourraient connaître les quelque 110 collectivités de la Colombie-Britannique qui dépendent du secteur forestier. Ces collectivités sont aux prises avec les mêmes répercussions générales du changement climatique que les autres collectivités de la Colombie-Britannique, mais aussi avec d'autres facteurs qui augmentent encore plus leur vulnérabilité. Premièrement, leur dépendance économique vis-à-vis de l'extraction et de la transformation des ressources forestières fait que l'économie locale est très sensible aux changements survenant dans la disponibilité des ressources en raison du climat (Davidson *et al.*, 2003). Cette exposition économique est amplifiée par le fait que le changement climatique pourrait provoquer une augmentation relative de l'approvisionnement en bois d'œuvre et produits forestiers provenant d'autres pays, de telle façon que l'industrie forestière de la Colombie-Britannique devra faire face à une concurrence plus intense (Perez-Garcia *et al.*, 2002; Sohngen et Sedjo, 2005). Deuxièmement, de nombreuses collectivités forestières sont relativement petites et éloignées, ont une économie non diversifiée et une main d'œuvre spécialisée, ce qui limite leur capacité de s'adapter au changement climatique. Troisièmement, comme on s'attend à ce que le nombre et l'intensité des feux de friche augmentent à la suite du changement climatique (Flannigan *et al.*, 2005), les collectivités forestières seront confrontées à un plus grand risque de perte de propriété, d'évacuation et de détérioration de la qualité de l'air consécutives aux incendies de forêt (Davidson *et al.*, 2003). Quatrièmement, les investissements dans l'aménagement forestier et les installations de transformation de grande envergure des produits forestiers sont des investissements à long terme qu'il est difficile d'annuler. Les décideurs en cette matière doivent composer avec de longues périodes d'investissement, un niveau de risque dynamique et un degré d'incertitude croissant sans cesse en fonction de la longueur des périodes de prévision (Davidson *et al.*, 2003). Cette situation rappelle l'importance de la gestion du risque dans le secteur forestier et les collectivités forestières en tant que mesure d'adaptation au changement climatique (Ohlson *et al.*, 2005).

Vanderhoof compte 4 400 habitants et de forts liens économiques et sociaux avec le territoire forestier environnant. Le secteur forestier constitue environ 63 p.100 de la base économique de la collectivité. L'effet le plus immédiat du changement climatique sur Vanderhoof est l'infestation de dendroctone du pin ponderosa qui a, et qui continuera d'avoir, des répercussions importantes sur ses ressources et sur la fabrication locale de produits forestiers. Avant la flambée de DPP, le district forestier de Vanderhoof bénéficiait d'un taux de récolte autorisé d'environ deux millions de mètres cubes par année, alors que la cible annuelle actuelle est de 6,5 millions de mètres cubes (Pederson, 2004). Cette augmentation vise à récupérer les arbres tués par le DPP. Une fois que le dendroctone aura disparu (c'est-à-dire dans une dizaine d'années), le taux d'exploitation annuel devrait se situer à entre 1,25 et 1,75 million de mètres cubes (Pederson, 2004). L'économie de Vanderhoof connaîtra donc d'importantes fluctuations sur une courte période de temps. Le défi que Vanderhoof aura à relever sera de gérer cette transition en faisant en sorte que les réductions du capital naturel causées par le dendroctone soient compensées par des augmentations dans d'autres formes de capital utilisable (capital de fabrication humaine, nouvelle forêt ou autres utilisations des sols) afin de maintenir la viabilité économique à long terme de la région (voir Pezzy, 1989; Solow, 1991).

Les résidents de Vanderhoof sont également très attachés, sur les plans culturel et psychologique, au paysage forestier environnant et s'inquiètent énormément des répercussions à long terme des changements environnementaux sur la collectivité et les générations à venir (Frenkel, 2005). Le Service canadien des forêts tente présentement de mettre au point des méthodes pour simuler les effets à long terme du changement climatique sur les forêts à une échelle plus pertinente pour ces collectivités. Ces méthodes ont été appliquées à une zone d'étude de 40 000 km² autour de Vanderhoof afin de simuler, à l'aide de deux scénarios climatiques différents, la répartition future des types de couverts forestiers en 2100 (voir le tableau 11 et la figure 12). Les deux simulations révèlent des changements importants dans la composition des forêts et fournissent des indications d'ordre général sur les changements qui pourraient survenir au cours des 100 prochaines années. Les répercussions à long terme du changement climatique en termes de nature et d'ampleur des effets sur l'écosystème forestier ne sont pas nécessairement catastrophiques. Même si la composition de la forêt se modifie, le couvert forestier continuera d'exister, quel que soit le scénario climatique pris en considération.

L'étude de cas de Vanderhoof souligne qu'il faut disposer d'informations sur l'ampleur et le choix du moment des répercussions à une échelle pertinente à l'endroit en question pour faciliter l'évaluation de l'adaptation. L'expérience de Vanderhoof révèle également que l'objectif de gérer de façon durable une ressource unique peut être difficile à atteindre à l'échelle de la collectivité. En fait, la réduction d'une forme de capital, dans le cas présent, la forêt, pourrait devoir être compensée par l'augmentation d'autres formes de capital, comme la conversion d'un territoire en terres agricoles ou l'investissement dans de nouvelles industries.

TABLEAU 11 : Superficie approximative de chaque type de végétation simulée, en pourcentage de la superficie totale de la zone d'étude Vanderhoof, en Colombie-Britannique (Source : D. Price, Ressources naturelles Canada).

Type de végétation ou de forêt	Actuellement (vers 2000)	HadCM3-B2 (vers 2100)	CSIRO2-A2 (vers 2100)
Résineux de région tempérée	46	24	6
Feuillus de région tempérée	<1	0	10
Résineux de forêt boréale	54	75	26
Feuillus de forêt boréale	0	0	14
Forêt mixte de région tempérée	<1	1	33
Forêt boréale mixte	0	0	11
Conifères et prairie	0	<1	0

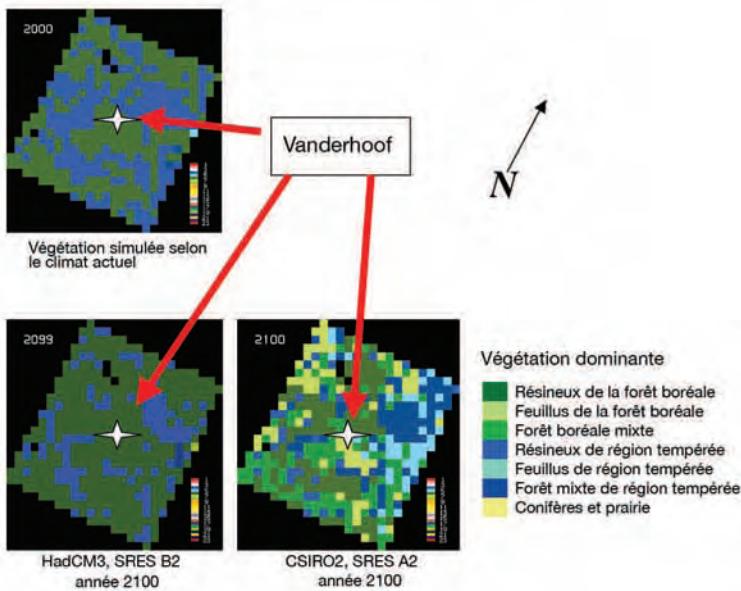


FIGURE 12 : Couvert forestier simulé (établi au moyen d'IBIS, un modèle de végétation planétaire dynamique) dans la zone d'étude de Vanderhoof, en Colombie-Britannique, en fonction du climat actuel et de celui du début du prochain siècle, selon deux scénarios climatiques (Source : D. Price, Ressources naturelles Canada). La région à l'étude mesure environ 200 km sur 200 km, le district de Vanderhoof étant sis au centre. Chaque maille de la grille simulée par le modèle IBIS mesure 10 km sur 10 km.

4.2.3 Équipe de travail sur le changement climatique et Initiative des écosystèmes forestiers de l'avenir de la Colombie-Britannique

Le changement climatique jouera un rôle de premier plan dans la forme que prendront la composition et l'utilisation des forêts en Colombie-Britannique. Conscient de ce fait, le ministère provincial des Forêts et des Pâturages a élaboré deux projets interrelatifs pour examiner l'état futur potentiel des écosystèmes forestiers et déterminer comment il faudra réagir en matière de gestion. Ces initiatives considèrent le changement climatique comme une influence importante, tout autant que la concurrence des autres pays et les nouvelles relations de travail entre les gouvernements et les Premières nations, pour l'avenir des forêts, du secteur forestier et des collectivités forestières de la Colombie-Britannique. Elles témoignent d'un effort de passer de l'étude des répercussions à la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

À l'automne 2005, le Ministère a mis sur pied une équipe de travail sur le changement climatique qui a pour tâche de revoir les répercussions possibles du changement climatique sur les ressources provinciales en matière de forêts et de pâturages, de détecter les lacunes sur le plan des connaissances et d'élaborer des recommandations sur la façon dont le Ministère devrait réagir. Les recommandations de l'équipe ont été publiées dans un rapport intitulé *Preparing for Climate Change: Adapting to Impacts on British Columbia's Forest and Range Resources* (BC Ministry of Forests and Range, 2006). L'Initiative des écosystèmes forestiers de l'avenir (Future Forest Ecosystems Initiative, ou FFEI), lancée en décembre 2005, a réuni des représentants d'universités et des gouvernements

(provincial et fédéral), des Premières nations, du secteur forestier et d'organisations environnementales pour un colloque-atelier de deux jours.

Le Ministère a procédé à de nombreuses consultations en s'appuyant sur les rapports de l'équipe de travail et de la FFEI. Il a amalgamé les recommandations des rapports et les résultats des consultations dans le but de pouvoir adapter le cadre de gestion des forêts de la Colombie-Britannique à l'évolution du climat. On y parviendra en comprenant mieux les processus écologiques et les risques qui menacent les écosystèmes forestiers, et en faisant connaître les façons d'adapter le cadre de gestion des forêts à un milieu en évolution. On élaboré actuellement des stratégies en ce sens. Il s'écoulera certes quelques années avant la mise en œuvre des interventions d'adaptation, mais la consultation, le renforcement des capacités et les évaluations de la vulnérabilité sont les premières étapes de cette démarche d'adaptation.

4.3 INTÉRIEUR SUD : RÉGIONS DE L'OKANAGAN ET DU BASSIN DU COLUMBIA

L'intérieur sud de la Colombie-Britannique comprend la région de l'Okanagan et le bassin supérieur du Columbia, qui alimentent tous deux le système inférieur du Columbia. La principale difficulté d'adaptation au climat de ces deux régions réside dans le besoin de gérer les ressources en eau pour des usages multiples et souvent concurrents. L'Okanagan connaît une croissance rapide de la population et de l'agriculture sous irrigation, alors que la région du Columbia occupe une position unique en raison de son importance pour la production d'hydroélectricité pour la Colombie-Britannique et pour le Traité du fleuve Columbia, conclu avec les États-Unis. Les deux régions sont également aux prises avec des problèmes de gestion et de conservation des ressources halieutiques. La discussion ci-dessous reflète le fait que l'Okanagan a fait l'objet de beaucoup plus d'études.

4.3.1 Questions relatives aux ressources hydriques

Les réseaux d'approvisionnement en eau de l'Okanagan subissent déjà le stress exercé par une croissance démographique rapide et par des modifications de l'utilisation des sols (Cohen *et al.*, 2004, 2006). Les récentes sécheresses de 2001 et 2003 sont des exemples de phénomènes extrêmes à court terme qui ont eu une influence sur l'approvisionnement et la demande en eau, et sur les perceptions du risque dans la région. La sécheresse de 2003 a provoqué des conflits locaux à propos de l'utilisation de l'eau (Moorhouse, 2003) et mené à la mise en place de mesures de conservation tant d'urgence qu'à plus long terme (Johnson, 2004). Ces sécheresses ont fait prendre davantage conscience du problème de la sensibilité au climat et peut-être même de la vulnérabilité au changement climatique. Conjugués à la croissance démographique prévue, aux préoccupations relatives aux écosystèmes aquatiques et aux pêches, et aux tendances à long terme du développement régional, les répercussions du changement climatique à venir viennent s'ajouter aux questions sur lesquelles les planificateurs et les gestionnaires des eaux de cette région devront se pencher.

La diversité des points de vue quant aux répercussions du changement climatique a constitué le point de départ d'un dialogue sur la façon dont la région pourrait s'adapter au changement climatique (Cohen *et al.*, 2000). Des recherches ont décrit les répercussions possibles sur l'hydrologie et la gestion des eaux du réseau du Columbia, dont d'éventuels compromis entre la gestion à des fins de production d'hydroélectricité et le maintien de débits minimums pour les pêches (Payne *et al.*, 2004). Dans l'Okanagan, les études de cas sur l'hydrologie et la demande en eau aux fins d'irrigation (Cohen et Kulkarni, 2001; Neilsen *et al.*, 2001) ont été suivies par des travaux de collaboration qui comprenaient des évaluations du bilan hydrique de la région, y compris de la demande du secteur agricole et du secteur résidentiel (Neilsen *et al.*, 2004a, b), de même que des expériences d'adaptation, un examen préliminaire des coûts associés aux options d'adaptation et un dialogue sur leur mise en œuvre potentielle.

Des scénarios de changement climatique basés sur deux scénarios d'émissions (A2 et B2) et trois modèles climatiques ont servi à générer des scénarios hydrologiques pour divers sous-bassins du bassin de l'Okanagan correspondant à trois périodes de temps, soit les années 2020, 2050 et 2080 (Merritt *et al.*, 2006). Tous les résultats révèlent un avancement de la période de pointe de la fonte des neiges au printemps, accompagné d'une réduction du débit en été et d'une augmentation en hiver, quoique la forme de cette période de pointe varie considérablement (*voir* les figures 13 et 14). Les hydrogrammes issus de ces scénarios se sont révélés un outil important de transposition des répercussions du changement climatique en termes qui s'avèrent significatifs et tangibles pour les gestionnaires responsables de la prise de décision à l'échelle régionale.

Les scénarios hydrologiques du bassin de l'Okanagan sont dans l'ensemble semblables à ceux du Columbia. L'accumulation maximale annuelle de neige serait atteinte quatre semaines plus tôt d'ici les années 2080. Le débit de pointe du printemps surviendrait 15 à 40 jours plus tôt d'ici les années 2050, et 20 à 70 jours plus tôt d'ici les années 2080. Une accumulation annuelle de neige plus faible, et atteinte plus tôt, aurait un impact important sur le bassin du Columbia du fait du rôle critique qu'elle joue dans le maintien de la régularité de la production d'hydroélectricité (Columbia Mountain Institute for Applied Ecology, 2003). La variation de l'apport annuel des eaux de surface irait d'une diminution modeste à des réductions extrêmes d'environ 65 p.100 d'ici les années 2080 (Merritt *et al.*, 2006). En même temps, on prévoit une augmentation de la demande en eau des secteurs agricole et résidentiel, contribuant ainsi au risque croissant de pénuries d'eau. La demande en eau pour les cultures durant les années 2080 pourrait augmenter de 60 p.100 en raison de l'allongement et du réchauffement de la saison de croissance, mais des facteurs comme l'utilisation des sols et la fertilisation par le dioxyde de carbone influeront sur cette évaluation (Neilsen *et al.*, 2004a, 2006). Une comparaison entre l'approvisionnement en eau dans le lac Okanagan et la demande prévue pour les cultures révèle que le rapport global de la demande à l'approvisionnement augmenterait d'environ 25 p.100 à 50 p.100 (*voir* la figure 15).

La croissance démographique prévue et l'allongement de la saison de croissance pourraient entraîner une importante augmentation de la demande du secteur résidentiel. L'étude de cas d'Oliver, en Colombie-Britannique, révèle que la demande pourrait tripler d'ici les années 2080. La mise en œuvre d'un portefeuille de mesures axées sur la demande pourrait ralentir l'augmentation prévue (*voir* la figure 16), ce qui donnerait le temps à la collectivité de prévoir des moyens

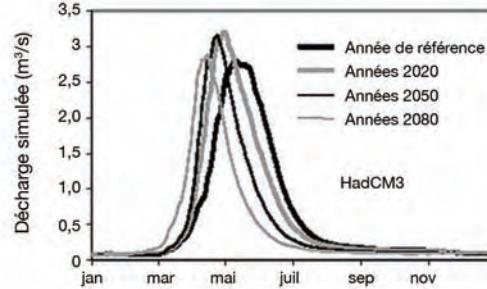
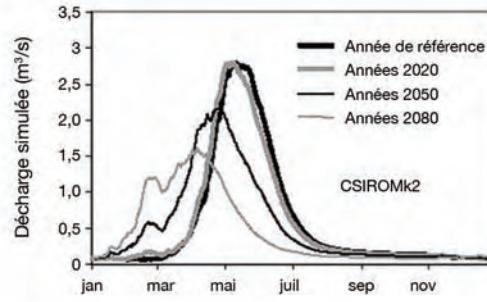
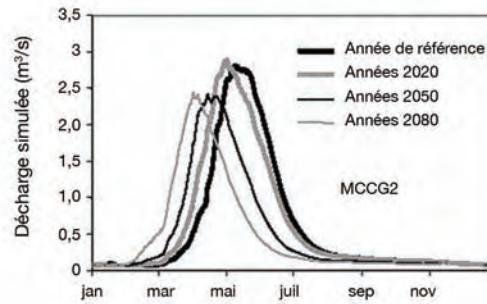


FIGURE 13 : Scénarios hydrologiques du ruisseau Whiteman, en Colombie-Britannique, établis à partir de trois modèles climatiques (MCCG2, CSIROmk2 et HadCM3) et du scénario d'émissions A2 (Merritt *et al.*, 2006).

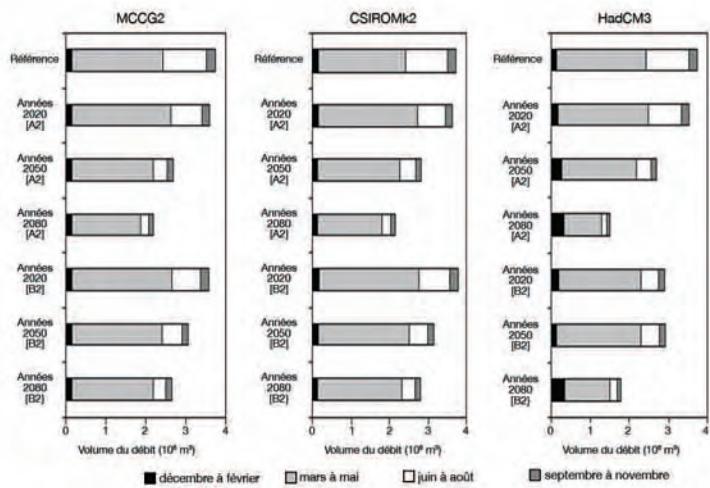


FIGURE 14 : Réactions hydrologiques prévues du volume du débit au ruisseau Vaseaux, dans le bassin de l'Okanagan, en Colombie-Britannique, établies à partir de trois modèles climatiques et de deux scénarios d'émissions (A2 et B2; Merritt *et al.*, 2006).

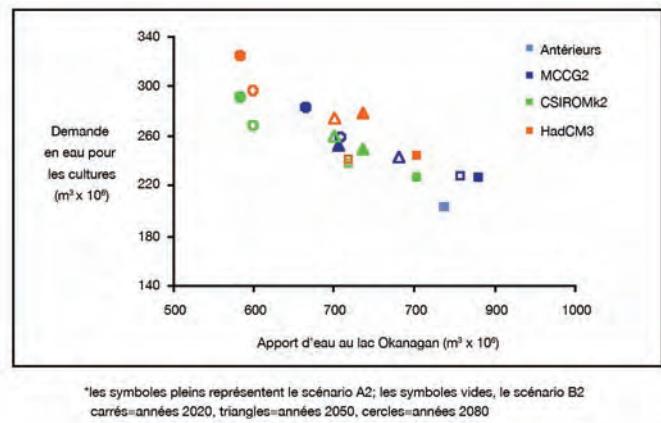


FIGURE 15 : Changements projetés de l'apport d'eau dans le lac Okanagan et de la demande en eau pour les cultures (Neilsen *et al.*, 2004a).

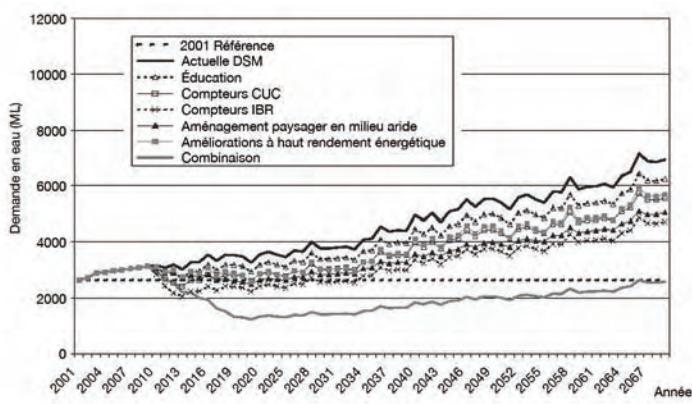


FIGURE 16 : Changements projetés de la consommation résidentielle à Oliver, en Colombie-Britannique, dus à la croissance démographique et au changement climatique, et application présumée de mesures d'adaptation axées sur la demande (Neale *et al.*, 2006).

d'augmenter l'approvisionnement en eau (Neale *et al.*, 2006). Sans mesures spécifiques de gestion de la demande pour les secteurs agricole et résidentiel et pour les écosystèmes aquatiques, dans le cadre d'un portefeuille élargi de mesures d'adaptation, la demande annuelle totale dépassera les apports annuels disponibles du bassin de l'Okanagan vers la fin du présent siècle (Langsdale *et al.*, 2006).

Adaptation

Dans le bassin de l'Okanagan, on a souvent eu à adapter les réseaux d'aqueduc pour faire face à de nouveaux problèmes ou tirer avantage de nouvelles possibilités; au nombre des exemples, on compte la régionalisation des réseaux de distribution de l'eau à Vernon et l'installation de compteurs dans le district d'irrigation du sud-est de Kelowna (Southeast Kelowna Irrigation District, ou SEKID) et dans la ville de Kelowna. Dans le cas du SEKID, le facteur ayant déclenché l'intervention a été le climat sec de 1987. On a eu recours à divers moyens pour en arriver à des décisions, parfois à l'aide de mesures incitatives provinciales ou sous l'influence du stress exercé par le milieu ou l'évolution des coûts. Jusqu'à présent, les cas du SEKID et

de Kelowna semblent révéler que les mesures sont parvenues à faire baisser la demande en eau, mais il est encore trop tôt pour évaluer les résultats de la régionalisation de la distribution d'eau à Vernon (Shepherd *et al.*, 2006).

En termes d'adaptation au changement climatique à venir, il existe un grand éventail de solutions de coûts variables (Hrasko et McNeill, 2006), compte tenu du fait que d'autres facteurs que le coût agiront sur la prise de décision (Tansey et Langsdale, 2004). Par exemple, les participants au dialogue d'Oliver se sont dits intéressés à exploiter davantage les eaux souterraines et ont convenu qu'il fallait utiliser l'eau plus efficacement. Toutefois, ils s'inquiétaient qu'une plus grande efficacité de l'utilisation de l'eau par le secteur agricole puisse mener à une perte de droits relatifs à l'eau en faveur des usagers du secteur résidentiel et accélérer la croissance démographique. À Westbank, qui fait partie de l'unité de planification dite « Trepanier Landscape Unit » (TLU), une région à croissance démographique rapide, les participants au dialogue se sont dits intéressés à augmenter l'approvisionnement en pompant l'eau du lac Okanagan et en améliorant l'efficacité par la détection des fuites et d'autres mesures.

Un atelier à l'échelle du bassin, tenu à Kelowna, se voulait plus stratégique. On a appuyé l'intégration, à l'échelle du bassin, de la planification des terres et des eaux, et une structure de gouvernance à cet effet. Certains se sont dits inquiets du manque de sensibilisation perçu dans le public quant aux problèmes des ressources hydriques d'ordre régional et ont soulevé le besoin d'informer davantage le public. Un résultat important de cette approche participative aux recherches sur les répercussions du changement climatique et sur l'adaptation a été la prise en considération explicite du changement climatique dans le plan de gestion des eaux de la TLU (Summit Environmental, 2004).

4.3.2 L'agriculture

Les cultures du bassin de l'Okanagan dépendent entièrement de l'irrigation, et l'agriculture utilise donc 75 p.100 de l'eau consommée. Présentement, on y trouve surtout des cultures de vivaces (arbres fruitiers et raisin de cuve à fort rapport économique, pâturages et plantes fourragères) et une petite superficie de cultures annuelles (maïs d'ensilage, légumes) croissant dans des microclimats qui leur conviennent. La production économique de cultures très lucratives exige de pouvoir disposer de l'eau au moment opportun afin d'assurer la qualité du produit et de protéger l'investissement que représentent les plants d'espèces vivaces. On a recours à des déficits hydriques planifiés pour améliorer les attributs de qualité de certaines cultures, notamment le raisin de cuve (Dry *et al.*, 2001), tout en conservant l'eau. C'est pourquoi les limites de la disponibilité de l'eau d'irrigation et l'adaptation à cette situation dans le climat actuel et à venir sont des questions importantes pour le secteur de l'agriculture en Colombie-Britannique.

Même si ce sont les changements du climat moyen qui détermineront, à la longue, quelles productions seront viables dans une région, les phénomènes climatiques extrêmes posent un plus grand défi d'adaptation (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001). Pour l'agriculture de l'Okanagan, le plus grand risque est la manifestation et l'augmentation de la fréquence des sécheresses, de même que la pénurie d'eau qui les accompagne et met en péril les cultures sous irrigation.

Des modèles de la demande en eau élaborés à l'aide des scénarios de changement climatique de trois MCG et de deux scénarios d'émissions laissent tous prévoir pour le bassin de l'Okanagan une augmentation de la demande en eau de l'ordre de 12 p.100 à 20 p.100 dans les années 2020, de 24 p.100 à 38 p.100 dans les années 2050 et de 40 p.100 à 61 p.100 dans les années 2080 (Neilsen *et al.*, 2006), ce qui correspond à l'augmentation de la demande en période de pointe et à l'allongement de la saison de croissance (30 p.100 à 35 p.100 d'ici 2100 pour toutes les cultures). L'augmentation de l'évapotranspiration est le facteur le plus important de la croissance de la demande en eau pour les cultures. Dans une étude de cas d'un sous-bassin (ruisseau Trout), où la demande en eau provient surtout du secteur agricole, la fréquence à laquelle la demande en eau modélisée pour les cultures dépassait le seuil de stockage d'un barrage augmentait au cours du siècle dans tous les scénarios de changement climatique (Neilsen *et al.*, 2006). Compte tenu de l'augmentation de la fréquence des sécheresses liée au changement climatique, il est clair que les infrastructures en place, typiques d'un grand nombre des réservoirs de stockage des terres hautes de la région, seront incapables de répondre à la demande dans les années de climat extrême.

Vulnérabilité des producteurs

Deux études de la vulnérabilité des pomiculteurs et des viticulteurs au climat et aux autres risques ont été menées séparément dans la vallée de l'Okanagan (Belliveau *et al.*, 2006a, b) à l'aide de la méthodologie élaborée par Ford et Smit (2004). On a posé aux producteurs une série structurée de questions pour les amener à caractériser les bonnes et les mauvaises années, et à indiquer les stratégies de gestion qu'ils ont utilisées en conséquence. Tous les facteurs ayant eu une incidence sur la production et le rendement ont été soulevés, sauf le changement et la variabilité du climat qui, eux, n'ont été mentionnés qu'à la fin du sondage.

Les pomiculteurs et les viticulteurs ont mentionné des risques différents, même si leurs exploitations sont situées aux mêmes endroits. Les producteurs de raisin s'inquiètent surtout des risques d'ordre météorologique (*voir* la figure 17), inquiétude que l'examen des données météorologiques et de production à long terme confirme d'ailleurs (*voir* le tableau 12; Caprio et Quamme, 2002). Pour leur part, les pomiculteurs ont également mentionné les risques météorologiques comme un facteur important lorsqu'il s'agissait de déterminer si une année avait été bonne ou mauvaise, mais c'est le prix du marché qui se retrouvait au premier plan de

TABLEAU 12 : Principaux facteurs climatiques déterminant l'aptitude de la Colombie-Britannique à soutenir un système de culture de plantes ligneuses vivaces (*selon* Caprio et Quamme, 2002).

Stade phénologique	Facteur phytologique	Impact du climat	Pomme	Cerise	Abricot / Pêche	Raisin
Année en cours						
Dormance	Rigueur de l'hiver	Nuisible	<-7°C à <-29°C de nov. à févr.	< -13°C à < -24°C de nov. à févr.	< -13°C à < -24°C de nov. à févr.	< -6°C à < -23°C de nov. à févr.
	De-acclimatation	Nuisible	> 5°C en janv.			> 9°C de nov. à déc.
	Protection des racines	Avantageux		Chute de neige	Chute de neige	Chute de neige en janvier
Floraison	Dommages par le gel de printemps	Nuisible	< 5°C	< -2°C	< -2°C	
Pollinisation/ croissance du tube pollinique	Hors de la plage thermique optimale	Nuisible	> 28°C le jour; < 10°C la nuit			
		Avantageux	> 21°C le jour; > 11°C la nuit	> 16°C	> 16°C	
Division et expansion des cellules du fruit	Hors de la plage thermique optimale	Nuisible	> 33°C en août	> 33°C à > 37°C à la récolte	> 31°C à la récolte	> 32°C de juil. au début d'août (véraison ¹)
	Craquelures des cerises/maladies/réduction de la photosynthèse	Nuisible		Pluie juste avant et durant la récolte		Pluie en tout temps (maladie)
		Avantageux	> 17°C à la récolte			> 26°C durant la saison entière
Saison précédente						
Apparition du bourgeon	Hors de la plage thermique optimale	Nuisible	> 30°C en juin			> 32°C
		Avantageux				> 26°C autre qu'à la mi-juil.
Développement du bourgeon	Hors de la plage thermique optimale	Nuisible	> 26°C en août		> 27°C en août	
	Réduction de la photosynthèse, maladie	Nuisible		Précipitations	Précipitations	
		Avantageux		> 19°C de sept. à oct.	> 26°C de sept. à oct.	> 26°C autre qu'à la mi-juil.

¹ étape physiologique à laquelle le raisin commence à prendre de la couleur.

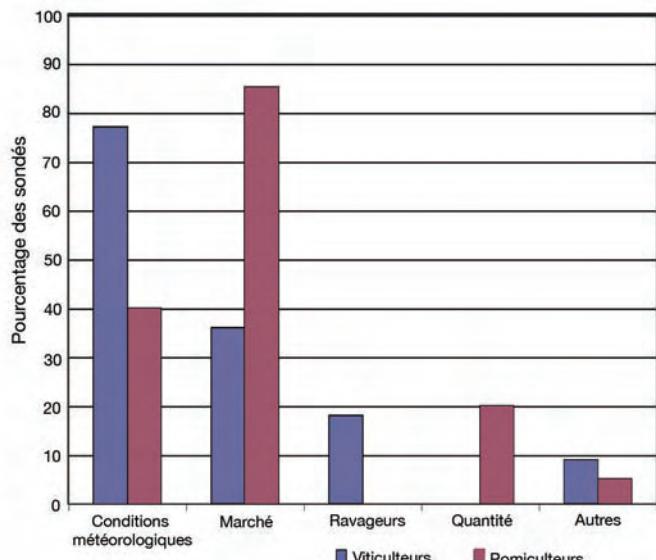


FIGURE 17 : Risques qui caractérisent les mauvaises années économiques, tels que déterminés par les pomiculteurs et les viticulteurs de la vallée de l’Okanagan, en Colombie-Britannique (Belliveau *et al.*, 2006a, b).

leurs préoccupations (voir la figure 17). La combinaison d’une baisse des prix du marché et d’une récolte de moins bonne qualité en raison du mauvais temps était considérée par eux comme le pire des scénarios. Comme dans le cas des viticulteurs, ce sont les dommages dus au froid et à la dessiccation en hiver, et les températures élevées en été, de même que la grêle, qui sont leurs principales préoccupations d’ordre climatique.

Les pomiculteurs et les viticulteurs se sont adaptés pour réduire le risque au minimum (voir le tableau 13). Dans les deux cas, la qualité du fruit étant le principal déterminant du prix, ils consacrent beaucoup d’efforts à obtenir une récolte de la meilleure qualité possible. Un certain nombre de pratiques peuvent compenser les effets des conditions météorologiques, y compris la protection contre le gel par l’irrigation ou des souffleuses à air, la protection contre le stress de la chaleur au moyen de l’irrigation pour assurer un refroidissement par évaporation, et une meilleure lutte contre les maladies et les ravageurs durant les années froides et humides. Il y a également eu des réactions non horticoles aux conditions météorologiques, comme celle de produire un type de vin différent ou d’expédier les fruits aux usines de transformation plutôt qu’aux marchés de fruits et légumes frais. L’assurance-récolte est une importante stratégie de gestion du risque à laquelle ont recours 85 p.100 des pomiculteurs et 72 p.100 des viticulteurs pour compenser les pertes dues aux conditions météorologiques.

Des stratégies de gestion du risque visant à régler un problème peuvent en empirer un autre. Par exemple, deux stratégies appuyées par le gouvernement, soit le programme d’arrachage des vignes, en 1988, et le programme de plantation de pommiers à partir de 1992, ont malheureusement augmenté la vulnérabilité au risque climatique. Dans le cas des vignes, des variétés hybrides résistantes au froid ont été remplacées par des variétés plus fragiles; dans le cas des pommiers, les porte-greffes nanisants ont augmenté la susceptibilité au dommage hivernal des racines de même qu'à la brûlure des fruits par le soleil. Les programmes d'aide, comme le Programme canadien de stabilisation du revenu agricole, peuvent

également nuire aux mesures prises par les producteurs pour réduire les risques climatiques. Par exemple, la décision des pomiculteurs de diversifier leurs variétés peut signifier que l'échec d'une récolte sera masqué par le succès d'une autre, ce qui empêche la ferme d'avoir droit à l'aide au revenu. De même, la diversification des sites chez un viticulteur peut empêcher celui-ci d'être dédommagé pour la perte d'une récolte à un site donné si d'autres sites n'ont pas été touchés, à moins que chacun des sites ne soit couvert séparément.

Les élévations de la température moyenne de 1,5 °C à 4 °C prévues d'ici les années 2050 pour cette région pourraient permettre aux viticulteurs de planter des variétés qui mûrissent plus tard ou qui ont besoin de plus d'unités thermiques pour atteindre une meilleure qualité (voir le tableau 12). Les pomiculteurs pourraient également cultiver des variétés qui exigent une saison de croissance plus

TABLEAU 13 : Adaptation des pomiculteurs et des viticulteurs de la vallée de l’Okanagan à l’échelle de l’exploitation pendant les mauvaises années (Belliveau *et al.*, 2006a, b).

Facteur	Moyens d’adaptation	
	Viticulteurs	Pomiculteurs
Conditions météorologiques		
Saison froide et humide	Enlever les plants et les nouvelles pousses; pulvérisations supplémentaires contre les moisissures Faire des vins pétillants Vins de prix inférieur	
Gel	Irriguer Souffleuses à air Assurance-récolte Choix d’une variété précoce	Irriguer Souffleuses à air Assurance-récolte
Chaleur extrême	Irriguer	Irriguer Diversifier le revenu familial (conjoint travaillant à l’extérieur)
Grêle		Assurance-récolte Envoyer les fruits récupérés à l’usine
Endommagement par l’incendie ou la fumée	Assurance-récolte	
Marché		
Bas prix		Resserrer le budget, réduire les dépenses Changer les variétés cultivées Produire un fruit de grande qualité Stabilisation du revenu Diversifier le revenu familial
Diminution du tourisme	Être plus dynamique dans d’autres créneaux Augmenter les ventes locales	

longue. Par contre, les risques de gel du printemps et de l'automne resteront probablement les mêmes ou pourraient même augmenter si l'avancement des dates de floraison ne s'accompagne pas d'une diminution correspondante du risque de gel. Des températures extrêmement élevées en été, toutefois, pourraient rendre les conditions moins propices à la culture de la pomme (voir le tableau 12). La culture de plantes vivaces qui nécessitent l'irrigation, comme les arbres fruitiers ou les vignes, exige un important investissement (15 000 \$ à 20 000 \$ par hectare) en plants et en infrastructures. En outre, la période de temps qui s'écoule avant que ces investissements ne rapportent varie selon le type de culture (cinq à dix ans) et la durée de vie des plants est de 15 à 20 ans. Bien que des techniques horticoles (p. ex., greffe) permettent de changer de variétés à mi-parcours, de tels systèmes de production sont, de par leur nature, moins flexibles que la culture des annuelles, et donc plus vulnérables au changement climatique.

4.3.3 Les écosystèmes aquatiques et la pêche

Au cours du dernier siècle, les activités humaines ont de plus en plus dominé la mosaïque originale des écosystèmes aquatiques et terrestres du bassin de l'Okanagan. Le tiers de toutes les espèces végétales et animales qui figurent sur la liste des espèces menacées de disparition imminente, en Colombie-Britannique, se trouvent dans les écosystèmes du bassin de l'Okanagan (Bezener *et al.*, 2004). Quatre-vingt-cinq pour cent des habitats de terres humides et riverains de fonds de vallée ont été perdus en raison des activités humaines et de leurs perturbations (BC Ministry of Environment, 1998). Au cours des 30 dernières années, la pêche sportive et la pêche au saumon des Premières nations, qui jouit d'une protection constitutionnelle, ont virtuellement disparu de tout le bassin (Hyatt et Rankin, 1999; Andrusak *et al.*, 2002). Des espèces migratoires, comme le saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) et la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) font l'objet d'objectifs et d'accords de gestion et de conservation tant nationaux qu'internationaux. Le maintien à long terme et la restauration des écosystèmes aquatiques et des populations de poissons indigènes de la vallée de l'Okanagan représentent un défi important, auquel viennent s'ajouter des considérations d'ordre régional, national et international fort complexes (p. ex., Shepard et Argue, 2005).

Les tentatives de restauration des populations de saumon dans le bassin de l'Okanagan-Columbia (p. ex. Wright, 2004) s'inscrivent dans le cadre d'un vaste effort de gestion des écosystèmes aquatiques régionaux à des fins multiples, dont la production d'hydroélectricité, l'irrigation, la navigation, la lutte contre les inondations, les loisirs, l'approvisionnement en eau industriel et municipal, et les habitats halieutiques et fauniques (Lee, 1993). Le changement climatique pose un défi important à ces efforts en général, et à la conservation et à la restauration des populations décimées de salmonidés en particulier, puisqu'il agit sur la quantité et la qualité de l'apport hydrique saisonnier qui régit les caractéristiques de l'habitat (température, taux d'oxygène, débit et charge en nutriments) essentielles aux salmonidés. Le réchauffement de l'eau et les changements de volume et de période du débit des cours d'eau créeront, dans les bassins de l'Okanagan et du Columbia, des conditions de plus en plus inhospitalières pour les salmonidés (Hyatt *et al.*, 2003; Casola *et al.*, 2005). Ces impacts du changement climatique aggraveront les conflits existants (Whitfield et Canon, 2000; Moorhouse, 2003) et en feront naître de nouveaux liés à l'attribution de quantités d'eau limitées en vue de maintenir le niveau

des lacs et les débits minimums pour le poisson, tout en satisfaisant les besoins des autres usagers aux échelles régionale et internationale (Pulwarty et Redmond, 1997; Payne *et al.*, 2004).

Les objectifs concurrents de la gestion de l'eau dans le bassin de l'Okanagan font depuis longtemps l'objet de dialogues et d'interventions (Hourston *et al.*, 1954; Anonyme, 1974; Cohen et Kulkarni, 2001). C'est pourquoi de nombreux détails du cadre actuel de la gestion de l'eau figurent à titre d'éléments normatifs dans des accords nationaux (Canada-British Columbia Okanagan Basin Agreement, ou OBA) ou internationaux (Canada-États-Unis). L'OBA reconnaît spécifiquement que les décisions en matière de gestion de l'eau ont une incidence sur les écosystèmes aquatiques et la production des poissons, de sorte que des dispositions de l'accord portent surtout sur le maintien des niveaux de décharge des lacs et des cours d'eau qui sont ajustés de façon saisonnière, afin de protéger la capacité de production des populations de salmonidés dans l'ensemble du système (Anonyme, 1974). On attribue à la complexité de trouver un équilibre entre les besoins en eau du secteur des pêches, les mesures de lutte contre les inondations et les objectifs d'allocation de l'eau (Alexander *et al.*, 2005) le fait qu'on se soit peu conformé à l'OBA quant aux provisions visant le niveau et la décharge du lac (Bull, 1999).

Adaptation

Le changement climatique complique encore plus la tâche difficile d'équilibrer les objectifs concurrents de l'approvisionnement en eau pour le maintien des écosystèmes naturels et celui des ouvrages construits qui dominent de plus en plus les bassins de l'Okanagan et du Columbia. Bien que des décennies d'expérience dans les portions du bassin du Columbia situées aux États-Unis semblent indiquer qu'une augmentation des conflits quant aux objectifs de gestion de l'eau serait inévitable (Committee on Protection and Management of Pacific Northeast Anadromous Salmonids, 1996), elles mettent aussi en évidence l'importance de trouver des solutions d'adaptation viables en vue, le cas échéant, d'éliminer ces conflits ou de les réduire au minimum. Parmi les avenues possibles figurent les suivantes : 1) élaborer et maintenir un dialogue éclairé entre les organismes gouvernementaux, le secteur industriel et les collectivités locales (p. ex., Tansey et Langsdale, 2004) afin d'examiner les objectifs concurrents de la gestion de l'eau; 2) augmenter la collaboration et l'intégration de tous les groupes participants à la définition et au maintien des cadres de gestion de l'eau; 3) acquérir des compétences à la fine pointe de la science et de la technologie en vue de doter les gestionnaires des ressources de nouveaux outils qui leur permettront de fournir les informations essentielles à la prise de décisions complexes en matière de gestion de l'eau (Hyatt et Alexander, 2005).

4.4 LES RÉGIONS MÉTROPOLITAINES : VANCOUVER ET VICTORIA

Le District régional du Grand Vancouver et le District régional de la capitale Victoria constituent les noyaux politique et économique de la Colombie-Britannique. Bien que l'adaptation au changement climatique ne soit généralement pas une préoccupation première des dirigeants et des chefs de file des villes, il s'agit d'un enjeu en émergence, à l'ordre du jour de la planification et de la gestion de

certains ministères et décideurs. On trouvera ci-dessous un résumé des deux principaux problèmes auxquels sont confrontés les deux districts les plus populaires de la Colombie-Britannique : la gestion de l'approvisionnement en eau et la gestion des eaux pluviales.

4.4.1 Gestion de l'approvisionnement en eau

Les deux districts doivent relever le défi bien connu de gérer les approvisionnements en eau d'une population en pleine croissance avec des infrastructures désuètes et dans un contexte de changement climatique. Le réservoir Sooke, dans le sud de l'île de Vancouver, est la principale source d'eau pour le district de Victoria. Le climat de la région se caractérise par des étés chauds et secs, et des hivers doux et humides. Le bilan hydrique de la région se définit quant à lui par un surplus de 1 226 mm l'hiver, quand le réservoir se remplit, et par un déficit de 138 mm l'été, lorsque le réservoir se vide. Il y a donc un déséquilibre naturel entre l'approvisionnement en eau et l'utilisation de l'eau dans la région (*voir la figure 18*), comme cela arrive souvent dans de nombreux bassins de la côte de la Colombie-Britannique. En outre, on note une forte variabilité interannuelle et interdécennale des précipitations saisonnières, et les périodes de surplus et de graves pénuries d'eau ont été fréquentes depuis le début des années 1980 (*voir la figure 19*). Le PDO exerce une grande influence sur cette variabilité, de même que sur le bilan hydrique du réservoir (*voir la figure 19*).

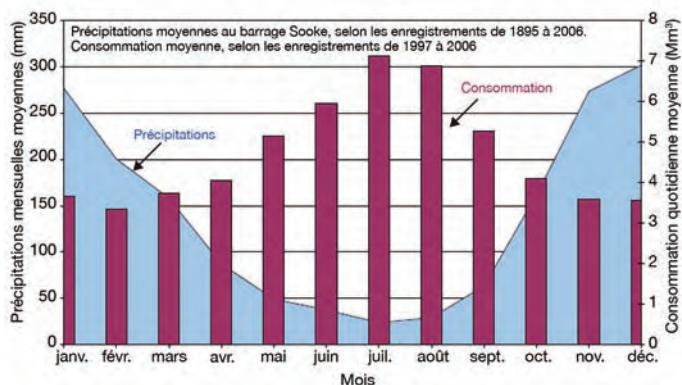
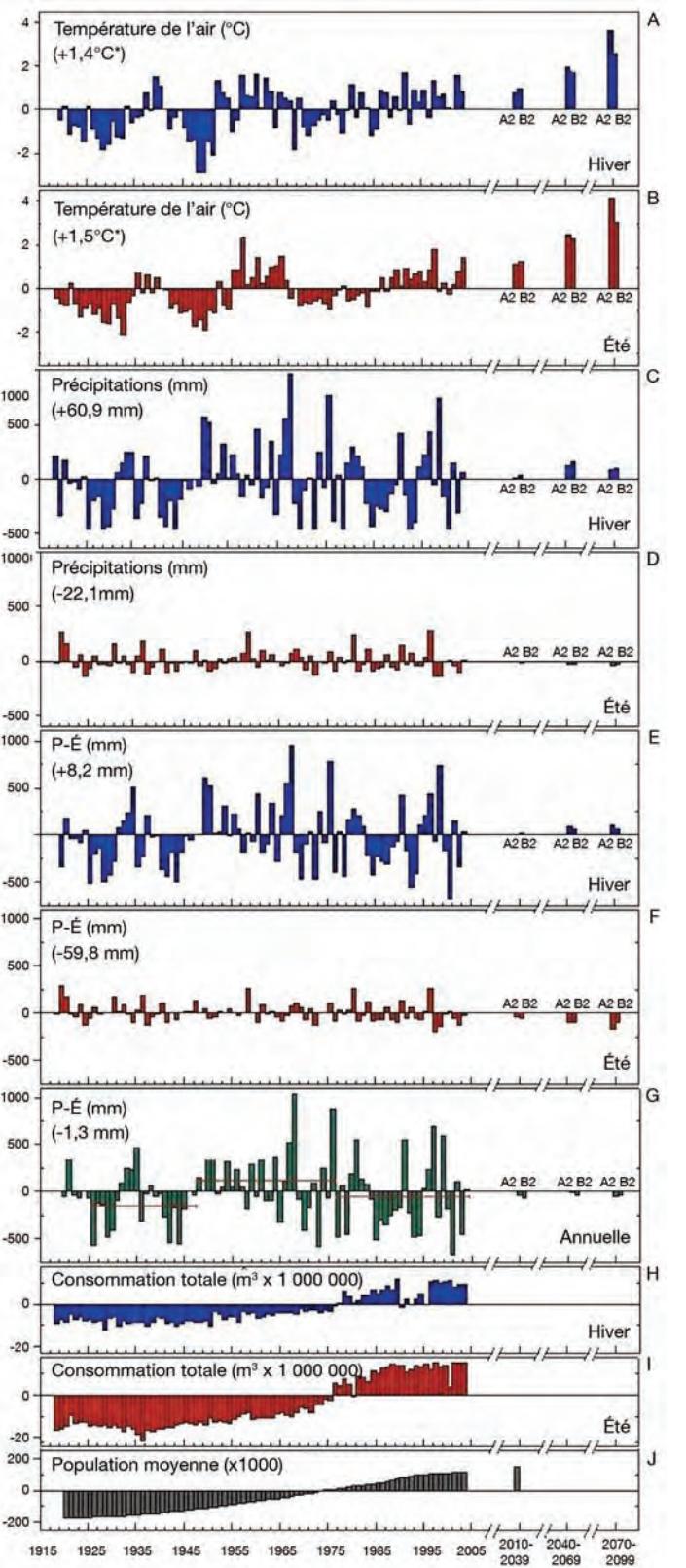


FIGURE 18 : Apports moyens des précipitations, et prélevements aux fins de consommation au réservoir Sooke, au sud de l'île Vancouver, en Colombie-Britannique (*tiré de Capital Regional District Water Services, 2007*).

FIGURE 19 : Écarts en'hiver (octobre à mars) et en'été (avril à septembre) des variables de l'approvisionnement en eau du réservoir Sooke par rapport aux valeurs moyennes de 1961 à 1990 (tendances linéaires de la période de 87 ans entre crochets; * indique des tendances au degré de confiance de 0,05). Les données sur la température, les précipitations et la consommation ont été fournies par le District régional de la capitale. À noter que les valeurs de température pour 1966 à 1994 et de consommation pour 1971 à 1977 ont été estimées. L'évaporation a été estimée à partir de la longueur du jour et de la température de l'air (*selon Hamon, 1963*). On trouvera également les futures valeurs de la température, des précipitations et de l'évaporation potentielle pour des périodes de 30 ans, centrées sur les années 2020, 2050 et 2080. Les projections se fondent sur les moyennes d'ensemble pour les scénarios d'émissions A2 et B2 établis à partir des sept modèles de circulation générale recommandés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2001).



En réaction aux graves sécheresses et à la croissance démographique prévues, le District régional de la capitale a surélevé le niveau du réservoir Sooke de 6 m en 2002, ce qui a accru la capacité de stockage de 78 p.100 (Capital Regional District Water Services, 2004). Si l'on se base sur les conditions climatiques du passé et sur un taux maximal de croissance d'environ 1 p.100, cette nouvelle capacité ne permettra de répondre à la demande prévue que jusqu'en 2023 (Capital Regional District Water Services, 2004). Le District a mis en œuvre plusieurs projets de conservation ou de gestion de la demande qui compensent partiellement l'augmentation de la demande, notamment des compteurs d'eau résidentiels, des restrictions de l'arrosage des pelouses en plusieurs étapes et des rabais consentis sur l'achat d'appareils plus efficaces (toilettes, machines à laver).

Le District régional du Grand Vancouver s'approvisionne en eau dans les bassins Capilano, Seymour et Coquitlam, dans la chaîne côtière, en bordure nord de la ville. Le climat de ces bassins est beaucoup plus humide et beaucoup plus froid que celui de Sooke, et les eaux de ruissellement du printemps et de l'automne y sont abondantes, de même que l'accumulation de neige hivernale. Les six réservoirs en montagne offrent une grande capacité de stockage en été. Les entraves actuelles à l'approvisionnement en eau du District régional du Grand Vancouver sont liées à la capacité des infrastructures du réseau, en particulier les canalisations, les prises d'eau et les installations de traitement des eaux, de répondre à l'augmentation de la demande d'une population en pleine croissance.

À l'avenir, le changement climatique entraînera une diminution de l'accumulation de neige annuelle, car il y aura une augmentation des précipitations annuelles tombant sous forme de pluie. Comme les étés seront plus secs et plus longs, les infrastructures seront encore plus sollicitées, en particulier durant les périodes de pointe de la demande saisonnière. Le changement climatique exigera probablement que l'on effectue plus tôt les modernisations et les investissements en capital requis pour augmenter la capacité de stockage. Les programmes de gestion de la demande et de la conservation de l'eau sont des premières étapes importantes, qui devraient permettre de retarder le moment d'entreprendre des améliorations en matière de capacité. Le plan de gestion de l'eau potable (Drinking Water Management Plan) du District régional du Grand Vancouver prévoit l'évaluation et la surveillance en continu, avec des rapports d'étape biennaux qui tiennent compte des répercussions possibles du changement climatique et des implications en matière de planification de l'amélioration de la capacité (Greater Vancouver Regional District, 2005a, b).

Les deux principales régions métropolitaines de la Colombie-Britannique ont déjà pris des mesures pour prévenir certaines répercussions du changement climatique sur l'approvisionnement en eau, répercussions qui vont d'ailleurs s'ajouter au stress exercé par l'augmentation de la demande et la croissance démographique, et devancer le moment où les approvisionnements actuels s'avéreront insuffisants. La gestion de la demande et la conservation de l'eau en continu sont des stratégies d'adaptation importantes, même si elles ne sont pas explicitement mises en

œuvre en tant que telles. Les mesures d'adaptation à long terme exigeront probablement d'autres travaux de modernisation des infrastructures et d'augmentation de la capacité de stockage.

4.4.2 Gestion des eaux pluviales

Depuis 2000, le District régional du Grand Vancouver examine les risques possibles que le changement climatique peut poser pour les réseaux d'égouts et de drainage. L'analyse des tendances constatées à l'étude de données sur les pluies recueillies au cours de plus de 40 ans révèle une augmentation de la fréquence des épisodes de pluie extrêmes, tels qu'un épisode à période de récurrence de 25 ans (4 p.100 de probabilité quelle que soit l'année) qui pourrait maintenant se manifester environ tous les dix ans (10 p.100 de probabilité; Jakob *et al.*, 2003). Des chercheurs sont arrivés à la conclusion que l'augmentation observée de la fréquence des épisodes de pluie intenses pourrait être liée au changement de phase du PDO survenu en 1976. Pour l'instant, puisque la méthode utilisée pour obtenir des courbes de l'intensité et de la durée des précipitations en vue de la conception des réseaux d'égouts et de la gestion des eaux pluviales ne tient pas explicitement compte des oscillations climatiques, il se peut que ces courbes soient sous-estimées ou surestimées, selon le moment où on a recueilli la plupart des données sur les précipitations.

Jakob *et al.* (2003) ont également révélé des augmentations mesurables statistiquement de l'intensité et du volume des pluies non extrêmes, qu'ils ont considérées comme étant liées à un changement climatique de grande échelle. Ces augmentations, même si elles n'apportent rien à la conception des réseaux d'égouts, pourraient avoir des répercussions désavantageuses sur la santé des cours d'eau urbains et sur leurs populations de salmonidés. Ces effets seraient comparables à ceux de l'urbanisation et de la construction de surfaces dures (toits, routes, etc.) qui l'accompagne. Le modèle d'équilibre hydrologique pour le Canada et les lignes directrices du District régional du Grand Vancouver sur la conception des mesures de gestion des eaux pluviales (Lanarc Consultants, 2005), outils élaborés à l'intention des municipalités du District pour leur permettre de contrer les effets de l'urbanisation et du changement climatique sur les cours d'eau urbains (Hicks et von Euw, 2004), constituent une première étape vers la reconnaissance explicite et la prise en considération des répercussions du changement climatique, actuelles et futures, sur les infrastructures de la Colombie-Britannique. L'encadré 3 présente le point de vue des spécialistes sur la question et sur le rôle que peuvent jouer les mesures de gestion du risque.

ENCADRÉ 3

Changement climatique et gestion du risque : point de vue des spécialistes

(R. Hicks, P. Eng., membre du Water Sustainability Committee de la British Columbia Water and Waste Association)

Les administrations locales se doivent d'offrir à leurs collectivités des services essentiels, comme l'approvisionnement en eau potable, les rues et les routes, et l'aménagement du territoire, et des services généraux, dont les bibliothèques, le logement social et les parcs et les loisirs. Les municipalités et les districts régionaux forment la base des administrations locales de la Colombie-Britannique. Les « districts d'amélioration » constituent d'ailleurs un autre palier d'administration locale offrant des services limités et spécifiques à une fonction, comme l'alimentation en eau des régions rurales, la protection contre les inondations et la construction de digues.

Parmi les grands obstacles à l'adaptation au changement climatique figure la concurrence en matière de financement entre les priorités à court terme et la gestion du risque à long terme. Pour les collectivités dont l'assiette fiscale limitée est très sollicitée ou qui font face à des coûts importants des infrastructures de base, on peut se demander si elles auraient les moyens financiers ou même la volonté de s'attaquer en priorité aux répercussions du changement climatique, d'autant plus qu'il est difficile de quantifier les avantages à long terme des programmes d'adaptation au changement climatique et qu'on connaît encore mal les implications de ce changement.

Gestion du risque

Bien qu'il soit difficile pour les administrations locales de s'attaquer au changement climatique indépendamment des autres problèmes, ces dernières constituent des gestionnaires du risque expérimentés, en particulier en ce qui a trait à la fourniture des services publics et à l'entretien de leurs biens immobilisés (routes, ponts, édifices, canalisations). La durée de vie utile des routes, des réseaux d'adduction d'eau et d'égout, et des édifices communautaires varie entré environ 20 ans et un siècle ou plus. La gestion de ces biens

prend en considération le risque d'interruption de service, le niveau de performance, la limitation des coûts d'exploitation ainsi que la planification et la budgétisation du remplacement et des réparations. C'est dans ce contexte que les instances locales sont bien placées pour tenir compte des répercussions du changement climatique en tant que risque supplémentaire lié à leur prestation de services municipaux.

Faire face aux risques du changement climatique liés à l'utilisation des terres et au zonage est plus délicat pour les administrations locales. Il est possible que certaines mesures d'adaptation sortent du mandat des municipalités et soient difficiles à mettre en œuvre. Sans justification impérieuse, les instances locales ne mettraient probablement pas en œuvre des programmes et des changements de zonage susceptibles d'affecter la valeur ou l'utilité de terrains privés.

La sensibilisation aux impacts du changement climatique et certaines compétences sont requises pour que les mesures d'adaptation soient introduites d'une manière efficace dans la planification et les procédures quotidiennes de gestion du risque de l'administration locale. Les périodes de récurrence, couramment utilisées pour déterminer les seuils de conception technique et les cibles de performance des réseaux de gestion des eaux pluviales, de drainage, d'égout et d'adduction d'eau, créent l'impression que les phénomènes à l'œuvre sont bien compris, mais cette impression est fausse, car les périodes de récurrence en question se fondent sur des phénomènes du passé. Elles figurent couramment dans les réglementations et les normes de pratique en ingénierie. Toutefois, les utiliser sans tenir compte du fait qu'elles seront modifiées par la variabilité et le changement du climat équivaudrait à conduire une voiture en regardant dans le rétroviseur – cela ne fonctionne qu'en ligne droite ! C'est pourquoi le recours aux périodes de récurrence pourrait faire prendre de mauvaises décisions à long terme et empêcher la municipalité de prendre des mesures d'adaptation proactives si on ne les replace pas dans le contexte du changement climatique.

5 CONCLUSIONS

5.1 PRINCIPAUX MESSAGES ET THÈMES

Les répercussions du changement climatique et les coûts des phénomènes extrêmes se font de plus en plus manifestes mais les actions et les mesures d'adaptation prises pour les contrer sont strictement de nature réactionnelle.

Même si des interactions océan-atmosphère bien connues, comme l'ENSO et le PDO, régissent les cycles climatiques à court et à long termes et les phénomènes météorologiques extrêmes en Colombie-Britannique, on a de fortes indications reliant le changement climatique planétaire à l'augmentation de la variabilité du climat et aux phénomènes extrêmes (voir les sections 2.1 et 2.3). Au cours du dernier siècle, la province s'est beaucoup réchauffée, en toutes saisons, et les projections des climats à venir semblent indiquer que cette tendance se maintiendra, le printemps et l'hiver devenant plus humides presque partout en Colombie-Britannique, et les étés, plus secs dans le sud et sur la côte (voir la section 2.2).

Des changements de la quantité et du type de précipitations, surtout plus de pluie et moins de neige, se manifestent déjà en Colombie-

Britannique. Les sécheresses persistantes sont courantes en été. Les paléoenregistrements des climats révèlent que de graves sécheresses sont survenues plus fréquemment au cours des siècles passés que dans les dernières décennies (voir la section 2.1), ce qui semble indiquer que la Colombie-Britannique peut s'attendre à plus de sécheresses graves dans les années à venir, même en l'absence de changement climatique.

La plupart des glaciers alpins de la Colombie-Britannique reculent rapidement, et nombre d'entre eux pourraient disparaître dans les cent prochaines années (voir l'encadré 1). Ce phénomène, conjugué à la réduction de l'accumulation annuelle de neige et réchauffement des printemps, pourrait mener à un avancement des crues rapides au printemps, à un réchauffement des cours d'eau, à une diminution du débit en été et à une augmentation du débit de pointe dans de nombreux bassins hydrographiques de la Colombie-Britannique (voir la section 2.4). Les répercussions sur les approvisionnements en eau actuels et futurs, la production d'hydroélectricité, les pêches et l'intégrité des écosystèmes fluviaux de la Colombie-Britannique sont très préoccupantes. Ces changements poseront de nombreux

défis aux gestionnaires des ressources hydriques et autres utilisateurs, et augmenteront le risque de conflits transfrontaliers et multisectoriels concernant l'utilisation de l'eau (*voir la section 3.1*).

Les mouvements géologiques vont compenser ou aggraver les tendances planétaires de l'élévation du niveau de la mer sur la côte de la Colombie-Britannique. À cette élévation s'ajouteront les niveaux extrêmes d'eau de plus en plus élevés associés à des phénomènes découlant de la variabilité du climat. L'érosion plus rapide des côtes et l'inondation représenteront des risques permanents et croissants pour les collectivités et les infrastructures de la Colombie-Britannique (*voir les sections 2.5 et 4.1*).

La fréquence et les coûts de la plupart des phénomènes météorologiques extrêmes et des dangers naturels qui les accompagnent (p. ex., tempêtes côtières, ondes de tempête, feux de forêt, sécheresses, glissements de terrain) augmentent déjà (*voir la section 2.3*). En Colombie-Britannique, la plupart des mesures d'adaptation liées au climat sont des réactions à des « surprises », comme la prolifération sans précédent du dendroctone du pin ponderosa et les graves feux de forêt de 2003. Les exemples d'adaptation planifiée précisément en fonction du changement climatique sont rares, d'une part parce qu'on perçoit peu le changement climatique comme un risque pour les moyens de subsistance, les activités et l'économie de la Colombie-Britannique, d'autre part en raison du fait que, puisque la capacité disponible est restreinte, d'autres priorités se font une rude concurrence pour y avoir droit. Toutefois, comme le changement climatique n'est que l'un des nombreux facteurs de stress qui agissent sur les industries, les collectivités et les écosystèmes de la province, une approche prise en fonction d'impacts cumulatifs pourrait s'avérer plus appropriée à la planification de l'adaptation. Plusieurs exemples d'études et d'évaluations récentes du risque menées par des chercheurs, des groupes communautaires et des décideurs de la Colombie-Britannique (*voir la section 4*) représentent une première étape importante vers l'adoption d'une approche d'ensemble à la mise en place de mesures d'adaptation planifiées. Les collectivités dans toute la province sont de plus en plus sensibles aux répercussions actuelles et possibles du changement climatique et comprennent davantage le besoin d'avoir recours à des mesures d'adaptation et d'atténuation.

La gestion de pénuries d'eau de fréquence et de gravité croissantes impliquera des compromis complexes et exigera que le changement climatique soit davantage pris en considération.

Le recul des glaciers, la diminution de l'accumulation annuelle de neige, l'augmentation des sécheresses et les changements du volume et de la période des précipitations limiteront de plus en plus l'approvisionnement en eau durant les périodes de pointe de la demande aux fins de production d'hydroélectricité, d'agriculture et de fourniture d'eau potable, bien qu'une telle mesure risque d'être partiellement contrebalancée par une augmentation des précipitations dans certaines régions. Environ 78 p.100 de la population de la Colombie-Britannique dépend des eaux de surface pour l'eau potable, alors que 89 p.100 de l'électricité de la province est produite par de l'eau (*voir les sections 3.1 et 3.7*). La diminution de l'approvisionnement en eau soulèvera donc de nombreux problèmes de gestion, en particulier dans les régions à croissance rapide comme le District régional du Grand Vancouver, le District régional de la capitale (c.-à-d. Victoria et les municipalités environnantes) la région de l'Okanagan, et même dans certaines

petites collectivités comme Tofino. L'augmentation des conflits entre l'approvisionnement et la demande exigera des compromis entre des usages ou des valeurs comme, par exemple, entre le maintien de débits minimums afin de protéger l'habitat des poissons importants pour la pêche et la satisfaction des besoins en irrigation du secteur agricole.

Depuis les années 1980, les principaux centres urbains de la Colombie-Britannique ont connu plusieurs périodes de sécheresse et de sérieuses pénuries d'eau. Les approvisionnements en eau potable risquent de devenir très sollicités dans le District régional du Grand Vancouver et le District régional de la capitale. Il faudra prévoir d'importantes améliorations des infrastructures et des stratégies de gestion des approvisionnements pour l'avenir (*voir la section 4.4.1*). Les petites régions à croissance rapide feront face aux mêmes préoccupations (p. ex., Tofino-Ucluelet). Le District régional de la capitale a récemment entrepris des travaux importants en vue d'augmenter la capacité de stockage de sa principale source d'eau, le réservoir Sooke. Afin d'éviter d'avoir à investir dans d'importants nouveaux travaux d'infrastructure, le District régional de la capitale mettra plutôt en œuvre des mesures agressives de gestion de la demande afin de pouvoir satisfaire cette dernière pendant au moins 50 ans. Le District régional du Grand Vancouver est également conscient des défis posés par l'augmentation de la demande et les impacts du changement climatique, et planifie en vue d'augmenter sa capacité de stockage de l'eau et d'améliorer sa gestion de la demande.

La production d'hydroélectricité de la Colombie-Britannique est présentement vulnérable à la diminution de l'approvisionnement en eau et aux modifications des débits fluviaux, surtout dans le bassin du fleuve Columbia, d'où provient plus de la moitié de toute l'hydroélectricité de la province. On s'attend à ce que, d'ici à 2025, la demande en électricité de la Colombie-Britannique ait augmenté de 30 p.100 à 60 p.100 par rapport à 2005. Les objectifs visés dans le plan énergétique de la Colombie-Britannique récemment publié prévoient de répondre à 50 p. 100 de la croissance moyenne à l'aide de mesures de conservation et d'efficacité, et de produire au moins la moitié de la nouvelle énergie au moyen de sources renouvelables, comme l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, la biomasse et l'hydroélectricité. Le lien entre le changement climatique et l'eau va devenir un sujet de considération de plus en plus important si l'on espère parvenir à mettre en œuvre les nombreuses stratégies cruciales de production d'énergie et d'atténuation présentées dans le plan.

Les structures institutionnelles et de planification en place ne tiennent pas compte, pour la plupart, de la variabilité actuelle du climat ni du changement climatique appréhendé dans la gestion des ressources hydriques. Il est possible d'intégrer le problème du changement climatique aux processus de planification à l'échelle communautaire, d'utilisation des terres ou de gestion des ressources.

Les infrastructures essentielles de la Colombie-Britannique sont aux prises avec des problèmes immédiats et des menaces à long terme imputables au changement et à la variabilité du climat.

Les phénomènes météorologiques extrêmes et les dangers naturels qui les accompagnent sollicitent déjà les infrastructures essentielles de la Colombie-Britannique, et ces répercussions devraient augmenter avec la poursuite du changement climatique. À bien des endroits, les infrastructures essentielles, y compris les canalisations,

les lignes de transport de l'électricité et de communication et les réseaux de transport, se situent dans des vallées ou des zones côtières étroites, où elles sont vulnérables aux perturbations causées par les glissements de terrain, les tempêtes côtières, les ondes de tempêtes les inondations et les incendies de forêt. Peu de recherches concernant les impacts du changement climatique sur les réseaux d'infrastructures essentielles de la Colombie-Britannique ont été entreprises, alors que les frais d'assurances et les coûts des interventions et des sauvetages en cas d'urgence vont en augmentant (*voir la section 3.8*).

Des collectivités du centre et du nord, comme Prince George, signalent une augmentation des coûts d'entretien des routes et de lutte contre les inondations directement ou indirectement liés à l'évolution du climat. Les plans de gestion des eaux pluviales du District régional du Grand Vancouver tiennent maintenant compte des répercussions du changement climatique (*voir la section 4.4.2*).

L'analyse des coûts sur le cycle de vie, les statistiques sur les périodes de récurrence des phénomènes extrêmes et les normes d'ingénierie exercent toutes une influence sur les décisions de gestion concernant le moment et les modalités de l'entretien et du remplacement des infrastructures. La mise à jour de ces analyses, statistiques et normes de conception afin de tenir compte des répercussions et des tendances du changement climatique permettra aux gestionnaires de mieux planifier en fonction des changements à venir. Il subsiste cependant des contraintes institutionnelles étant donné que bon nombre des normes et des politiques qui guident les décisions en matière d'infrastructures n'ont recours qu'à des données climatologiques antérieures.

Les forêts, et l'industrie et les collectivités forestières de la Colombie-Britannique qui en dépendent, sont vulnérables à l'augmentation des risques liés au climat.

Le secteur forestier demeure la pierre angulaire de l'économie de la Colombie-Britannique. Les ressources forestières de la province sont vulnérables à un grand nombre de répercussions liées à l'évolution du climat, y compris les feux de forêt, les ravageurs, les maladies et les modifications subies par les écosystèmes. On prévoit que les conditions favorables aux feux de forêt vont se manifester de plus en plus fréquemment (*voir les sections 2.3 et 3.3*) et se solderont par une augmentation des risques connexes pour la santé (*voir la section 3.9*), ainsi que des risques d'inondations et de glissements de terrain consécutifs aux feux de friche (*voir la section 3.3*).

La prolifération actuelle du dendroctone du pin ponderosa (DPP) touche près de 10 p.100 du territoire de la Colombie-Britannique. Les 9,2 millions d'hectares qu'elle touchait en 2006 font qu'elle a atteint des proportions sans précédent par son étendue et sa durée (*voir la section 4.2*). Les activités passées de suppression et de gestion des incendies de forêt, les sécheresses des années 1990 et le réchauffement des hivers ont créé les conditions favorables à cette prolifération, qui a maintenant pénétré dans la forêt boréale du nord-est de la Colombie-Britannique; on prévoit en outre que le climat futur en favorisera très probablement l'expansion vers l'est, jusque dans la forêt boréale.

Les collectivités réagissent rapidement à l'infestation de DPP. Vanderhoof, dans le centre-nord de la Colombie-Britannique, explore des options d'adaptation afin de gérer les possibilités qui se présentent à mesure que la collectivité passera de l'économie pré-DPP à une économie post-DPP (*voir la section 4.2.1*). Prince George est entouré de forêts dévastées par le DPP et, comme d'autres

collectivités de l'intérieur, elle connaît un regain d'activité économique grâce aux activités de récolte de récupération qui permettent un gain économique à court terme, mais auront des conséquences économiques, hydrologiques et écologiques à long terme. Les urbanistes de Prince George s'inquiètent de l'augmentation du potentiel de débordement de la rivière Nechako et du Fraser à mesure que les arbres sont retirés des bassins environnants. Un bon nombre de collectivités qui dépendent de la forêt seront confrontées à des difficultés économiques importantes une fois que l'exploitation en cours aura éliminé tous les arbres tués par le DPP, car le renouvellement de la ressource prendra près d'une génération.

Étant donné la duré de la croissance des arbres avant qu'ils soient prêts à être récoltés, il se trouve qu'une grande partie de la ressource qui va soutenir l'industrie et les collectivités forestières pendant les prochaines décennies est déjà dans le sol. Les options d'aménagement forestier sont limitées si la productivité du site est touchée et que les espèces existantes se révèlent mal adaptées aux nouvelles conditions climatiques. De même, l'industrie a beaucoup investi dans de grosses pièces d'équipement et d'imposantes installations de transformation qui sont difficiles et coûteuses à adapter. Ces longues périodes d'investissement augmentent le risque et l'incertitude du secteur et des collectivités qui en dépendent face aux répercussions du changement climatique et à des problèmes comme la concurrence du marché international.

Le ministère des Forêts et des Pâtures de la Colombie-Britannique a élaboré un projet sur les écosystèmes forestiers de l'avenir qui intègre l'adaptation au changement climatique dans la gestion des forêts (*voir la section 4.2.2*). Cette initiative est une première étape vers une planification forestière à long terme qui tienne compte du changement climatique en conjonction avec d'autres contraintes, notamment la concurrence internationale, la santé des forêts, l'augmentation de la fréquence des incendies de forêt et l'évolution des conditions sociales et économiques.

Les stress qui s'exercent actuellement sur les pêches de la Colombie-Britannique seront aggravés par le changement climatique.

L'importance sociale, culturelle et écologique du secteur des pêches en Colombie-Britannique dépasse de loin sa contribution relativement modeste au PIB provincial. La pêche est particulièrement importante pour les collectivités côtières et les Premières nations, attire des milliers de touristes intéressés par la pêche sportive et constitue un indicateur clé de la qualité de l'eau et de la santé de l'écosystème. La plupart des méthodes traditionnelles de capture sont stables ou en déclin, mais l'aquaculture poursuit une croissance régulière (*voir la section 3.2*).

Le saumon surpassé de loin les autres espèces en termes d'importance sociale, économique et culturelle en Colombie-Britannique. La pêche côtière du saumon est déjà soumise au stress d'une combinaison de facteurs, dont la perte d'habitat dans les bassins de fraye et la surpêche. Le changement climatique agravera ce stress à mesure que les températures de l'eau s'élèveront et par l'effet indirect sur d'autres secteurs, comme l'influence de la mortalité des arbres infestés par le DPP sur l'hydrologie. La migration vers le nord d'espèces exotiques de poissons en provenance des eaux plus chaudes du sud menace déjà les saumoneaux durant les épisodes El Niño chauds. Le réchauffement de l'océan, qui se poursuivra avec le changement climatique,

représente une menace plus grave et plus durable pour la pêche au saumon et autres pêches côtières.

Les populations de poissons de l'intérieur, y compris le saumon migrateur, sont sensibles aux élévations de la température et aux changements du niveau de l'eau des lacs et des rivières. Les répercussions du changement climatique sur les ressources hydriques constituent une grande préoccupation pour les pêches de l'intérieur (*voir la section 4.3.3*). Les garanties constitutionnelles d'accès aux pêches accordées aux Premières nations confèrent à ce secteur une certaine priorité. La gestion des conflits entre les besoins de débits minimums pour le poisson, la production d'hydroélectricité, l'irrigation et la consommation à usage domestique va probablement augmenter avec la poursuite du changement climatique et dans le cadre de négociations de traités à venir.

L'adaptation au changement climatique du secteur des pêches consiste surtout en mesures de gestion destinées à protéger ou à améliorer les stocks. Les mesures d'adaptation possibles comprennent entre autres : réduire le taux de récolte, mieux protéger et restaurer l'habitat, augmenter la production de saumon en écloseries, attribuer des permis et régulariser les réseaux hydrologiques, promouvoir un développement accéléré de l'aquaculture et diversifier les pêches afin de tirer avantage des espèces de durées de vie courte et longue ainsi que des espèces exotiques, à mesure que les pêches monospécifiques diminueront.

Le changement climatique entraînera quelques avantages mais aussi des menaces croissantes pour le secteur agricole de la Colombie-Britannique.

Tout comme le secteur des pêches, l'agriculture ne contribue que modestement à l'économie de la Colombie-Britannique, mais ses avantages indirects et les emplois qu'elle crée sont importants. Le secteur agricole, en particulier la viticulture et la production de fruits, est un élément lucratif du tourisme dans des régions comme la vallée de l'Okanagan. L'élevage et les cultures occupent également une place importante dans de nombreuses régions rurales. Les terres qui conviennent à l'agriculture en Colombie-Britannique se limitent à environ 4,5 p.100 du territoire (environ 4,7 millions d'hectares) dont une grande partie est protégée aux termes de la réserve agricole de la Colombie-Britannique (*voir la section 3.4*). Dans la province, la plus grande menace du changement climatique pour l'agriculture est son effet sur les ressources en eau, dû non seulement à la rareté croissante de l'eau et aux sécheresses prolongées, mais également à la concurrence accrue que représentent les autres utilisations de l'eau. La augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes, les dangers naturels qui les accompagnent, de même que les proliférations de ravageurs et de maladies, sont également des sources de préoccupation.

Le changement climatique pourrait, par contre, être bénéfique pour l'agriculture en Colombie-Britannique du fait que la saison de croissance sera plus longue et les hivers plus doux, entraînant ainsi une augmentation de l'étendue et du nombre de cultures économiquement viables que la région pourrait soutenir (*voir la section 3.4*). Les avantages de cette situation pourraient être diminués par des contraintes s'exerçant au niveau de la capacité réduite des sols, de l'apport en eau, des infrastructures d'irrigation et de la distance de transport vers les marchés. Les vallées isolées dont les terres sont de bonne qualité (p. ex., Bella Coola) sont susceptibles d'être celles qui en profiteraient le plus. L'adoption de nouvelles

cultures potentiellement plus lucratives dans les régions agricoles existantes a également été envisagée, mais celles-ci seront confrontées à des problèmes de développement et de disponibilité de l'eau semblables à ceux qui touchent déjà les cultures en place, auxquels vient s'ajouter le risque que pose le changement climatique.

L'expérience acquise par les agriculteurs face à la variabilité du climat et aux phénomènes météorologiques extrêmes, aux maladies, aux pertes de récolte et aux fluctuations du marché leur a conféré une très grande capacité d'adaptation au changement climatique. Leurs stratégies comprennent à la fois des approches à court et à long termes, la diversification des cultures, le cas échéant, et de nouvelles techniques de transformation des produits agricoles. Les programmes de soutien conçus pour aider les agriculteurs à gérer les risques liés aux fluctuations du marché et les pertes occasionnelles de récolte sont une bonne protection en cas de pertes causées par la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes, mais ils pourraient également les encourager à ne pas prendre les mesures nécessaires pour s'adapter à un changement climatique à plus long terme.

L'intégration du changement climatique à la prise de décision est une occasion de réduire les coûts et les répercussions à long terme du changement climatique sur les collectivités et l'économie de la Colombie-Britannique.

Améliorer la capacité d'adaptation et mettre en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique ne nécessite pas de gérer ou de planifier les ressources ou les infrastructures d'une manière totalement différente. Au contraire, il est possible d'améliorer l'efficacité et de réduire les coûts de l'adaptation aux impacts du changement climatique en intégrant les informations sur le changement climatique dans les processus de planification, de gestion et de prise de décisions déjà en place. Les ensembles de données, les modèles de simulation et les scénarios actuels, de même que les prévisions climatiques saisonnières qui tiennent compte du changement climatique et de ses répercussions, peuvent éclairer les décisions courantes en matière de gestion et de planification (*voir les sections 2.1 et 2.2*).

À l'heure actuelle, on tient indirectement compte du changement climatique dans divers contextes pour éclairer ou orienter les prises de décision. L'expérience de l'Okanagan illustre l'importance de transposer les scénarios du changement climatique et de ses répercussions en termes pertinents aux efforts de planification et de gestion à l'échelle régionale (*voir la section 4.3.1*). À Vanderhoof, on a entrepris un projet-pilote communautaire d'élaboration et de mise à l'essai de méthodes permettant d'évaluer les vulnérabilités et la capacité d'adaptation face aux changements des forêts à l'aide de modèles de simulation, de sondages et d'entrevues recueillis au sein de la collectivité (*voir la section 4.2.1*). De même, des chercheurs collaborent avec des conseillers, des planificateurs et des ingénieurs de la corporation de Delta afin de comprendre les répercussions des ondes de tempête et de l'élévation du niveau de la mer (*voir la section 4.1.2*), et la vulnérabilité de la région à ces phénomènes. Ce type de recherche communautaire est considéré comme une première étape importante de l'intégration du changement climatique dans la planification à l'échelle locale et régionale.

Les districts régionaux les plus populaires de la Colombie-Britannique mettent en œuvre des projets de développement durable et d'atténuation du changement climatique, dont certains rendent l'adaptation avantageuse. Il s'agit entre autres de mesures de conservation de l'eau et de l'énergie, notamment la conception de

caractéristiques, de matériaux, de pièces d'équipement et de procédés qui utilisent ou recyclent l'énergie et l'eau sur place. Ces pratiques réduisent les émissions de gaz à effet de serre du secteur de la construction (atténuation) et font en sorte que les infrastructures et les ressources de la ville sont moins sollicitées (adaptation).

En Colombie-Britannique, les vulnérabilités et la capacité d'adaptation varient beaucoup d'une région, d'une échelle et d'un secteur économique à l'autre.

Il existe de grandes différences entre les régions rurales et urbaines de la Colombie-Britannique en ce qui a trait à la vulnérabilité et à la capacité d'adaptation au changement climatique, différences qui tiennent essentiellement de la dépendance économique. La dépendance à l'égard des ressources naturelles est plus prononcée dans les collectivités rurales et côtières éloignées, alors que les régions urbaines jouissent d'économies plus diversifiées.

Vancouver et, à un moindre degré, Victoria ont des économies de plus en plus diversifiées, axées sur l'information, la technologie, le tourisme et le secteur des services qui s'y rattachent, en conjonction avec des volets transport, finances, ports et gouvernement. Leur dépendance vis-à-vis des ressources de la Colombie-Britannique est indirecte et, même si elle demeure importante, est largement surpassée par les moteurs économiques post industriels. Par contraste, la Colombie-Britannique rurale demeure largement tributaire des ressources naturelles, en particulier de l'exploitation forestière et de la pêche. La durabilité des collectivités rurales dépendra donc, pour une large part, de leur réaction aux changements que subiront leurs ressources de base. Cette réaction devra comporter une gestion planifiée, tant des risques que des nouvelles possibilités. On voit des collectivités s'adapter à la nouvelle économie mondiale en contournant leur dépendance vis à vis des centres métropolitains, phénomène qui révèle une capacité croissante de faire face au changement en général et de gérer la dépendance vis-à-vis des ressources en particulier (*voir la section 1.4*).

Dans les collectivités côtières éloignées, la résilience et la capacité d'adaptation proviennent de plusieurs sources, notamment : 1) la vigueur des institutions locales et régionales; 2) les modes de développement social et économique à l'échelle locale; 3) la nature et l'état des infrastructures essentielles; 4) leur degré d'expérience à faire face aux phénomènes météorologiques extrêmes et l'exposition passée à d'autres formes de changement environnemental et socio-économique. En outre, la diversification en matière de revenus, l'auto-suffisance, le bénévolat et un tissu social résistant et cohésif sont autant de facteurs importants qui contribuent tous, à leur façon, à la capacité des collectivités éloignées à s'adapter à des problèmes plus vastes comme le changement climatique (*voir la section 4.1.1*).

Des facteurs sociaux, culturels et économiques peuvent limiter la capacité d'entreprendre des mesures d'adaptation au changement climatique à l'échelle communautaire. Bon nombre de collectivités côtières et rurales de la Colombie-Britannique connaissent présentement des difficultés sociales et économiques importantes causées par des préoccupations multiples. La résilience fondée sur le capital social et une forte cohésion sociale permet à certaines collectivités de faire face à ces préoccupations, même lorsque d'autres attributs de la capacité d'adaptation sont limités (p. ex., accès au capital physique et financier, à la technologie, aux compétences et à d'autres ressources). Le principal défi, pour améliorer la capacité d'adaptation en ces lieux, sera de s'appuyer sur les initiatives qui

s'attaquent actuellement aux changements économiques et environnementaux en prenant en considération le changement climatique.

5.2 RENFORCEMENT DE LA CAPACITÉ D'ADAPTATION

Les mesures visant à améliorer la capacité d'adaptation doivent être pertinentes à l'échelle régionale et, souvent, s'appuyer sur des forces, des programmes et des attributs de la communauté déjà en place. Le renforcement de la capacité d'adaptation exige une communication efficace entre les collectivités, d'autres paliers de gouvernement et les chercheurs, ce qui implique à la fois de mettre en commun les connaissances et de mettre au point des outils et autres ressources à l'intention des gestionnaires responsables de la prise de décisions à l'échelle régionale et locale. Il faut transmettre l'idée et les objectifs du renforcement de la capacité d'adaptation ainsi que les informations nécessaires à une meilleure planification des ressources, des collectivités et des écosystèmes. Dans certains cas, il faudra recueillir plus d'informations; dans d'autres, c'est l'accès à ces informations, et leur diffusion, qu'il faudra améliorer. Par exemple, il serait utile de poursuivre les recherches sur les impacts du changement climatique et sur l'adaptation à ce changement dans les secteurs économiques, en particulier en ce qui a trait aux phénomènes extrêmes, ainsi que d'assurer une surveillance des principaux éléments du climat et des variables de nature environnementale (p. ex., glaciers, eaux souterraines, mesure des débits des cours d'eau, niveaux des eaux côtières, et érosion et sédimentation côtières océanographie, cartographie des plaines inondables, feux de friche et propagation des ravageurs).

La mise au point de méthodes et d'outils de diffusion et d'utilisation de ces données est aussi importante que l'enrichissement de la base de connaissances actuelle. Le lien vital consiste à rendre les informations accessibles en les diffusant dans un contexte et avec une formulation au diapason des problèmes et des préoccupations de ceux qui effectueront l'adaptation, notamment les urbanistes et les ingénieurs, les gestionnaires de ressources et le secteur industriel, ainsi que les dirigeants gouvernementaux et autochtones, en d'autres mots tous ceux qui sont directement responsables de la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

Enfin, il est important d'explorer davantage et de mieux comprendre les aspects sociaux et culturels qui étayent la gouvernance à l'échelle locale, particulièrement la composition et la fonction d'institutions locales telles que les gouvernements municipaux, les districts régionaux et les conseils des Premières nations, les instances responsables de la planification et de la santé, les services d'ingénierie et les organismes qui assurent la gestion des ressources. Les intérêts locaux et régionaux, ainsi que les institutions et les organisations qui les soutiennent, fournissent le contexte au sein duquel les politiques et les plans en matière d'adaptation seront présentés et mis en œuvre. Une bonne compréhension de la façon dont les institutions sont établies et fonctionnent dans le milieu local et régional constitue un élément décisif, susceptible d'avoir une incidence sur l'acquisition de nouveaux éléments d'information et de connaissances, et d'établir, en fin de compte, si les mesures d'adaptation proactives qui auront été adoptées se solderont par un succès ou un échec.

RÉFÉRENCES

- Abeyasinghe, D.S. et I.J. Walker. « Sea level response to climate variability and change in northern British Columbia », *Atmosphere-Ocean*, sous presse.
- Agee, J.K. *Fire ecology of Pacific northwest forests*; Island Press, Washington, DC, 1993, 490 p.
- Ahern, M., R.S. Kovats, P. Wilkinson, R. Few et F. Matthies. « Global health impacts of floods: epidemiologic evidence », *Epidemiologic Reviews*, vol. 27, 2005, pp. 36-47.
- Alexander, C.A.D., B. Symonds et K. Hyatt (éd.). *The Okanagan fish/water management tool v.1.0.001: guidelines for apprentice water managers*, rapport inédit rédigé pour le Canadian Okanagan Basin Technical Working Group, Kamloops, Colombie-Britannique et le Douglas County Public Utility District No. 1, East Wenatchee, Washington, 2005, 114 p.
- Allan, J.C. et P.D. Komar. « Extreme storms on the Pacific northwest coast during the 1997-8 El Niño and 1998-9 La Niña », *Journal of Coastal Research*, vol. 18, 2002, pp. 175-193.
- Allen, D.M. « Determining the origin of groundwater using stable isotopes of ^{18}O , $^{2\text{H}}$ and ^{34}S », *Ground Water*, vol. 42, n° 1, 2004, pp. 17-31.
- American Meteorological Society. « Statement on seasonal to interannual climate prediction », *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2001, vol. 82, pp. 701.
- Andrusak, H., S. Matthews, I. McGregor, K. Ashley, G. Wilson, L. Vidmanic, J. Stockner, D. Sebastian, G. Scholten, P. Woodruff, P. Cassidy, J. Webster, K. Rood et A. Kay. *Okanagan Lake Action Plan Year 6 (2001)* Report, BC Ministry of Water, Land and Air Protection, Fisheries Management Branch, Fisheries Project Report No. RD 96, 2002.
- Anonymous. *Canada-British Columbia Okanagan Basin Agreement*, BC Water Resources Service, sommaire et schéma détaillé rédigé par le conseil consultatif, 1974, 49 p.
- Association des produits forestiers du Canada. *Intendance environnementale : changements climatiques*, Association des produits forestiers du Canada, 2006, <http://www.fpac.ca/fr/forets_et_durabilite/stewardship/climate_change.php>, [consultation : 18 mai 2007].
- Barnett, J. « Adapting to climate change in Pacific Island countries: the problem of uncertainty », *World Development*, vol. 29, n° 6, 2001, pp. 977-993.
- Barnett, T.P., J.C. Adams et D.P. Lettenmaier. « Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions », *Nature*, vol. 438, 2005, pp. 303-309.
- Barrie, J.V. et K.W. Conway. « Rapid sea level changes and coastal evolution on the Pacific margin of Canada », *Journal of Sedimentary Geology*, vol. 150, 2002, pp. 171-183.
- Baxter, D. et A. Ramlo. *Resource dependency: the spatial origins of British Columbia's economic base*, The Urban Futures Institute, Vancouver (Colombie-Britannique), 2002, 30 p.
- BC Centre for Disease Control. *Health advisory (June 5, 2005): fungal infection found in Vancouver Coastal and Fraser health regions*; BC Centre for Disease Control, Vancouver (Colombie-Britannique), 2005, 2 p., <http://www.cher.ubc.ca/Cryptococcus/PDFs/cryptooccal_advisory_june2_2005.pdf>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Council of Tourism Associations. *BC's Solicitor General allays forest fire concerns*, BC Council of Tourism Associations, Tourism News Archive, août 2004, Vancouver (Colombie-Britannique), 2004, <http://www.cotabc.com/news/tourism_news_archive.aspx?year=2004&month=8>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Hydro. *Committee report: Peace Water Use Plan*, BC Hydro, Vancouver, Colombie-Britannique, 2004, 14 p., sommaire disponible en ligne à <<http://www.bchydro.com/environment/wateruse/wateruse30860.html>>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Hydro. *2006 integrated electricity plan and long term acquisition plan*, BC Hydro, Vancouver (Colombie-Britannique), 2006, 396 p., <http://www.bchydro.com/rx_files/info/43514.pdf>, [consultation : 10 mai 2007].
- BC Ministry of Agriculture and Lands. *Land and resource management planning: a statement of principles and process*, BC Ministry of Agriculture and Lands, Integrated Land Management Bureau, Integrated Resource Planning Committee, 1993, 1 p., <http://ilmbwww.gov.bc.ca/lup/policies_guides/lrmp_policy/stmt.htm>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Ministry of Agriculture and Lands. *British Columbia's fisheries and aquaculture sector, 2002 edition*, BC Ministry of Agriculture and Lands, Fisheries Statistics, 2002, <http://www.agf.gov.bc.ca/fish_stats/statistics.htm>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Ministry of Agriculture and Lands. *An overview of the British Columbia grape industry*, BC Ministry of Agriculture and Lands, December 2004, 35 p., <http://www.agf.gov.bc.ca/grape/publications/documents/overview_grapes_dec2004.pdf>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Ministry of Agriculture and Lands. *About the agriculture industry: industry significance ... some facts*, BC Ministry of Agriculture and Lands, 2005a <<http://www.agf.gov.bc.ca/aboutind/somefact.htm>>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Ministry of Agriculture and Lands. *Fast stats agriculture and food*, BC Ministry of Agriculture and Lands, Policy and Economics Branch, 2005b, 32 p., <<http://www.agf.gov.bc.ca/stats/index.htm>>, [consultation : 16 mai 2007].
- BC Ministry of Energy Mines and Petroleum Resources. *Energy Efficiency Act*, BC Ministry of Energy Mines and Petroleum Resources, 2006, <http://www.em.gov.bc.ca/AlternativeEnergy/EnergyEfficiency/Energy_Efficiency_Act.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Energy Mines and Petroleum Resources. *BC energy plan: a vision for clear energy leadership*, BC Ministry of Energy Mines and Petroleum Resources, 2007, 40 p., <http://www.energyplan.gov.bc.ca/PDFBC_Energy_Plan.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Environment. *Salmon aquaculture review - Report of the Environmental Assessment Office*, Volume 1, BC Ministry of Environment, Environmental Assessment Office, 1997a, 311 p., <http://www.eao.gov.bc.ca/epic/output/html/deploy/epic_document_20_6045.html>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Environment. *Salmon Aquaculture Review report — First Nations perspectives*, volume 2, BC Ministry of Environment, Environmental Assessment Office, 1997b, 87 p., <http://www.eao.gov.bc.ca/epic/output/html/deploy/epic_document_20_6046.html>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Environment. « Habitat atlas for wildlife at risk, South Okanagan and Lower Similkameen », dans *Proceedings of a Conference on the Biology and Management of Species and Habitats at Risk*, conférence tenue du 15 au 19 février 1999 à Kamloops, Colombie-Britannique, L.M. Darling (éd.); BC Ministry of Environment, Lands and Parks et University College of the Cariboo, Kamloops (Colombie-Britannique), vol. 2, 1998, 520 p., <http://wlappwww.gov.bc.ca/sir/fwh/wld/atlas/introduction/intro_index.html>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Environment. *Weather, climate and the future: BC's plan*, BC Ministry of Environment, 2004, 42 p., <http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/cc_plan/pdfs/bc_climatechange_plan.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Environment. *British Columbia's coastal environment: 2006*, BC Ministry of Environment, 2006 <<http://www.env.gov.bc.ca/soc/bcce/>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Environment, Lands and Parks. « Groundwater management », dans *Stewardship of the Water of British Columbia: a Review of British Columbia's Water Management Policy and Legislation*, Section 1, BC Ministry of Environment, Lands and Parks, 1993.
- BC Ministry of Forests. *MPB salvage, hydrology recommendations: recommended operational procedures to address hydrological concerns*, BC Ministry of Forests, 2005, 7 p., <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/mountain_pine_beetle/stewardship/Hydrological%20Recommendations%20Dec%203%202004.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Forests and Range. *Preparing for climate change: adapting to impacts on British Columbia's forest and range resources*, BC Ministry of Forests and Range, 2006, 94 p., <http://www.for.gov.bc.ca/mof/Climate_Change/Preparing_for_Climate_Change.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Forests and Range. *2006 summary of forest health conditions in British Columbia*; BC Ministry of Forests and Range, 2007, 73 p., <http://www.for.gov.bc.ca/ftp/HFP/external/!publish/Aerial_Overview/2006/Aer_OV_final.pdf>, [consultation : 9 mai 2007].
- BC Ministry of Health. *Healthy British Columbia: British Columbia's report on nationally comparable health indicators*, BC Ministry of Health, 2004, 75 p., <http://www.healthservices.gov.bc.ca/cpa/publications/pirc_2004.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Health. *BC Health files: hantavirus pulmonary syndrome (HPS)*, BC Ministry of Health, HealthFile #36, juillet 2005, 2 p., <<http://www.bchealthguide.org/healthfiles/hfile36.stm>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Health Planning et BC Ministry of Health Services. *Action plan on safe drinking water in British Columbia*, BC Ministry of Health Planning et BC Ministry of Health Services, 2001, 12 p., <http://www.healthservices.gov.bc.ca/cpa/publications/safe_drinking_printcopy.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Health Services. *Air quality in British Columbia, a public health perspective*, BC Ministry of Health Services, rapport annuel 2003 de l'Agent provincial de la santé, 2004, 137 p., <<http://www.healthservices.gov.bc.ca/pho/pdf/phoannual2003.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Labour and Citizens Services. *1996 census profile*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, BC Stats, 1997, 16 p., <<http://www.bcsstats.gov.bc.ca/data/dd/c96drdat.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Labour and Citizens' Services. *British Columbia's fisheries and aquaculture sector*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, BC Stats, 2002, 103 p., <http://www.bcsstats.gov.bc.ca/data/bus_stat/busind/fish.asp>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Labour and Citizens' Services. *Quick facts about British Columbia*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, BC Stats, 2004, 12 p., <<http://www.bcsstats.gov.bc.ca/data/qf.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Labour and Citizens' Services. *British Columbia population forecast - 05/12, Table 1: summary statistics*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, BC Stats, 2005a, <<http://www.bcsstats.gov.bc.ca/DATA/pop/pop/project/bctab1.asp>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Labour and Citizens' Services. *Tourism industry monitor annual 2005*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, BC Stats, 2005b, 7 p., <http://www.bcsstats.gov.bc.ca/data/bus_stat/busind/timcurr.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Labour and Citizens' Services. *2001 census profile of British Columbia's regions: Central Okanagan Regional District*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, BC Stats, 2005c, 18 p., <<http://www.bcsstats.gov.bc.ca/cen01/profiles/59035000.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].

- BC Ministry of Labour and Citizens' Services. *A guide to the BC economy and labour market*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, BC Stats, 2006, <<http://www.guidetobceconomy.org/welcome.htm>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Public Safety and Solicitor General. British Columbia Emergency Response Management System (BC-ERMS), BC Ministry of Public Safety and Solicitor General, 2006, <<http://www.pep.gov.bc.ca/bcерms.html>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Small Business and Economic Development et BC Ministry of Transportation. *British Columbia ports strategy*, BC Ministry of Small Business and Economic Development et BC Ministry of Transportation, 2005, 34 p., <http://www.gov.bc.ca/ecdev/down/bc_ports_strategy_sbed_mar_18_05.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Ministry of Water, Land and Air Protection. *Indicators of climate change for British Columbia*, BC Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002, 50 p., <<http://www.env.gov.bc.ca/air/climate/indicat/pdf/indcc.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Statutes and Regulations. « Chapter 9 », dans *Drinking Water Protection Act* (SBC 2001), BC Statutes and Regulations, 2001, <http://www.qp.gov.bc.ca/statreg/stat/D/01009_01.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- BC Sustainable Energy Association. Solar Hot Water Program, BC Sustainable Energy Association, 2006 <<http://www.solarbc.org>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Beamish, R.J. et D.J. Noakes. « Global warming, aquaculture, and commercial fisheries », dans *Stock Enhancement and Sea Ranching: Developments, Pitfalls and Opportunities* (deuxième édition), K.M. Leber, S. Kitada, H.L. Blankenship et T. Svasand (éd.), Blackwell Publishing Ltd., Oxford, Royaume-Uni, 2004, pp. 25-47.
- Beamish, R.J., I.A. Pearsall et M.C. Healey. « A history of the research on the early marine life of Pacific salmon off Canada's Pacific coast », *North Pacific Anadromous Fish Commission Bulletin*, vol. 3, 2003, pp. 1-40.
- Behrenfeld, M.J., R.T. O'Malley, D.A. Siegel, C.R. McClain, J.L. Sarmiento, G.C. Feldman, A.J. Milligan, P.A. Falkowski, R.M. Letelier et E.S. Boss. « Climate-driven trends in contemporary ocean productivity », *Nature*, vol. 444, 2006, pp. 752-755.
- Belliveau, S., B. Bradshaw, B. Smit, S. Reid, D. Ramsey, M. Tarleton et B. Sawyer. *Farm-level adaptation to multiple risks: climate change and other concerns*, University of Guelph, Department of Geography, Publication hors-série n° 27, 2006a, 99 p., <http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/93_e.pdf>, [consultation : 2 août 2007].
- Belliveau, S., B. Smit et B. Bradshaw. « Multiple exposures and dynamic vulnerability: evidence from the grape industry in the Okanagan Valley, Canada », *Global Environmental Change*, vol. 16, 2006b, pp. 364-378.
- Bezener, A., M. Dunn, H. Richardson, O. Dyer, R. Hawes et T. Hayes. « South Okanagan-Similkameen conservation program: a multi-partnered, multi-species, multi-scale approach to conservation of species at risk », dans *Proceedings of the Species at Risk 2004 Pathways to Recovery Conference* tenue du 2 au 6 mars 2004 à Victoria, Colombie-Britannique, T.D. Hooper (éd.), Comité organisateur de la conférence Pathways to Recovery, Vancouver (Colombie-Britannique), 2004, 10 p., <http://www.llbc.leg.bc.ca/Public/PubDocs/bcdocs/400484/bezener_edited_final_feb_8.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Biondi F., A. Gershunov et D.R. Cayan. « North Pacific decadal climate variability since 1661 », *Journal of Climate*, vol. 14, n° 1, 2001, pp. 5-10.
- Boldt, J., H. Batchelder, W. Crawford, A. Hollowed, J. King, G. McFarlane, F. Mueter, I. Perry et J. Schweigert. « Appendix 3: recent ecosystem changes in the Gulf of Alaska », dans *Report of the Study Group on Fisheries and Ecosystem Response to Recent Regime Shifts*, J. King (éd.), North Pacific Marine Science Organization (PICES), Sydney (Colombie-Britannique), Rapport scientifique 28, 2005, 162 p., <http://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report28/Rep_28_default.aspx>, [consultation : 18 mai 2007].
- Bond, N.A. et D.E. Harrison. « The Pacific Decadal Oscillation, air-sea interaction and central north Pacific winter atmospheric regimes », *Geophysical Research Letters*, vol. 27, 2000, pp. 731-734.
- Bonsal, B.R. et T.D. Prowse. « Trends and variability in spring and autumn 0°C isotherm dates over Canada », *Climatic Change*, vol. 57, 2003, pp. 341-358.
- Bonsal, B.R., X. Zhang, L.A. Vincent et W.D. Hogg. « Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada », *Journal of Climate*, vol. 14, 2001, pp. 1959-1976.
- Bowen, P.A., C.P. Bogdanoff, B.F. Estergaard, S.G. Marsh, K.B. Usher, C.A.S. Smith et G. Frank. « Geology and wine 10: use of geographic information system technology to assess viticulture in the Okanagan and Similkameen valleys, British Columbia », *Geoscience Canada*, vol. 32, 2006, pp. 161-176.
- Brauer, M., G. Hoek, P. Van Vliet, K. Meliefste, P. Fischer, A. Wijga, L. Koopman, H.J. Neijens, J. Gerritsen, M. Kerkhof, J. Heinrich, T. Bellander et B. Brunekreef. « Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children », *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 166, 2002, pp. 1092-1098.
- Brauer, M., J. Petkau, S. Vedral et R. White. « Air pollution and daily mortality in a city with low levels of pollution », *Environmental Health Perspectives*, vol. 111, 2003, pp. 45-51.
- Bremmer, L. et J. Bremmer. BC grape acreage report - August 20, 2004, rapport inédit rédigé par les Mount Kobau Wine Services pour la BC Grapegrowers Association, 2004, <<http://www.grapegrowers.bc.ca/winecrop.shtml>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Brenner, N. et N. Theodore. « Preface: from the new localism to the spaces of neoliberalism », *Antipode*, vol. 34, 2002, pp. 341-347.
- Brown, K.J. et R.J. Hebd. « Origin, development, and dynamics of coastal temperate conifer rainforests of southern Vancouver Island, Canada », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 32, 2002, pp. 353-372.
- Brown, K.J. et R.J. Hebd. « Temperate rainforest connections disclosed through a late-Quaternary vegetation, climate, and fire history investigation from the mountain hemlock zone on southern Vancouver Island, British Columbia, Canada », *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol. 123, 2003, pp. 247-269.
- Brubaker, L. « Vegetation history and anticipating future vegetation change », dans *Ecosystem Management for Parks and Wilderness*, J.K. Agee et D.R. Johnson (éd.), University of Washington Press, Seattle, Washington, 1988, pp. 41-61.
- Bruce, J.P. *Implications of climate change for flood damage reduction in Canada*, compte-rendu de la 3e conférence canadienne sur la géotechnique et les risques naturels tenue du 8 au 10 juin 2003, Geohazards 2003, Geotechnical Society, Edmonton (Alberta), 2003, pp. 29-34.
- Brugman, M.M., A. Pietroniro et J. Shi. « Mapping alpine snow and ice using Landsat TM and SAR imagery at Wapta icefield », *Journal canadien de télédétection*, vol. 22, 1996, pp. 127-136.
- Buckland, J. et M. Rahman. « Community-based disaster management during the 1997 Red River flood in Canada », *Disasters*, vol. 23, n° 2, 1999, pp. 174-191.
- Bull, C. *Fisheries habitat in the Okanagan River, phase 2: investigation of selected options*, rapport inédit rédigé pour le Douglas County Public Utility, District No. 1 de Washington State, Wenatchee, Washington, 1999.
- Burnett, R.T., S. Cakmak et J.R. Brook. « The effect of the urban ambient air pollution mix on daily mortality rates in 11 Canadian cities », *Revue canadienne de santé publique*, vol. 89, n° 3, 1998, pp. 152-156.
- Burnett, R.T., Y. Chen, D. Krewski, K. Liu et Y. Shi. « Association between gaseous ambient air pollutants and adverse pregnancy outcomes in Vancouver, Canada », *Environmental Health Perspectives*, vol. 111, 2003, pp. 1773-1778.
- Burton, B., L. Gu et Y.Y. Yin. « Overview of vulnerabilities of coastally-influenced conveyance and treatment infrastructure in Greater Vancouver to climate change: identification of adaptive responses », dans *EWRI 2005: Impacts of Global Climate Change*, R. Walton (éd.), compte-rendu de la Conférence mondiale sur l'eau et l'environnement tenue du 15 au 19 mai 2005 à Anchorage Alaska; American Society of Civil Engineering, Environmental and Water Resources Institute, 2005, doi: 10.1061(40792)173.79.
- Burton, I., R.W. Kates et G.F. White. *The Environment as Hazard*, Oxford University Press New York, New York, 1978, 258 p.
- Butler, R.W. « Winter abundance and distribution of shorebirds and songbirds on farmlands on the Fraser River Delta, British Columbia, 1989-1991 », *Canadian Field-Naturalist*, vol. 113, n° 3, 1999, pp. 390-395.
- Cammell, M.E. et J.D. Knight. « Effects of climatic change on the population dynamics of crop pests », *Advances in Ecological Research*, vol. 22, 1992, pp. 117-162.
- Canadian Association of Petroleum Producers. *British Columbia's oil and natural gas industry*, Canadian Association of Petroleum Producers, Calgary, Alberta, 2005, 2 p., <<http://www.capp.ca/raw.asp?x=1&dt=NTV&e=PDF&dn=84443>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Canadian Association of Petroleum Producers. *Industry facts and information, western Canada, British Columbia statistics for the past eight years*, Canadian Association of Petroleum Producers, Calgary (Alberta), 2006, 1 p., <<http://www.capp.ca/raw.asp?x=1&dt=NTV&e=PDF&dn=34089>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Capital Regional District Water Services. *2004 review of the strategic plan for water management*, Capital Regional District Water Services, Victoria, Colombie-Britannique, 2004, 161 p.
- Capital Regional District Water Services. *The need to conserve water; how does climate affect our water use?*, Capital Regional District Water Services, Victoria (Colombie-Britannique), BC, 2007, <<http://www.crd.bc.ca/water/conservation/images/demand3.gif>>, [consultation : 19 mai 2007].
- Caprio, J.M. et H.A. Quamme. « Weather conditions associated with apple production in the Okanagan Valley of British Columbia », *Revue canadienne de phytotechnie*, vol. 79, n° 1, 1999, pp. 129-137.
- Caprio, J.M. et H.A. Quamme. « Weather conditions associated with grape production in the Okanagan Valley of British Columbia and potential impact of climate change », *Revue canadienne de phytotechnie*, vol. 82, n° 4, 2002, pp. 755-763.
- Caprio, J.M. et H.A. Quamme. « Influence of weather on apricot, peach and sweet cherry production in the Okanagan Valley of British », *Revue canadienne de phytotechnie*, vol. 86, 2006, pp. 259-267.
- Carroll, A.L., S.W. Taylor, J. Regniere et L. Safranyik. « Effects of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia », dans *Proceedings of Mountain Pine Beetle Symposium: Challenges and Solutions*, tenu les 30 et 31 octobre 2003 à Kelowna (Colombie-Britannique), T.L. Shore, J.E. Brooks et J.E. Stone (éd.), Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, Rapport d'information Report BC-X-399, Victoria (Colombie-Britannique), 2004, pp. 223-232.
- Cashore, B., G. Hoberg, M. Howlett, J. Rayner et J. Wilson. *In Search of Sustainability: British Columbia Forest Policy in the 1990s*, University of British Columbia Press, Vancouver (Colombie-Britannique), 2001, 340 p.
- Casola, J.H., J.E. Kay, A.K. Snover, R.A. Norheim et L.C. Whitely Binder. *Climate impacts on Washington's hydropower, water supply, forests, fish and agriculture*, rapport inédit rédigé pour King County, Washington par le Climate Impacts Group, Center for Science in the Earth System, Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, University of Washington, Seattle, Washington, 2005, <<http://www.cses.washington.edu/db/pdf/kc05whitepaper459.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].

- Chang, A.S. et R.T. Patterson. « Climate shift at 4400 years BP: evidence from high-resolution diatom stratigraphy, Effingham Inlet, British Columbia, Canada », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 226, n° 2-3, 2005, pp. 72-92.
- Chang, A.S., R.T. Patterson et R. McNeely. « Seasonal sediment and diatom record from the late Holocene laminated sediments, Effingham Inlet, British Columbia, Canada », *Palaios*, vol. 18, 2003, pp. 477-494.
- Changnon S.A., F.A. Huff et C.E. Hsu. « Relations between precipitation and shallow groundwater in Illinois », *Journal of Climate*, vol. 1, n° 12, 1988, pp. 1239-1250, <<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0442/1/12/pdf/i1520-0442-1-12-1239.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Cheng, J.D. « Streamflow changes after clear-cut logging of a pine beetle-infested watershed in southern British Columbia, Canada », *Water Resources Research*, vol. 25, 1989, pp. 449-456.
- Clague, J.J. et B.D. Bornhold. « Morphology and littoral processes of the Pacific coast of Canada », dans *The Coastline of Canada, Littoral Processes and Shore Morphology*, compte-rendu d'une conférence tenue du 1 au 3 mai 1978 à Halifax, S.B. McCann (éd.), Commission géologique du Canada, Étude 80-10, 1980, pp. 339-380.
- Clark, G.E., S.C. Moser, S.J. Ratnick, K. Dow, W.B. Meyer, S. Emani, W. Jin, J.X. Kasperson, R.E. Kasperson et H.E. Schwarz. « Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of Revere, MA, USA », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 3, 1998, pp. 59-82, <<http://nmc.colorado.edu/HARC/Readings/Clark.pdf>>, [consultation : 18 mai 10, 2007].
- Clarke, W.G. et S.R. Hare. « Effects of climate and stock size on recruitment and growth of Pacific halibut », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 22, 2002, pp. 852-862.
- Climate Impacts Group. *Impacts of natural climate variability on Pacific Northwest climate*, Climate Impacts Group, 2006 <<http://www.cses.washington.edu/cig/pnwc/clvariability.shtml>> et <<http://www.cses.washington.edu/cig/pnwc/pnwc.shtml>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Cohen, S.J. « What if and so what in northwest Canada: could climate change make a difference to the future of the Mackenzie Basin? », *Arctic*, vol. 50, n° 4, 1997, pp. 293-307.
- Cohen, S.J. et T. Kulkarni (éd.). *Water management and climate change in the Okanagan Basin*, Environnement Canada et University of British Columbia, 2001, 75 p., <http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/46_e.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Cohen, S.J., W.S. Merritt, Y. Alila, M. Barton et B. Taylor. *Exploring impacts of climate change on the hydrology of the Okanagan Basin*, compte rendu de la 56e Conférence annuelle de l'Association canadienne des ressources hydrauliques, Vancouver (Colombie-Britannique), 2003, 179 p.
- Cohen, S.J., K.A. Miller, A.F. Hamlet et W. Avis. « Climate change and resource management in the Columbia River basin », *Water International*, vol. 25, n° 2, 2000, pp. 253-272.
- Cohen, S. J., D. Neilsen, S. Smith, T. Neale, B. Taylor, M. Barton, W.S. Merritt, A. Younes, P. Shepherd, R. McNeill, J. Tansey, J. Carmichael et S. Langsdale. « Learning with local help: Expanding the dialogue on climate change and water management in the Okanagan Region, British Columbia, Canada », *Climatic Change*, vol. 75, 2006, pp. 331-358.
- Cohen, S.J., D. Nielsen, R. Welbourn et. *Expanding the dialogue on climate change and water management in the Okanagan Basin*, British Columbia, Environnement Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada et University of British Columbia, 2004, 230 p.
- Coleman, J.S. « Social capital in the creation of human capital », in *Organizations and Institutions: Sociological and Economic Approaches to the Analysis of Social Structure*, *American Journal of Sociology*, vol. 94 (supplément), 1988, pp. S95-S120.
- Columbia Mountain Institute for Applied Ecology. *Climate change in the Columbia basin*, compte-rendu d'un atelier tenu les 17 et 18 janvier 2003 à Cranbrook (Colombie-Britannique), 2003, 102 p., <<http://www.cmai.ca/pdf/ClimateChange2003.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Committee on Protection and Management of Pacific Northwest Anadromous Salmonids. *Upstream: Salmon and Society in the Pacific Northwest*, National Academies Press, Washington, DC, 1996, 452 p.
- Conner, T. *Social vulnerability and adaptive capacity to climate change impacts: identifying attributes in two remote coastal communities on Haida Gwaii, British Columbia*, thèse de maîtrise, Department of Geography, University of Victoria, Victoria (Colombie-Britannique), 2005, 207 p.
- Cooke, S.J., S.G. Hinch, A.P. Farrell, M.F. Lapointe, S.R.M. Jones, J.S. Macdonald, D.A. Patterson, M.C. Healey et G. Van Der Kraak. « Abnormal migration and high en route mortality of sockeye salmon in the Fraser River, British Columbia », *Fisheries*, vol. 29, 2004, pp. 22-33.
- Crabbe, C. « France caught cold by heatwave », *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 81, n° 10, 2003, pp. 773-774, <[http://www.who.int/bulletin/volumes/81/10/773-775%20\(news\).pdf](http://www.who.int/bulletin/volumes/81/10/773-775%20(news).pdf)>, [consultation : 18 mai 2007].
- Craig-Smith, J., R. Tapper et X. Font. « The coastal and marine environment », dans *Tourism and Global Environmental Change: Ecological, Social, Economic and Political Interrelationships*, S. Gössling et C.M. Hall (éd.), Routledge, Londres, Royaume-Uni, 2006, pp. 107-127.
- Crawford, W.R., J. Cherniawkey, M. Foreman et P. Chandler. « El Niño sea level signal along the west coast of Canada », dans *Proceedings of the 1998 Science Board Symposium on the Impacts of the 1997/98 El Niño Event on the North Pacific Ocean and its Marginal Seas*, North Pacific Marine Science Organization (PICES), Rapport scientifique 10, 1999, 4 p., <http://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report10/default.aspx>, [consultation : 18 mai 2007].
- Cummings, S.G. et P.J. Burton. « Phenology-mediated effects of climatic change on some simulated British Columbia forests », *Climatic Change*, vol. 34, 1996, pp. 213-222.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irlund, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, F.J. Swanson, B.J. Stocks et B.M. Wotton. « Climate change and forest disturbances », *BioScience*, vol. 51, 2001, pp. 723-734.
- Daly, C., W.P. Gibson, G.H. Taylor, G.L. Johnson et P. Pasteris. « A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate », *Climate Research*, vol. 22, 2002, pp. 99-113.
- Davidson, D., T. Williamson et J. Parkins. « Understanding climate change risk and vulnerability in northern forest-based communities », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 33, 2003, pp. 2252-2261.
- Degg, M.R. et J. Homan. « Earthquake vulnerability in the Middle East », *Geography*, vol. 90, 2005, pp. 54-66.
- Dewar, K. « Everyone talks about the weather », dans *Tourism, Recreation and Climate Change*, C.M. Hall et J. Higham (éd.), Channel View, Clevedon, Royaume-Uni, 2005, pp. 234-246.
- Dingler, J.R. et T.E. Reiss. « Changes to Monterey Bay beaches from the end of the 1982-83 El Nino through the 1997-98 El Nino », *Marine Geology*, vol. 181, n° 1, 2001, pp. 249-263.
- Dobson Engineering Ltd. *Chase Creek hydrological assessment: impact of mountain pine beetle infestations on peak flows* (including application of the Ministry of forests' Extension Note 67), Riverside Forest Products Limited, Tolko Industries Ltd. et le BC Forest Service, 2004, 43 p.
- Dods, P. et R. Copes. « Wood smoke, forest fires and PM2.5 in British Columbia », *BC Medical Journal*, vol. 47, n° 5, 2005, pp. 132-133.
- Dolan, A.H. et I.J. Walker. « Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks », *Journal of Coastal Research*, Numéro spécial 39, 2007, pp. 1317-1324.
- Drebort, M.A., H. Artsob et D. Werker. « Syndrome pulmonaire dû au hantavirus au Canada, 1989-1999 », *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, vol. 26-08, 2000, pp. 65-69, <<http://www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr-rmtc/00vol26/rm2608fa.html>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Dry, P.R., B.R. Loveys, M.G. McCarthy et M. Stoll. « Strategic irrigation management in Australian vineyards », *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, vol. 35, 2001, pp. 129-139.
- Dyer, D. « What can a communities do? », dans *Proceedings, Communities and Climate Change Workshop: Planning for Impacts and Adaptations*, atelier tenu le 17 mai 2006 à Prince George (Colombie-Britannique), C. Wainwright et K. Zimmerman (comp.), McGregor Model Forest Association, 2006, <<http://www.mcgregor.bc.ca/downloads/Proceedings.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Dyer, J.M. « Assessment of climatic warming using a model of forest species migration », *Ecological Modelling*, vol. 79, 1995, pp. 199-219.
- Easterling, D.R., G.A. Meehl, C. Parmesan, S. Changnon, T.R. Karl et L.O. Mearns. « Climate extremes: observations, modeling and impacts », *Science*, vol. 289, n° 5487, 2000, pp. 2068-2074.
- Elner, R.W., P.G. Beninger, D.L. Jackson et T.M. Potter. « Evidence of a new feeding mode in western sandpiper, and dunlin based on bill and tongue morphology », *Marine Biology*, vol. 146, n° 6, 2005, pp. 1223-1234.
- Engelthalder, D.M., D.G. Mosley, J.E. Cheek, C.E. Levy, K.K. Komatsu, P. Ettestad, T. Davis, D.T. Tanda, L. Miller, J.W. Frampton, R. Porter et R.T. Bryan. « Climatic and environmental patterns associated with hantavirus pulmonary syndrome, Four Corners region, United States », *Emerging Infectious Diseases*, vol. 5, 1999, pp. 87-94.
- Enns, S., T. Malinick et R. Matthews. « It's not only who you know, it's also where they are: using the position generator to investigate the structure of access to socially embedded resources », dans *Social Capital: Advances in Research*, N. Lin et B.H. Erickson (éd.), Oxford University Press, New York, New York, in press.
- Environnement Canada. *El Niño.-Effets au Canada*, Environnement Canada, 2003 <http://www.msc.ec.gc.ca/education/elnino/canadian/region/index_mean_f.cfm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Environnement Canada. *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*, Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, 2004, <<http://www.nrwi.ca/threads2full/intro-f.html>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Fankhauser, S. et R.S.J. Tol. « The social costs of climate change: the IPCC second assessment report and beyond », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 1, n° 4, 1997, pp. 385-403.
- Flannigan, M.D., I. Campbell, M. Wotton, C. Carcaillet, P. Richard et Y. Bergeron. « Future fire in Canada's boreal forest: paleoecology results and general circulation model — regional climate model simulations », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 31, 2001, pp. 854-864.
- Flannigan, M.D., K.A. Logan, B.D. Amiro, W.R. Skinner et B.J. Stocks. « Future area burned in Canada », *Climatic Change*, vol. 72, 2005, pp. 1-16.
- Flato, G.M., G.L. Boer, W.G. Lee, N.A. McFarlane, D. Ramsden, M.C. Reader et A.J. Weaver. « The Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis global coupled model and its climate », *Climate Dynamics*, vol. 16, 2000, pp. 451-467.
- Fleming, S.W. « Comparative analysis of glacial and nival streamflow regimes with implications for lotic habitat quantity and fish species richness », *Water Research and Applications*, vol. 21, 2005, pp. 363-379.
- Fleming, S.W. et G.K.C. Clark. « Attenuation of high-frequency interannual streamflow variability by watershed glacial cover », *ASCE Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 13, n° 17, 2005, pp. 615-618.

- Fleming, S.W., R.D. Moore et G.K.C. Clarke. « Glacier-mediated streamflow teleconnections to the Arctic Oscillation », *International Journal of Climatology*, vol. 26, 2006, pp. 619–636.
- Ford, J. et B. Smit. « A framework for assessing the vulnerability of communities in the Canadian Arctic to risks associated with climate change », *Arctic*, vol. 57, n° 4, 2004, pp. 389–400.
- FortisBC. *PowerSense Program*, FortisBC, 2006, <http://www.fortisbc.com/energy_efficiency/about_energy_efficiency.html>, [consultation : 18 mai 2007].
- Frame, T.M., T. Gunton et J.C. Day. « The role of collaboration in environmental management: an evaluation of land and resource planning in British Columbia », *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 47, n° 1, 2004, pp. 59–82.
- Fraser River Sockeye Public Review Board. *Fraser River sockeye 1994, problems and discrepancies*, Gouvernement du Canada, 1995, 131 p.
- Frenkel, B. *Vanderhoof climate change: stakeholder study*, rapport inédit rédigé par Avison Management Service Ltd. Pour la municipalité de Vanderhoof (Colombie-Britannique), 2005.
- Furniss, M.M. et J.A. Schenk. « Sustained natural infestations by the MPB in seven new Pinus and Picea hosts », *Journal of Economic Entomology*, vol. 62, 1969, pp. 518–519.
- Gagné, J., W. Cocksedge, P. Burton, A. Thomson, B. Titus, R. Winder, S. Berch, S. Tedder, W. Fekete, M. Keefer et G. Prest. *Integrating non-timber forest products into forest planning and practices in British Columbia*, Forest Practices Board, Victoria (Colombie-Britannique), Rapport spécial n° 19, 2004, 33 p., <<http://www.fpb.gov.bc.ca/SPECIAL/reports/SR19/SR19.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Gardner, J. et D. Peterson. *Making sense of the salmon aquaculture debate: analysis of issues related to netcage salmon farming and wild salmon in British Columbia*, rapport inédit rédigé pour le Pacific Fisheries Resource Conservation Council, Vancouver (Colombie-Britannique), 2003, 139 p., <http://www.fish.bc.ca/files/SalmonAquaculture-MakingSenseDebate_2003_0_Complete.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Garibaldi, A. et N. Turner. « Cultural keystone species: implications for ecological conservation and restoration », *Ecology and Society*, vol. 93, n° 3, 2004, <<http://www.ecologysociety.org/vol9/iss3/art1/>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Gavin, D.G., J.S. McLachlan, L.B. Brubaker et K.A. Young. « Postglacial history of subalpine forests, Olympic Peninsula, Washington, USA », *The Holocene*, vol. 11, 2001, pp. 177–188.
- Gedalof, Z. et D.J. Smith. « Interdecadal climate variability and regime-scale shifts in Pacific North America », *Geophysical Research Letters*, vol. 28, 2001, pp. 1515–1518.
- Gedalof, Z., N.J. Mantua et D.L. Peterson. « A multi-century perspective of variability in the Pacific Decadal Oscillation: new insights from tree rings and coral », *Geophysical Research Letters*, vol. 29, 2002, doi:10.1029/2002GL015824.
- Gedalof, Z., D.L. Peterson et N.J. Mantua. « Columbia River flow and drought since 1750 », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 40, 2004, pp. 1579–1592.
- Gedalof, Z., D.L. Peterson et N.J. Mantua. « Atmospheric, climatic and ecological controls on extreme wildfire years in the northwestern United States », *Ecological Applications*, vol. 15, 2005, pp. 154–174.
- Gershunov, A. et T.P. Barnett. « Interdecadal modulation of ENSO teleconnections », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 79, n° 12, 1998, pp. 2715–2725.
- Gerwing, K. et T. McDaniels. « Listening to the Salmon People: coastal First Nations' objectives regarding salmon aquaculture in British Columbia », *Society and Natural Resources*, vol. 19, 2006, pp. 259–273.
- Gillet, N.P., A.J. Weaver, F.W. Zwiers et M.D. Flannigan. « Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires », *Geophysical Research Letters*, vol. 31, L18211, 2004, doi:10.1029/2004GL020876.
- Glass G.E., J.E. Cheek, J.A. Patz, T.M. Shields, T.J. Doyle, D.A. Thoroughman, D.K. Hunt, R.E. Enscore, K.L. Gage, C. Irland, C.J. Peters et R. Bryan. « Using remotely sensed data to identify areas at risk for hantavirus pulmonary syndrome », *Emerging Infectious Diseases*, vol. 6, 2000, pp. 238–247.
- Glavin, T. *Dead reckoning: confronting the crisis in Pacific fisheries*, Greystone Books, Vancouver (Colombie-Britannique), 1996, 181 p.
- Goklany, I.M. « Strategies to enhance adaptability: technological change, sustainable growth and free trade », *Climatic Change*, vol. 30, 1995, pp. 427–449.
- Gray, P.A. « Impacts of climate change on diversity in forested ecosystems: some examples », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, 2005, pp. 655–661.
- Greater Vancouver Regional District. *Livable region strategic plan*, Greater Vancouver Regional District, Policy and Planning Department, 1999, 35 p., <<http://www.gvrd.bc.ca:80/growth/lrsp.htm>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Greater Vancouver Regional District. *Water: The Greater Vancouver Water District water consumption statistics*, 2004 edition, Greater Vancouver Regional District, 2005a, 66 p., <<http://www.gvrd.bc.ca/water/pdfs/ConsumptionStatistics2004.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Greater Vancouver Regional District. *Drinking water: quality on tap* (drinking water management plan for the GVWD and member municipalities), Greater Vancouver Regional District, 2005b, 12 p., <<http://www.gvrd.bc.ca/water/pdfs/DrinkingWaterManagementPlanA.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Greater Vancouver Regional District. *GVRD residents are advised of deteriorating water quality*, Greater Vancouver Regional District, communiqué de presse, 16 novembre 16, 2006, <<http://www.gvrd.bc.ca/media/2006/2006-11-16-Media-ReleaseResidentsAdvisedWaterQuality.pdf>>, [consultation : 11 mai 2007].
- Greater Vancouver Transportation Authority. *2006 transportation plan, Greater Vancouver Transportation Authority*, 2005, 99 p., <http://www.translink.bc.ca/files/pdf/plan_proj/2006_Transportation_Plan.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Gregory, R., L. Failing et J. Arvai. *Indicators for climate change at Roberts Bank*, rapport inédit rédigé pour Ressources naturelles Canada, Secteur des sciences de la terre, 2006, 20 p.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. « Résumé à l'intention des décideurs », dans *Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité*, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken et K.S. White (éd.), contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2001, pp. 1–18, <<http://www.ipcc.ch/pub/wg2SPMfinal.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. « Summary for policymakers », dans *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignot et H.L. Miller (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 2007, 18 pp., <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Hagerman, S. et H. Dowlatbadi. *What! Biodiversity set-asides may not protect against climate change?*, University of British Columbia, Institute for Resources, Environment and Sustainability, séminaire tenu le 5 avril 2006 au Climate Decision Making Center, 2006, <http://cdmc.epp.cmu.edu/Hadi_spring06.pdf>, [consultation : 23 mai 2007].
- Haida Gwaii–Queen Charlotte Islands Land Use Planning Process Team. *Haida Gwaii–Queen Charlotte Islands Land Use Plan recommendations report and agenda*, BC Integrated Land Management Bureau, 2006, <http://ilmbwww.gov.bc.ca/ilmb/lup/lrmp/coast/qci/docs/fin_LUP_package_Jan26-06.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Haines, J. et J. Patz. « Health effects of climate change », *Journal of the American Medical Association*, vol. 291, n° 1, 2004, pp. 99–103.
- Hallin, L. *A guide to the BC economy and labour market*, BC Ministry of Labour and Citizens' Services, 2001 <www.bcstats.gov.bc.ca/pubs/econ_gui.asp>, [consultation : 18 mai 2007].
- Hamann, A. et T.L. Wang. « Models of climate normals for genecology and climate change studies in BC », *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 128, 2005, pp. 211–221.
- Hamann, A. et T.L. Wang. « Potential effects of climate change on ecosystem and tree species distribution in British Columbia », *Ecology*, vol. 87, n° 11, 2006, pp. 2773–2786.
- Hamlet, A.F. « The role of transboundary agreements in the Columbia River basin: an integrated assessment in the context of historical development, climate, and evolving water policy », dans *Climate, Water and Transboundary Challenges in the Americas*, H. Diaz et B. Morehouse (éd.), Kluwer Press, Boston, Massachusetts, 2003, pp. 263–289.
- Hamlet, A.F. et D.P. Lettenmaier. « Effects of climate change on hydrology and water resources in the Columbia River basin », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 35, n° 6, 1999, pp. 1597–1623.
- Hamlet, A.F., F.D. Huppert et D.P. Lettenmaier. « Economic value of long-lead streamflow forecasts for Columbia river hydropower », *American Society of Civil Engineers, Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 128, n° 2, 2002, pp. 91–101.
- Hamon, W.R. « Computation of direct runoff amounts from storm rainfall », *International Association of Scientific Hydrology Publication*, vol. 63, 1963, pp. 52–62.
- Hanlon, N. et G. Halseth. « The greying of resource communities in northern British Columbia: implications for health care delivery in already-underserviced communities », *Le Géographe canadien*, vol. 49, n° 1, 2005, pp. 1–24.
- Hannah, L., G.F. Midgley, T. Lovejoy, W.J. Bond, M. Bush, J.C. Lovett, D. Scott et F.I. Woodward. « Conservation of biodiversity in a changing climate », *Conservation Biology*, vol. 16, 2002, pp. 264–268.
- Hansen, A.J., R.P. Neilson, V.H. Dale, C.H. Flather, L.R. Iverson, D.J. Currie, S. Shafer, R. Cook et P.J. Bartlein. « Global change in forests: response of species, communities, and biomes », *BioScience*, vol. 51, n° 9, 2001, pp. 765–779.
- Harding, L.E. et E. McCullum. « Ecosystem response to climate change in British Columbia and Yukon: threats and opportunities for biodiversity », dans *Responding to Global Climate Change in British Columbia and Yukon*, E. Taylor et B. Taylor (éd.), Environnement Canada, 1997, pp. 9.11–9.22.
- Hare, S.R. et N.J. Mantua. « Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989 », *Progress in Oceanography*, vol. 47, 2000, pp. 103–145.
- Hargreaves, N.B., D.M. Ware et G.A. McFarlane. « Return of the Pacific sardine Sardinops sagax to the British Columbia coast in 1992 », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 51, 1994, pp. 460–463.
- Harris, S. « Impacts of fish contamination on native American culture, presentation faite au Annual Forum on Contaminants in Fish, Chicago, Illinois; United States Environmental Protection Agency, MN Department of Health, 2001.
- Hayter, R. *Flexible Crossroads: The Restructuring of British Columbia's Forest Economy*, University of British Columbia Press, Vancouver, Colombie-Britannique, 2000, 416 p.
- Hebda, R.J. « Impact of climate change on biogeoclimatic zones of British Columbia and Yukon », dans *Responding to Global Climate Change in British Columbia and Yukon*, E. Taylor et B. Taylor (éd.), Environnement Canada, 1997, pp. 13–15.
- Hebda, R.J. « Atmospheric change, forests and biodiversity », *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 49, 1998, pp. 195–212.
- Hebda, R.J. « History of cedars in western North America », dans *Proceedings of The Cedar Symposium: Growing Western Redcedar and Yellow-cypress on the Queen Charlotte Islands / Haida Gwaii*, G.G. Wiggins (éd.), BC Ministry of Forests, 1999, pp. 5–13.

- Hebda, R.J. et C. Whitlock. « Environmental history of the coastal temperate rain forest of northwest North America », dans *The Rain Forests of Home: Profile of a North American Bioregion*, P.K. Schoonmaker, B. von Hagen et E.C. Wolf (éd.), Island press, Washington DC, 1997, 447 p.
- Heinberg, R. *The Party's Over: Oil, War and the Fate of the Industrial Societies*, New Society Publishers, Gabriola Island, Colombie-Britannique, 2003, 320 p.
- Hélie, J.-F., D.L. Peters, K.R. Tattrie et J.J. Gibson. *Review and synthesis of potential hydrologic impacts of mountain pine beetle and related harvesting activities in British Columbia*, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Programme sur le dendroctone du pin, Document de travail 2005-23, 2005, 34 p., <<http://warehouse.pfc.forestry.ca/pfc/25684.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Herbert-Cheshire, L. et V. Higgins. « From risky to responsible: expert knowledge and the governing of community-led development », *Journal of Rural Studies*, vol. 20, 2004, pp. 289-302.
- Hertzman, C., J. Frank et R. Evans. « Heterogeneities in health status and the determinants of population health », dans *Why Are Some People Healthy and Others Not?*, R.G. Evans, M.L. Barer et T.R. Marmor (éd.), Aldine de Gruyter, New York, New York, 1994, pp. 67-92.
- Hicks, R.W.B. et E.L. von Euw. « Integrated stormwater management planning process to address climate and land-use changes in urban watersheds in the Greater Vancouver Regional District », dans *16th International Conference, Society for Ecological Restoration*, conférence tenue du 24 au 26 août 2004 à Victoria (Colombie-Britannique), 2004.
- Hill, P.R. (éd.). *Biophysical impacts of sea level rise and changing storm conditions on Roberts Bank*, Commission géologique du Canada, Dossier public, sous presse.
- Hill, P.R., C. Houser, D.G. Lintern, A. Shaw, S. Solomon, T. Sutherland, C. Levings et J. Tansey. « Sensitivity of the Roberts Bank tidal flats, Vancouver, Canada to climate change and anthropogenic alteration », dans *Delivering Sustainable Coasts: Connecting Science and Policy*, compte rendu de Littoral 2004, rencontre tenue du 20 au 22 septembre 2004 à Aberdeen, en Écosse, Cambridge Publications, Cambridge, Royaume-Uni, 2004, pp. 648-649.
- Hoberg, G. « The Politics of Sustainability: Forest Policy in British Columbia », dans *Politics, Policy, and Government in British Columbia*, R. Carty (éd.), University of British Columbia Press, Vancouver (Colombie-Britannique), 1996, 381 p.
- Holman, G. et S. Nicol. *Socio-economic and environmental base case: socioeconomic component*, Government of British Columbia, Sea-to-Sky Land and Resource Management Plan (LRMP), 2001, <http://ilmbwww.gov.bc.ca/lup/lrmp/coast/s2s/reports/base_case_chapters/contents.pdf>, [consultation : 15 août 2007].
- Hourston, R., C.H. Clay, E.W. Burridge, K.C. Lucas, D.R. Johnson, H.T. Heg, W.R. McKinley, J.T. Barnaby, L.A. Fulton et A.A. Gentry. *The salmon problems associated with the proposed flood control project on the Okanagan River in British Columbia, Canada*, rapport inédit rédigé par le personnel technique du United States Fish and Wildlife Service, du Washington Department of Fisheries et du Ministère des Pêches du Canada, 1954, 109 p.
- HRasko, B. et R. McNeill. « Costs of adaptation options », dans *Participatory Integrated Assessment of Water Management and Climate Change in the Okanagan Basin*, British Columbia, S. Cohen et T. Neale (éd.), rapport final du Projet A846 remis à Ressources naturelles Canada, Environnement Canada et University of British Columbia, 2006, pp. 43-56.
- Hughes, R.G. « Climate change and loss of saltmarshes: consequences for birds », *Ibis*, vol. 146, supplément 1, 2004, pp. 21-28.
- Hutton, D. et C.E. Haque. « Human vulnerability dislocation and resettlement-adaptation processes of river-bank erosion-induced displaces in Bangladesh », *Disasters*, vol. 28, n° 1, 2004, pp. 41-62.
- Hyatt, K.D. et C.A.D. Alexander. *The Okanagan Fish-Water Management OKFWM Tool: results of a 25 year retrospective analysis*, rapport inédit rédigé pour le Canadian Okanagan Basin Technical Working Group (Pêches et Océans Canada), Kamloops (Colombie-Britannique) et Douglas County Public Utility District No. 1, East Wenatchee, Washington, 2005, 24 p.
- Hyatt, K.D. et D.P. Rankin. *An evaluation of Okanagan sockeye salmon escapement objectives*, Pêches et Océans Canada, Station biologique du Pacifique, Comité d'examen des évaluations scientifiques du Pacifique (CEESP), Document de travail S99-18, 1999.
- Hyatt, K.D. et B.E. Riddell. « The importance of 'stock' conservation definitions of the concept of sustainable fisheries », dans *Sustainable Fisheries Management: Pacific Salmon*, E.E. Knutson, C.R. Steward, D. MacDonald, J.E. Williams et D.W. Reiser (éd.), CRC Press, Boca Raton, Florida, 2000, pp. 51-62.
- Hyatt, K.D., M.M. Stockwell et D.P. Rankin. « Impact and adaptation responses of Okanagan River sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* to climate variation and change effects during freshwater migration: stock restoration and fisheries management implications », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 28, 2003, pp. 689-713.
- Interis. *Climate change risk assessment for Fisheries and Oceans Canada*, rapport inédit rédigé pour Pêches et Océans Canada, Direction des politiques et de la planification, 2005, 50 p.
- Irvine, J., L. Biagini et M. Poon. *An update on catch trends for Pacific salmon in British Columbia*, Canada, Pêches et Océans Canada, Document NPAFC Doc-868, 2005, 14 p.
- Jakob, M., I. McKendry et R. Lee. « Long-term changes in rainfall intensity in Vancouver, British Columbia », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 28, n° 4, 2003, pp. 587-604.
- Johnson, C. « Dry weather starts flow of talk », *Vancouver Sun*, 9 juillet 2004.
- Johnson, M. et T.B. Williamson. « Climate change implications for stand yields and soil expectation values: a northern Saskatchewan case study », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, 2005, pp. 683-690.
- Kidd, S.E., F. Hagen, R.L. Tscharke, M. Huynh, K.H. Barlett, M. Fyfe, L. MacDougall, T. Boekhout, K.J. Kwon Chung et W. Meyer. « A rare genotype of *Cryptococcus gattii* caused the cryptococcosis outbreak on Vancouver Island, British Columbia, Canada », dans *Microbiology, Proceedings of The National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 101, n° 49, 2004, pp. 17 258-17 263.
- King, J.R. (éd.). *Report of the study group on fisheries and ecosystem response to recent regime shifts, North Pacific Marine Science Organization (PICES)*, Rapport scientifique n° 28, 2005, 168 p., <http://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report28/Rep_28_default.aspx>, [consultation : 18 mai 2007].
- King, J.R. et G.A. McFarlane. « Marine fish life history strategies: applications to fishery management », *Fisheries Management and Ecology*, vol. 10, 2003, pp. 249-264.
- Klein, R.J.T. et R.J. Nicholls. « Assessment of coastal vulnerability to climate change », *Ambio*, vol. 28, n° 2, 1999, pp. 182-187.
- Klinenberg, E. *Heat wave: a social autopsy of disaster in Chicago*, University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 2002, 320 p.
- Koch, J., B. Menounos, J.J. Clague et G.D. Osborn. « Environmental change in Garibaldi Provincial Park, southern Coast Mountains, British Columbia », *Geoscience Canada*, vol. 31, 2004, pp. 127-135.
- Kondro, W. « Software calculates pollution's cost to health », *Lancet*, vol. 356, 2000, pp. 144.
- Krajina, V.J. « Biogeoclimatic zones and biogeocoenoses of British Columbia », *Ecology of Western North America*, vol. 1, 1965, pp. 1-17.
- Laibrakis, N. et G. Kallergis. « Reaction of subsurface coastal aquifers to climate and land use changes in Greece: modelling of groundwater refreshening patterns under natural recharge conditions », *Journal of Hydrology*, vol. 245, n° 1, 2001, pp. 19-31.
- LaNarc Consultants. *Stormwater source control design guidelines, 2005*, Greater Vancouver Regional District, 2005 <http://www.gvrd.bc.ca/sewerage/stormwater_reports.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Langsdale, S., A. Beall, J. Carmichael, S. Cohen et C. Forster. « Description of the model », dans *Participatory Integrated Assessment of Water Management and Climate Change in the Okanagan Basin*, British Columbia, S. Cohen et T. Neale (éd.), rapport remis au Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 2006, <http://adaptation.rncan.gc.ca/projdb/pdf/a846_e.pdf>, [consultation : 15 août 2007].
- Larocque, S.J. et D.J. Smith. « Little Ice Age glacial activity in the Mt. Waddington area, British Columbia Coast Mountains, Canada », *Revue canadienne des sciences de la Terre*, vol. 40, 2003, pp. 1413-1436.
- Larocque, S.J. et D.J. Smith. « Calibrated Rhizocarpon spp. growth curve for the Mount Waddington Area, British Columbia Coast Mountains, Canada », *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, vol. 36, 2004, pp. 407-418.
- Lee, K. *Compass and Gyroscope: Integrating Science and Politics for the Environment*, Island Press, Washington, DC, 1993, 255 p.
- Leith, R.M. et P.H. Whitfield. « Evidence of climate change effects on the hydrology of streams in south-central B.C. », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 23, 1998, pp. 219-230.
- Lemieux, C.J. et D. Scott. « Climate change, biodiversity conservation, and protected areas planning in Canada », *Le Géographe canadien*, vol. 49, n° 4, 2005, pp. 384-397.
- Levings, D.D. « Strategies for restoring and developing fish habitats in the Strait of Georgia-Puget Sound inland sea, northeast Pacific Ocean », *Marine Pollution Bulletin*, vol. 23, 1991, pp. 417-422.
- Levy, D.A. « Potential impacts of global warming on salmon production in the Fraser River watershed », *Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 1889, 1992.
- Lewis, D.H. et D.J. Smith. « Little Ice Age glacial activity in Strathcona Provincial Park, Vancouver Island, British Columbia, Canada », *Revue canadienne des sciences de la Terre*, vol. 41, 2004, pp. 285-297.
- Liebscher, H. *Ground water action plan, conservation and protection, Pacific and Yukon region*, rapport inédit, Ground Water-Inland Waters/ Lands. Vancouver (Colombie-Britannique), 1987.
- Lindgren, E., L. Tällekli et T. Polfeldt. « Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick (*Ixodes ricinus*) », *Environmental Health Perspectives*, vol. 108, n° 2, 2000, pp. 119-123.
- Liteanu, E. *The role of aquifer heterogeneity in saltwater intrusion modelling, Saturna Island, British Columbia*, thèse de maîtrise, Simon Fraser University, Vancouver (Colombie-Britannique), 2003.
- Logan, J.A. et J.A. Powell. « Ghost forests, global warming, and the mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) », *American Entomologist*, vol. 47, 2001, pp. 160-173., <http://www.usu.edu/beetle/documents/Logan_Powell01.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Loukas, A., L. Vasilades et N.R. Dalezios. « Climate change implications on flood response of a mountainous watershed », *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, vol. 4, n° 4-5, 2004, pp. 331-347.
- Lowell, T.V. « As climate changes, so do glaciers », *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 97, n° 4, 2000, pp. 1351-1354.
- Luckman, B.H. « The Little Ice Age in the Canadian Rockies », *Geomorphology*, vol. 32, 2000, pp. 357-384.
- Luitzen, B., J. O'Callaghan, R. Hillen, R. Misdorp, B. Mieremet, K. Ries, J.R. Spradley et J. Titus (éd.). *Global climate change and the rising challenge of the sea*, rapport du Sous-groupe de la gestion des zones côtières, Groupe de travail des initiatives stratégiques du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Ministère des Transports, des Travaux publics et de la Gestion de l'eau, La Haye, Pays-Bas, 1992, 27 p.

- MacDonald, S., M. Foreman, T. Farrell, I. Williams, J. Grout, A. Cass, J. Woodey, H. Enzenhoffer, C. Clarke, R. Houtman, E. Donaldson et D. Barnes. *The influence of extreme water temperatures on migrating Fraser River sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) during the 1998 spawning season*, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 2326, 2000.
- Mantua, N.J. et R.C. Francis. « Natural climate insurance for Pacific northwest salmon and salmon fisheries: finding our way through the entangled bank », dans *Fish in our Future? Perspectives on Fisheries Sustainability*, E.E. Knudsen et D. MacDonald (éd.), American Fisheries Society, Special Publication 43, 2004, pp. 121–134.
- Mantua, N.J., S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace et R.C. Francis. « A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78, 1997, pp. 1069–1079.
- Marchak, P., S. Aycock et D. Herbert. *Falldown: forest policy in British Columbia*, David Suzuki Foundation, Vancouver (Colombie-Britannique), 1999.
- Matthews, R. « Using a social capital perspective to understand social and economic development in coastal British Columbia », *Horizons: Policy Research Initiative*, vol. 63, 2003, pp. 25–29.
- Matthews, R. et N. Young. « Development on the margin: development orthodoxy and the success of Lax Kw'alaams », *British Columbia Journal of Aboriginal Economic Development*, vol. 4, n° 2, 2005, pp. 100–108.
- Matthews, R. et N. Young. « Globalization and 'repositioning' in coastal British Columbia », dans *Reading Sociology—A Canadian Sociological Association Reader*, L. Tepperman et H. Dickinson (éd.), Oxford University Press, 2007.
- Mazzotti, S., T. Lambert, M. Van der Kooij et A. Mainville. *Coastal subsidence and relative sea-level rise in the Fraser River delta, Greater Vancouver, BC, from a combined CTM-InSAR, GPS, leveling, and tide gauge analysis*, réunion d'automne de l'American Geophysical Union tenue à San Francisco, Californie, 2006, pp. 11–15.
- McBean, G. et D. Henstra. Climate change, natural hazards and cities, Institute for Catastrophic Loss Reduction, *Research Paper Series*, n° 31, 2003, 11 p., <<http://www.dmrg.org/resources/McBean.Henstra-Climate%20change,%20natural%20hazards%20and%20cities.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- McFarlane, G. A. et R. J. Beamish. « Sardines return to British Columbia waters », dans *Proceedings of the 1998 Science Board Symposium on the Impacts of the 1997/98 El Niño Event on the North Pacific Ocean and its Marginal Seas*, North Pacific Marine Science Organization (PICES), Rapport scientifique n° 10, 1998, 5 p., <http://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report10/default.aspx>, [consultation : 18 mai 2007].
- McGeehin, M.A. et M. Mirabelli. « The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States », *Environmental Health Perspectives*, vol. 9, supplément n° 2, 2001, pp. 185–189.
- McKenzie, D., Z. Gedalof, D.L. Peterson et P. Mote. « Climatic change, wildfire, and conservation », *Conservation Biology*, vol. 18, 2004, pp. 890–902.
- McKinnell, S.M., C.C. Wood, D.T. Rutherford, K.D. Hyatt et D.W. Welch. « The demise of Owyen Lake sockeye salmon », *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 21, 2001, pp. 774–791.
- McMichael, A.J., D.H. Campbell-Lendrum, C.F. Corvalán, K.L. Ebi, A. Githeko, J.D. Scheraga et A. Woodward. *Climate change and human health — risks and responses*, Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse, 2003, 322 p.
- McPhaden, M.J. et D. Zhang. « Slowdown of the meridional overturning circulation in the upper Pacific Ocean », *Nature*, vol. 415, 2002, pp. 603–608.
- McRae, D. *Regional population trends in BC*, présentation faite le 19 novembre 1997 à la 27e conférence annuelle de l'Association of Professional Economists par le BC Ministry of Finance and Corporate Relations, 1997, 19 p., <<http://www.bcsstats.gov.bc.ca/data/pop/pop/apebc97.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Menounos, B., J. Koch, G. Osborn, J.J. Clague et D. Mazzucchi. « Early Holocene glacier advance, southern Coast Mountains, British Columbia, Canada », *Quaternary Science Reviews*, vol. 23, 2004, pp. 1543–1550.
- Merritt, W., Y. Alila, M. Barton, B. Taylor, S. Cohen et D. Neilsen. « Hydrologic response to scenarios of climate change in subwatersheds of the Okanagan Basin, British Columbia », *Journal of Hydrology*, vol. 326, 2006, pp. 79–108.
- Miles, E.L., A.K. Snover, A.F. Hamlet, B. Callahan et D. Fluharty. « Pacific Northwest regional assessment: the impacts of climate variability and climate change on the water resources of the Columbia River basin », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 36, n° 2, 2000, pp. 399–420.
- Miles, M. et Associates. *B C's climate related observation networks: an adequacy review*, BC Ministry of the Environment, Victoria (Colombie-Britannique), 2003, 107 p., <<http://ftp.env.gov.bc.ca/pub/outgoing/Climate%20Change/>>, [consultation : 25 mai 2007].
- Mills, J.N., T.L. Yates, T.G. Ksiazek, C.J. Pete et J.E. Childs. « Long term studies of Hantavirus reservoir populations in the southwestern United States: rationale, potential, and methods », *Emerging Infectious Diseases*, vol. 5, 1999, pp. 95–101.
- Milly, P.C.D., R.T. Wetherald, K.A. Dunne et T.L. Delworth. « Increasing risk of great floods in a changing climate », *Nature*, vol. 415, 2002, pp. 514–517.
- Mitchell, W.R., R.N. Green, G.D. Hope et K. Klinka. *Methods for biogeoclimatic ecosystem mapping*, BC Ministry of Forestry, Resources Report 89002-KL, 1989, 33 p., <<http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/rr/r89002-kl.pdf>>, [consultation : 6 août 2007].
- Moore, R.D. « Stream temperature patterns in British Columbia, Canada, based on routine spot measurements », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 31, 2006, pp. 1–16.
- Moore, R.D., D.L. Spittlehouse et A. Story. « Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting — a review », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 41, 2005, pp. 813–834.
- Moorhouse, J. « Water crisis », *Penticton Herald*, 31 juillet, 2003.
- Morrison, J., M.C. Quick et M.G.C. Foreman. « Climate change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections », *Journal of Hydrology*, vol. 263, 2002, pp. 230–244.
- Morshed, M.G. « West Nile virus in North America: coast to coast? », *Canadian Medical Proficiency Testing Connections*, vol. 64, 2003, pp. 2–3.
- Morton, A., R. Routledge, C. Peet et A. Ladwig. « Sea lice *Lepeophtheirus salmonis* infection rates on juvenile pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chum (*Oncorhynchus keta*) salmon in the nearshore marine environment of British Columbia, Canada », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 61, 2005, pp. 147–157.
- Mote, P.W. « Twentieth-century fluctuation and trends in temperature, precipitation, and mountain snowpack in the Georgia Basin–Puget Sound region », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 28, n° 4, 2003a, pp. 567–585.
- Mote, P.W. « Trends in snow water equivalent in the Pacific Northwest and their climatic causes », *Geophysical Research Letters*, vol. 30, n° 12, 2003b, pp. 1601–1604.
- Mote, P.W. « Trends in temperature and precipitation in the Pacific Northwest during the twentieth century », *Northwest Science*, vol. 77, n° 4, 2003c, pp. 271–282.
- Mote, P.W. et A.F. Hamlet. « Anthropogenic climate change and snow in the Pacific Northwest », dans Proceedings of the 69th Annual Meeting of the Western Snow Conference, tenue du 16 au 19 avril 2001 à Sun Valley, Idaho, 2001, pp. 51–52.
- Mote, P.W., et D. Canning, D. Fluharty, R. Francis, J. Franklin, A. Hamlet, M. Hershman, M. Holmberg, K. Ideker, W. Keeton, D. Lettenmaier, R. Leung, N. Mantua, E. Miles, B. Noble, H. Parandvash, D.W. Peterson, A. Snover, S. Willard. *Impacts of climate variability and change: Pacific Northwest*, rapport du Pacific Northwest Regional Assessment Group pour le United States Global Change Research Program, Joint Institute for the Study of Atmosphere and ocean/SMA Climate Impacts Group, University of Washington, Seattle, Washington, 1999.
- Mote, P.W., A.F. Hamlet, M.P. Clark et D.P. Lettenmaier. « Declining snowpack in western North America », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 86, 2005, pp. 39–49.
- Mote, P.W., E.A. Parson, A.F. Hamlet, K.N. Ideker, W.S. Keeton, D.P. Lettenmaier, N.J. Mantua, E.L. Miles, D.W. Peterson, D.L. Peterson, R. Slaughter et A.K. Snover. « Preparing for climate change: the water, salmon and forests of the Pacific Northwest », *Climatic Change*, vol. 61, n° 1–2, 2003, pp. 45–88.
- Muckle, R. *The First Nations of British Columbia: An Anthropological Survey*, University of British Columbia Press, Vancouver (Colombie-Britannique), 1998, 146 p.
- Mudie, P.J., A. Rochon et E. Levac. « Palynological records of red tide-producing species in Canada: past trends and implications for the future », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 180, 2002, pp. 159–186.
- Mullens, A. « I think we have a problem in Victoria: MDs respond quickly to toxoplasmosis outbreak in BC », *Journal de l'association médicale canadienne*, vol. 154, n° 11, 1996, pp. 1721–1724.
- Naylor, R., J. Eagle et W.L. Smith. « Salmon aquaculture in the Pacific Northwest: a global industry », *Environment*, vol. 45, n° 8, 2003, pp. 18–39.
- Neale, T., J. Carmichael et S. Cohen. « Urban water futures: exploring development, management and climate change impacts on urban water demand », dans *Participatory Integrated Assessment of Water Management and Climate Change in the Okanagan Basin*, British Columbia, S. Cohen et T. Neale (éd.), Environnement Canada et University of British Columbia, Vancouver (Colombie-Britannique), 2006, pp. 7–35.
- Neilsen, D., W. Koch, W. Merritt, G. Frank, S. Smith, Y. Alila, J. Carmichael, T. Neale et R. Welbourn. « Risk assessment and vulnerability — case studies of water supply and demand », dans *Expanding the Dialogue on Climate Change and Water Management in the Okanagan Basin*, British Columbia, S. Cohen, D. Neilsen et R. Welbourn (éd.), Gouvernement du Canada, 2004a, pp. 115–135, <http://www.ires.ubc.ca/downloads/publications/layout_Okanagan_final.pdf>, [consultation : 25 juillet 2007].
- Neilsen, D., W. Koch, S. Smith et G. Frank. « Crop water demand scenarios for the Okanagan Basin », dans *Expanding the Dialogue on Climate Change and Water Management in the Okanagan Basin*, British Columbia, S. Cohen, D. Neilsen et R. Welbourn (éd.), Gouvernement du Canada, 2004b, pp. 89–112, <http://www.ires.ubc.ca/downloads/publications/layout_Okanagan_final.pdf>, [consultation : 25 juillet 2007].
- Neilsen, D., C.A.S. Smith, W. Koch, G. Frank, J. Hall et P. Parchomchuk. *Impact of climate change on irrigated agriculture in the Okanagan Valley, British Columbia*, rapport rédigé pour le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario), 2001, 29 p.
- Neilsen, D., S. Smith, G. Frank, W. Koch, Y. Alila, W. Merritt, B. Taylor, M. Barton, J. Hall et S. Cohen. « Potential impacts of climate change on water availability for crops in the Okanagan Basin, British Columbia », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 86, 2006, pp. 921–936.
- Neilsen G.H., E.J. Hogue, T. Forge et D. Neilsen. « Surface application of mulches and biosolids affect orchard soil properties after 7 years », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 83, 2003, pp. 131–137.
- Noakes, D.J., R.J. Beamish et R. Gregory. *British Columbia's commercial salmon industry*, North Pacific Anadromous Fish Commission, Document 642, 2002, 13 p.
- Northcote, T.G. « Prediction and assessment of potential effects of global environmental change on freshwater sport fish habitat in British Columbia », *GeoJournal*, vol. 28, 1992, pp. 39–49.

- Northcote, T.G. « Effects of human population growth on the Fraser and Okanagan River systems, Canada: a comparative inquiry », *GeoJournal*, vol. 40, 1996, pp. 127–133.
- O'Brien, K.L. et R.M. Leichenko. « Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization », *Global Environmental Change*, vol. 10, n° 3, 2000, pp. 221–232.
- Ohlson, D.W., G.A. McKinnon et K.G. Hirsch. « A structured decision-making approach to climate change adaptation in the forest sector », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, n° 1, 2005, pp. 672–677.
- Ommer, R.E. The impact of social and environmental restructuring on environmental and human health in Canada, *Coasts Under Stress*, Victoria (Colombie-Britannique), 2006, 7 p., <<http://www.coastsunderstress.ca/pubs/CUSResultsSummary2006.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Ommer, R.E. *Coasts Under Stress: Restructuring and Social-Ecological Health*, McGill-Queens University Press, Montréal (Québec), 2007, 624 p.
- O'Neil, J.D., B. Elias et A. Yassi. « Poisoned food: cultural resistance to the contaminations discourse in Nunavik », *Arctic Anthropology*, vol. 34, 1997, pp. 29–40.
- Overpeck, J.T., P.J. Bartlein et T.I. Webb. « Potential magnitude of future vegetation change in eastern North America: comparisons with the past », *Science*, vol. 254, 1991, pp. 692–695.
- Pacific Fisheries Resource Conservation Council. *Implementing the habitat and ecosystem components of DFO's wild salmon policy*, Pacific Fisheries Resource Conservation Council, Vancouver (Colombie-Britannique), 2006, 34 p., <http://www.fishbc.ca/files/R-42%20Advisory-DFOWildSalmonPolicy_2006_0_Complete.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Page, J., S. Enns, T. Malinick et R. Matthews. « Should I stay or should I go?: investigating resilience in BC's coastal communities », dans *Sociology in Canada—a Canadian Sociological Association Reader*, L. Tepperman et H. Dickinson (éd.), Oxford University Press, Toronto (Ontario), 2007, pp. 260–263.
- Palmer, T.N. et J. Rälsänen. « Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate », *Nature*, vol. 415, 2002, pp. 512–514.
- Parker, W.C., S.J. Colombo, M.L. Cherry, M.D. Flannigan, S. Greifenhagen, R.S. McAlpine, C. Papadopol et T. Scarr. « Third millennium forestry: what climate change might mean to forests and forest management in Ontario », *The Forestry Chronicle*, vol. 76, 2000, pp. 445–463.
- Parkinson, A.J. et J.C. Butler. « Potential impacts of climate change on infectious diseases in the Arctic », *International Circumpolar Health*, vol. 64, n° 5, 2005, pp. 478–486.
- Payne, J.T., A.W. Wood, A.F. Hamlet, R.N. Palmer et D.P. Lettenmaier. « Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia River basin », *Climatic Change*, vol. 62, n° 3, 2004, pp. 233–256.
- Pearse, P.H. *Turning the tide: a new policy for Canada's Pacific fisheries*, rapport final de la Commission de la politique en matière des pêches du Pacifique, Ministère de l'Approvisionnement et des Services, Ottawa (Ontario), 1982.
- Pearse, P.H. et P.A. Larkin. *Managing salmon in the Fraser: executive summary*, rapport d'une enquête menée sur le saumon du fleuve Fraser, remis au ministre de Pêches et Océans Canada en novembre 1992, pp. 3.
- Pêches et Océans Canada. *Fish stocks of the Pacific coast*, Pêches et Océans Canada, 2001, 162 p., <<http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/speciesbook/PacificFishStocks.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Pêches et Océans Canada. *L'état de l'océan Pacifique en 2005*, Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Rapport sur l'état de l'océan 2006/01, 2006a, 72 p., <<http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/psarc/OSRs/Etatoceans2005Finale.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Pêches et Océans Canada. Pacific Region, Integrated Fisheries Management Plan, Salmon, Southern BC, June 1, 2006–May 31, 2007, Pêches et Océans Canada, 2006b, 113 p., <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/ops/fm/fishmgmt_e.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Pêches et Océans Canada. Pacific Region, Integrated Fisheries Management Plan, Salmon, Northern BC, June 1, 2006–May 31, 2007, Pêches et Océans Canada, 2006c, 87 p., <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/ops/fm/fishmgmt_e.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Pederson, L. Prince George timber supply area: rationale for allowable annual cut AAC determination, BC Ministry of Forests, Forest Analysis and Inventory branch, Victoria (Colombie-Britannique), 2004, <<http://www.for.gov.bc.ca/hts/tsr1/ration/tsa24/httoc.htm>>, [consultation : 20 mai 2007].
- Perez-Garcia, J., L.A. Joyce, A.D. McGuire et X. Xiao. « Impacts of climate change on the global forest sector », *Climatic Change*, vol. 54, 2002, pp. 439–461.
- Pezzey, J. *Economic analysis of sustainable growth and sustainable development*, Banque mondiale, Département de l'environnement, Document de travail n° 15, Washington, DC, 1989.
- Pojar, J. et D.V. Meidinger. *Ecosystems of British Columbia*, BC Ministry of Forests, Forest Science Program, Série des rapports spéciaux, n° 6, 1991, 330 p., <<http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Srs/Srs06.htm>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Pulwarty, R.S. et K.T. Redmond. « Climate and salmon restoration in the Columbia River basin: the role and usability of seasonal forecasts », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78, 1997, pp. 381–397.
- Quilty, E.J., P. Hudson et T. Farahmand. *Living on the edge: climate change and salmon in Lang Creek, British Columbia*, rapport inédit rédigé par la Aquatic Informatics Inc. à l'intention du BC Ministry of Water, Land and Air Protection, 2004, 68 p., <http://wapwww.gov.bc.ca/sry/p2/eq/special_studies/lang_creek/lang_creek.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Raphael, D. « From increasing poverty to social disintegration: how economic inequality affects the health of individuals and communities », dans *Unhealthy Times*, P. Armstrong, H. Armstrong et D. Coburn (éd.), Oxford University Press, Oxford, Royaume-Uni, 2001, pp. 223–246.
- Raunet, D. *Without Surrender, Without Consent: A History of the Nishga Land Claims*, Douglas and McIntyre, Vancouver (Colombie-Britannique), 1984, 244 p.
- Raven, J., K. Caldeira, H. Elderfield, P. Liss et C. Turley. *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide*, The Royal Society, Londres, Royaume-Uni, Document stratégique 12605, 2005, 60 p.
- Reed, M.G. et A.M. Gill. « Tourism, recreational and amenity values in land allocation: an analysis of institutional arrangements in the postproductivist era », *Environment and Planning A*, vol. 29, n° 11, 1997, pp. 2019–2040.
- Rehfeldt, G.E., W.R. Wykoff et C.Y. Cheng. « Physiologic plasticity, evolution and impacts of a changing climate on *Pinus contorta* », *Climatic Change*, vol. 50, 2001, pp. 355–376.
- Rehfeldt, G.E., C.C. Ying, D.L. Spittlehouse et D.A. Hamilton. « Genetic responses to climate for *Pinus contorta*: niche breadth, climate change, and reforestation », *Ecological Monographs*, vol. 69, 1999, pp. 375–407.
- Ressources naturelles Canada. *Energy Star*, ÉnergieGuide et R-2000, Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique, 2006, <<http://oeecnrcn.gc.ca/residentiel/energystar-energuide-r2000.cfm?attr=4>>, [consultation : 18 mai 2006].
- Ressources naturelles Canada. *Programme sur le dendroctone du pin ponderosa (DPP)*, 2007, <http://mpb.cfs.nrcn.gc.ca/map_f.html>, [consultation : 31 octobre 2007].
- Riddell, B. Pacific salmon resources in central and north coast British Columbia, Pacific Fisheries Resource Conservation Council, Vancouver (Colombie-Britannique), 2004, <http://www.fishbc.ca/files/SalmonResources-North_2004_0_Complete.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Rivera, A., D.M. Allen et H. Maathuis. « Climate variability and change — groundwater resources », dans *Threats to Water Availability in Canada*, Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, 2004, pp. 77–83.
- Robinson, C.L.K. et D.M. Ware. « Simulated and observed response of the southwest Vancouver Island pelagic ecosystem to oceanic conditions in the 1990s », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 56, 1994, pp. 2433–2443.
- Rosenau, M.L. et M. Angelo. *Conflicts between people and fish for water: two British Columbia salmon and steelhead rearing streams in need of flows*, rapport inédit remis au Pacific Fisheries Resource Conservation Council, Vancouver (Colombie-Britannique), 2003 <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/psarc/OSRs/ConflictsPeopleFish_2003_0_Complete.pdf>, [consultation : 18 mai 2007].
- Rosenberg, S.M., I.R. Walker, R.W. Mathewes et D.J. Hallett. « Midge-inferred Holocene climate history of two subalpine lakes in southern British Columbia », *The Holocene*, vol. 14, 2004, pp. 258–271.
- Royal BC Museum. Climate change map series, Royal BC Museum, 2005a <<http://www.pacificclimate.org/impacts/rbcmuseum/>>, [consultation : 20 mai 2007].
- Royal BC Museum. Cooling and heating energy requirements by 2080 with various climate change scenarios, Royal BC Museum, 2005b <<http://www.pacificclimate.org/impacts/rbcmuseum/>>, [consultation : 20 mai 2007].
- Ryder, J.M. et B. Thomson. « Neoglaciation in the southern Coast Mountains of British Columbia: chronology prior to the Neoglacial maximum », *Revue canadienne des sciences de la Terre*, vol. 23, 1986, pp. 273–287.
- Safranyik, L. et A.L. Carroll. « The biology and epidemiology of the mountain pine beetle in lodgepole pine forests », dans *The Mountain Pine Beetle: A Synthesis of its Biology, Management and Impacts on Lodgepole Pine*, L. Safranyik et B. Wilson (éd.), Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, 2006, pp. 3–36.
- Safranyik, L., D.M. Shrimpton et H.S. Whitney, H.S. « An interpretation of the interaction between lodgepole pine, the MPB and its associated blue stain fungi in western Canada », dans *Management of Lodgepole Pine Ecosystems*, D.M. Baumgartner (éd.), Washington State University, Cooperative Extension Services, Pullman, Washington, 1975, pp. 406–428.
- Sandford, B. *Climate change in the Columbia basin*, Columbia Basin Trust, Revelstoke (Colombie-Britannique), 2006, 20 p.
- Schumacher, R.S. et R.H. Johnson. « Organization and environmental properties of extreme-rain-producing mesoscale convective systems », *Monthly Weather Review*, vol. 133, 2005, pp. 961–976.
- Schweigert, F.J. Effects of fasting and lactation on blood chemistry and urine composition in the grey seal *Halichoerus grypus*, *Comparative Biochemistry and Physiology*, vol. 105A, 1993, pp. 353–357.
- Scibek, J. et D.M. Allen. « Comparing the responses of two high permeability, unconfined aquifers to predicted climate change », *Global and Planetary Change*, vol. 50, 2006, pp. 50–62.
- Scott, D. Climate change and Canada's national park system: scenarios and impacts, Parcs Canada, *Ecosystem Science and Review Reports*, n° 19, 2003a, cédrom.
- Scott, D. *Climate change and tourism in the mountain regions of North America*, présentation faite à la première Conférence internationale sur le changement climatique et le tourisme tenue du 9 au 11 avril 2003 à Djerba, Tunisie, 2003b, 9 p., <<http://www.world-tourism.org/sustainable/climate/pres/daniel-scott.pdf>>, [consultation : 25 mai 2007].
- Scott, D. « Global environmental change and mountain tourism », dans *Tourism and Global Environmental Change*, S. Gössling et C.M. Hall (éd.), Routledge, Londres, Royaume-Uni, 2006a, pp. 54–75.

- Scott, D. « US ski industry adaptation to climate change: hard, soft and policy strategies », dans *Tourism and Global Environmental Change*, S. Gössling et C.M. Hall (éd.), Routledge, Londres, Royaume-Uni, 2006b, pp. 262–285.
- Scott, D. et C. Lemieux. « Climate change and protected area policy and planning in Canada », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, 2005, pp. 696–703.
- Scott, D. et R. Suffling (éd.). *Climate change and Canada's national park system*, Environnement Canada et Parcs Canada, 2000, 218 p., <<http://www.fes.uwaterloo.ca/geography/faculty/danielscott/PDFFiles/CC&Canada%20National%20Parks-Report%202000.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Scott, D., G. McBoyle et B. Mills. « Climate change and the skiing industry in southern Ontario, Canada: exploring the importance of snowmaking as a technical adaptation », *Climate Research*, vol. 23, 2003, pp. 171–181.
- Scott, D., G. Wall et G. McBoyle. « Climate change and tourism and recreation in North America: exploring regional risks and opportunities », dans *Tourism, Recreation and Climate Change*, C.M. Hall et J. Higham (éd.), Channel View, Clevedon, Royaume-Uni, 2005, pp. 115–129.
- Sécurité publique Canada. Base de données canadienne sur les désastres, Sécurité publique Canada, 2006, <<http://www.sp-ps.gc.ca/res/em/cdd/index-fr.asp>>, [consultation : 18 mai 2006].
- Seely, B., J. Nelson, R. Wells, B. Peter, M. Meitner, A. Anderson, H. Harshaw, S. Sheppard, F.L. Bunnell, H. Kimmings et D. Harrison. « The application of a hierarchical, decision-support system to evaluate multi-objective forest management strategies: a case study in northeastern British Columbia », *Canada Forest Ecology and Management*, vol. 199, 2004, pp. 283–305.
- Shafer, S.L., P.J. Bartlein et R.S. Thompson. « Potential changes in the distributions of western North America tree and shrub taxa under future climate scenarios », *Ecosystems*, vol. 4, 2001, pp. 200–215.
- Shaw, J., R.B. Taylor, D.L. Forbes, M.H. Ruiz et S. Solomon. Sensitivity of the coasts of Canada to sea-level rise, *Commission géologique du Canada, Bulletin* 505, 1998, 79 p.
- Shepard, M.P. et A.W. Argue. *The 1985 Pacific Salmon Treaty: sharing the burdens and benefits*, University of British Columbia Press, Vancouver (Colombie-Britannique), 2005, 304 p.
- Shepherd, P., J. Tansey et H. Dowlatbadi. « Context matters: what shapes adaptation to water stress in the Okanagan? », *Climatic Change*, vol. 78, n° 1, 2006, pp. 31–62.
- Sieben, B.G., D.L. Spittlehouse, R.A. Benton et J.A. McLean. « A first approximation of the effect of climate warming on the white pine weevil hazard in the Mackenzie River drainage basin », dans *Mackenzie Basin Impact Study Final Report*, S.J. Cohen (éd.), Environnement Canada, 1997, pp. 166–177.
- Slaney, T.L., K.D. Hyatt, T.G. Northcote et R.J. Fielden. « Status of anadromous salmon and trout in British Columbia and Yukon », *Fisheries*, vol. 21, 1996, pp. 20–35.
- Smit, B., O. Pilifosova, I. Burton, B. Challenger, S. Huq, R.J.T. Klein et G. Yohe. « Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity », dans *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken et K.S. White (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2001, pp. 877–912.
- Smith, B.E. Planning for agriculture, BC Provincial Agricultural Land Commission, 1998 <http://www.landcommission.gov.bc.ca/publications/planningepfa_main.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Smith, C.L., J. Gilden et B. Steel. « Sailing the shoals of adaptive management: the case of salmon in the Pacific Northwest », *Environmental Management*, vol. 225, 1998, pp. 671–681.
- Smoyer-Tomic, K.E., R. Kuhn et A. Hudson. « Heat wave hazards: an overview of heat waves impacts in Canada », *Natural Hazards*, vol. 28, 2003, pp. 463–485.
- Sohngen, B. et R. Sedjo. « Impacts of climate change on forest product markets: implications for North American producers », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, 2005, pp. 669–674.
- Solow, R. « Sustainability: an economist perspective », dans *Economics of the Environment: Selected Readings*, R. Dorfman et S. Dorfman (éd.), W.W. Norton and Company, New York, New York, 1991, pp. 179–187.
- Spittlehouse, D.L. « Water availability, climate change and the growth of Douglas-fir in the Georgia Basin », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 28, 2003, pp. 673–688.
- Spittlehouse, D.L. « Integrating climate change adaptation into forest management », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, 2005, pp. 691–695.
- Spittlehouse, D.L. et R.B. Stewart. « Adapting to climate change in forest management », *Journal of Ecosystems and Management*, vol. 41, 2003, pp. 7–17.
- Stahl, K., R.D. Moore et I.G. McKendry. « The role of synoptic-scale circulation in the linkage between large-scale ocean-atmosphere indices and winter surface climate in British Columbia, Canada », *International Journal of Climatology*, vol. 264, 2006, pp. 541–560.
- Statistique Canada. *Recensement : populations, logements et géographie*, Statistique Canada, 2001, <<http://www12.statcan.ca/francais/census01/Products/Standard/popdwel/tables.cfm>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Statistique Canada. *Population projetée par groupe d'âge selon trois scénarios de projection au 1er juillet pour les années 2006, 2011, 2016, 2021, 2026 et 2031*, Statistique Canada, 2005, <http://www40.statcan.ca/l02/cst01/demo08a_f.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Stenseth, N.C., A. Mysterud, G. Ottersen, J.W. Hurrell, K. Chan et M. Lima. « Ecological effects of climate fluctuations », *Science*, vol. 297, 2002, pp. 1292–1296.
- Stephen, C., M. Johnson et A. Bell. « First reported case of Hantavirus Pulmonary Syndrome in Canada », *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, vol. 20, 1994, pp. 121–125.
- Stewart, I.T., D.R. Cayan et M.D. Dettinger. « Changes in snowmelt runoff timing in western North America under a 'business as usual' climate change scenario », *Climatic Change*, vol. 62, 2004, pp. 217–232.
- Stewart, R.B., E. Wheaton et D.L. Spittlehouse. « Climate change: implications for the boreal forest », dans *Emerging Air Issues for the 21st Century: The Need for Multidisciplinary Management*, A.H. Legge et L.L. Jones (éd.), Air and Waste Management Association, Pittsburgh, Pennsylvania, 1998, pp. 86–101.
- Storlazzi, C.D., C.M. Willis et G.B. Griggs. « Comparative impacts of the 1982–3 and 1997–8 El Niño winters on the central California coast », *Journal of Coastal Research*, vol. 16, 2000, pp. 1022–1036.
- Subbotina, M.M., R.E. Thomson et A.B. Rabinovich. « Spectral characteristics of sea level variability along the west coast of North America during the 1982–83 and 1997–98 El Niño events », *Progress in Oceanography*, vol. 49, 2001, pp. 353–372.
- Suffling, R. et D. Scott. « Assessment of climate change effects on Canada's national park system », *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 74, 2002, pp. 117–139.
- Summit Environmental. Trepanier landscape unit water management plan, Regional District of Central Okanagan, Kelowna (Colombie-Britannique), 2004, 256 p., <http://www.regionaldistrict.com/docs/planning/Final_Report_Text.pdf>, [consultation : 20 mai 2007].
- Sydney Smith R., R. Matthews, T. Satterfield et N. Young. *The co-management of climate change in coastal communities of British Columbia: social capital, trust and capacity*, Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, rapport final du Projet A115, 2007, 148 p.
- Tansey, J. et S. Langsdale. « Exploring anticipatory adaptation in the Okanagan, BC », dans *Expanding the Dialogue on Climate Change and Water Management in the Okanagan Basin*, British Columbia, S.J. Cohen, D. Neilsen et R. Welbourn (éd.), Environnement Canada, 2004, pp. 165–174.
- Taylor, F.J.R. « Current problems with harmful phytoplankton blooms in British Columbia water », dans *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, T.J. Smayda et Y. Shimizu (éd.), Elsevier Scientific Publications, Amsterdam, Pays-Bas, 1993, pp. 699–703.
- Taylor, S.W. et A.L. Carroll. « 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*, T.L. Shore, J.E. Brooks et J.E. Stone (éd.), Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, 2004, pp. 41–51.
- Taylor, S.W., A.L. Carroll, R.I. Alfaro et L. Safranyik. « Forest, climate and mountain pine beetle outbreak dynamics in western Canada », dans *The Mountain Pine Beetle: A Synthesis of Biology, Management, and Impacts on Lodgepole Pine*, L. Safranyik et B. Willson (éd.), Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, 2006, pp. 67–94.
- Tennant, P. *Aboriginal Peoples and Politics: The Indian Land Question in British Columbia, 1849–1989*, University of British Columbia Press, Vancouver (Colombie-Britannique), 1990, 305 p.
- Timmermann, A. « Detecting the nonstationary response of ENSO to greenhouse warming », *Journal of Atmospheric Sciences*, vol. 56, n° 14, 1999, pp. 2313–2325.
- Tobin, G. « Sustainability and community resilience: the holy grail of hazards planning? », *Environmental Hazards*, vol. 1, 1999, pp. 13–25.
- Tourism BC. British Columbia tourism top ten facts, Tourism BC, 2005a <<http://www.tourismbc.com/template.asp?id=10>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Tourism BC. *Characteristics of the commercial nature-based tourism industry in British Columbia*, Tourism BC, Research Services, 2005b, 101 p., <<http://www.tourismbc.com/PDF/Characteristics%20of%20Commercial%20Nature-Based%20Tourism.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Transports Canada. On the move — the facts autumn 2005, Transports Canada, Région du Pacifique, Transport Trends, 2005 <http://www.tc.gc.ca/pacific/publication/tt_autumn05.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Trenberth, K.E. et J.W. Hurrell. « Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific », *Climate Dynamics*, vol. 96, 1994, pp. 303–319.
- Troendle, C.A. et J.E. Nankervis. *Estimating additional water yield from changes in management of national forests in the North Platte basin*, Bureau of Reclamation, Platte River Office, Lakewood, Colorado, 2000, 51 p.
- University of British Columbia. *Climate BC: a program to generate climate normal data for genealogy and climate change studies in western Canada*, University of British Columbia, Faculty of Forestry, Centre for Forest Gene Conservation, non daté, <<http://genetics.forestry.ubc.ca/cfgc/climate-models.html>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Uysal, M. « The determinants of tourist demand: a theoretical perspective », dans *The Economic Geography of the Tourist Industry*, D. Ioannides et K.G. Debbage (éd.), Routledge, Londres, Royaume-Uni, 1998, pp. 79–97.
- Valentine, K.W.G., P.N. Sprout, T.E. Baker et L.M. Lavkulich. *The soil landscapes of British Columbia*, BC Ministry of Environment, Resource Analysis Branch, 1978, 19 p.
- Vancouver Economic Development. Key sectors, Vancouver Economic Development, 2006, <http://www.vancouvereconomic.com/key_sectors/default.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Van Eeden, S.F., W. Tan, T. Suwa, H. Mukae, T. Terashima, T. Fujii, D. Qui, R. Vincent et J. Hogg. « Cytokines involved in the systemic inflammatory response induced by exposure to particulate matter air pollutants PM10 », *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 164, n° 5, 2001, pp. 826–830.

- Vedal, S. *Health effects of wood smoke*, rapport inédit rédigé à l'intention de l'Agent responsable pour la santé de la province de Colombie-Britannique, BC Ministry of Health, Victoria (Colombie-Britannique), 1993.
- Vermeer, K., R.W. Butler et K.H. Morgan. « Comparison of seasonal shorebird and waterbird densities within Fraser River delta intertidal regions », dans *The Abundance and Distribution of Estuarine Birds in the Strait of Georgia, British Columbia*, R.W. Butler et R.W. Campbell (éd.), Service canadien de la faune, Publication hors-série n° 65, 1994, pp. 6-17.
- Vincent, L.A. et É. Mekis. « Changes in daily and extreme temperature and precipitation indices for Canada over the twentieth century », *Atmosphere-Ocean*, vol. 44, n° 2, 2006, pp. 177-193.
- Volkman, J.M. *A river in common: the Columbia River, the salmon ecosystem, and water policy*, rapport inédit rédigé à l'intention de la Western Water Policy Review Advisory Commission, 1997, 207p., <<https://repository.unm.edu/dspace/bitstream/1928/2809/1/COLUMBIA.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Volney, W.J.A. et K.G. Hirsch. « Disturbing forest disturbances », *The Forestry Chronicle*, vol. 81, 2005, pp. 662-668.
- Walker, I.J. et J.V. Barrie. « Geomorphology and sea-level rise on one of Canada's most 'sensitive' coasts: northeast Graham Island, British Columbia », dans *Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Journal of Coastal Research*, Numéro spécial 39, 2006, 7 p.
- Walker, I.R. et M. Pellatt. « Climate change in coastal British Columbia — a paleoenvironmental perspective », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 28, 2003, pp. 531-566.
- Walker, I.J., J.V. Barrie, A.H. Dolan, Z. Gedalof, G. Manson, D. Smith et S. Wolfe. *Coastal vulnerability to climate change and sea level rise, northeast Graham Island, Haida Gwaii (Queen Charlotte Islands), British Columbia: final technical report*, rapport rédigé pour le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 2007, 249 p.
- Wallis, P.M., S.L. Erlanson, J.L. Isaac-Renton, M.E. Olson, W.J. Robertson et H. van Keulen. « Prevalence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts and characterization of Giardia spp. isolated from drinking water in Canada », *Applied Environmental Microbiology*, vol. 62, 1996, pp. 2789-2797.
- Wang, T.L., A. Hamann, D.L. Spittlehouse et S.N. Aitken. « Development of scale-free climate data for western Canada for use in resource management », *International Journal of Climatology*, vol. 26, n° 3, 2006b, pp. 383-397.
- Ware, D.M. et G.A. McFarlane. « Fisheries production domains in the northeast Pacific Ocean », dans *Effects of Ocean Variability on Recruitment and an Evaluation of Parameters Used in Stock Assessment Models*, R.J. Beamish et G.A. McFarlane (éd.), *Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 108, 1989, pp. 359-379.
- Ware, D.M. et G.A. McFarlane. « Climate induced changes in hake abundance and pelagic community interactions in the Vancouver Island upwelling system », dans *Climate Change and Northern Fish Populations*, R.J. Beamish (éd.), *Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 121, 1995, pp. 509-521.
- Ware, D.M. et R.E. Thomson. « Interannual to multi-decadal timescale climate variations in the northeast Pacific », *Journal of Climate*, vol. 13, 2000, pp. 3209-3220.
- Ware, D.M. et R.E. Thomson. « Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the northeast Pacific », *Science*, vol. 308, n° 5726, 2005, pp. 1280-1284.
- Watson, E. et B.H. Luckman. « Tree-ring based reconstructions of precipitation for the southern Canadian Cordillera », *Climatic Change*, vol. 65, 2004, pp. 209-241.
- Watson, E. et B.H. Luckman. « Spatial patterns of preinstrumental moisture variability in the southern Canadian Cordillera », *Journal of Climate*, vol. 18, 2005a, pp. 2847-2863.
- Welch, D. *Geoindicators for monitoring Canada's national parks: a proposal*, Parcs Canada, Ecosystem Science Review Report 017, 2002, 39 p.
- Welch, D. « What should protected areas managers do in the face of climate change », *George Wright Forum*, vol. 22, 2005, pp. 75-93.
- Welch, D.W., Y. Ishida et K. Nagasawa. « Thermal limits and ocean migrations of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*: long-term consequences of global warming », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 55, 1998, pp. 937-948.
- Wenzel R.P. « A new Hantavirus infection in North America », *New England Journal of Medicine*, vol. 330, 1994, pp. 1004-1005.
- Westerling, A.L., H.G. Hidalgo, D.R. Cayan et T.W. Swetnam. « Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity », *Science*, vol. 313, n° 5789, 2006, pp. 940-943.
- Wheatley, M.A. « Social and cultural impacts of environmental change on aboriginal peoples in Canada », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 57, supplément n° 1, 1998, pp. 537-542.
- Whitfield, P.H. et A.J. Cannon. « Recent variations in climate and hydrology in Canada », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 25, 2000, pp. 19-65.
- Whitfield, P.H. et A.J. Cannon. « Forthcoming changes in climate and hydrology of south central BC 1976-1995 », *Reviews of Fisheries Science*, sous presse.
- Whitfield, P.H. et E. Taylor. « Apparent recent changes in hydrology and climate of coastal British Columbia », dans *Mountains to Sea: Human Interaction with the Hydrologic Cycle*, Y. Alila (éd.), compte rendu de la 51e Conférence canadienne sur les ressources hydrauliques tenue du 10 au 12 juin 1998 à Cambridge (Ontario), 1998, pp. 22-29.
- Whitfield, P.H., K. Bodtrker et A.J. Cannon. « Recent variations in seasonality of temperature and precipitation in Canada, 1976-1995 », *International Journal of Climatology*, vol. 22, 2002a, pp. 1617-1644.
- Whitfield, P.H., A.J. Cannon, J.Y. Wang et C.J. Reynolds. « Modelling streamflows in present and future climates — examples from rainfall/snowmelt streams in coastal British Columbia », *Hydrological Science and Technology*, vol. 19, n° 1-4, 2003, pp. 41-56.
- Whitfield, P.H., C.J. Reynolds et A.J. Cannon. « Modelling streamflows in present and future climates — examples from Georgia Basin, British Columbia », *Revue canadienne des ressources hydrauliques*, vol. 27, n° 4, 2002b, pp. 427-456.
- Whyte, J. « Extreme weather impacts on Provincial Emergency programme (PEP) and public safety », conférence de l'Association canadienne des ressources hydrauliques, Victoria (Colombie-Britannique), 2006.
- Wieczorek G.F. et T. Glade. « Climatic factors influencing occurrence of debris flows », dans *Debris-Flow Hazards and Related Phenomena*, M. Jakob et O. Hungr (éd.), Praxis and Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2005, pp. 325-362.
- Williams, B. *Pêche du saumon dans le sud, examen de fin de saison 2004 : Première partie : Rapport sur le saumon rouge du Fraser, Pêches et Océans Canada*, 2005, 91 p., <http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/2004psr/default_f.htm>, [consultation : 18 mai 2007].
- Willows, N.D. « Determinants of healthy eating in aboriginal peoples in Canada », *Revue canadienne de santé publique*, vol. 96, supplément n° 3, 2005, pp. S32-36.
- Wolter, K. et M.S. Timlin. « Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index », dans *Proceedings of the 17th Climate Diagnostics Workshop*, Norman, Oklahoma, NOAA/NMC/CAC, National Severe Storms Library, Oklahoma Climate Survey, Cooperative Institute for Mesoscale Meteorological Studies and the School of Meteorology, University of Oklahoma, 1993, pp. 52-57.
- Wolter, K. et M.S. Timlin. « Measuring the strength of ENSO — how does 1997/98 rank? », *Weather*, vol. 53, 1998, pp. 315-324.
- Woods, A.J., K.D. Coates et A. Hamann. « Is an unprecedented Dothistroma needle blight epidemic related to climate change? », *Bioscience*, vol. 9, 2005, pp. 761-769.
- Woodward, A., S. Hales, N. Litidamu, D. Phillips et J. Martin. « Protecting human health in a changing world: the role of social and economic development », *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 78, n° 9, 2000, pp. 1148-1155, <<http://www.who.int/docstore/bulletin/pdf/2000/issue9/bu0649.pdf>>, [consultation : 18 mai 2007].
- Wright, C.A., A. Dallimore, R.E. Thomson, R.T. Patterson et D.M. Ware. « Late Holocene paleofish populations in Effingham Inlet, British Columbia, Canada », *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 224, 2005, pp. 367-384.
- Wright, H. *Management plan for experimental reintroduction of sockeye into Skaha Lake: proposed implementation, monitoring and evaluation*, rapport inédit rédigé pour la Colville Confederated Tribe par le Okanagan Nation Alliance Fisheries Department, Westbank (Colombie-Britannique), 2004, 17 p.
- Wright, I.J., P.B. Reich, J.H.C. Cornelissen, D.S. Falster, P.K. Groom, K. Hikosaka, W. Lee, C.H. Lusk, U. Niinemets, J. Oleksyn, N. Osada, H. Poorter, D.I. Warton et M. Westoby. « Modulation of leaf economic traits and trait relationships by climate », *Global Ecology and Biogeography*, vol. 14, n° 5, 2005, pp. 411.
- Yin, Y. *Designing an integrated approach for evaluating adaptation options to reduce climate change vulnerability in the Georgia Basin*, rapport rédigé pour le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 2001, 50 p., <http://adaptation.nrcan.gc.ca/projdb/pdf/80_e.pdf>, [consultation : 24 juillet 2007].
- Young, N. *New economic spaces and practices in coastal British Columbia*, thèse de doctorat, Department of Sociology, University of British Columbia, Vancouver (Colombie-Britannique), 2006a.
- Young, N. « Distance as a hybrid actor in rural economies », *Journal of Rural Studies*, vol. 22, n° 3, 2006b, pp. 253-266.
- ZebARTH, B., J. Caprio, K. Broersma, P. Mills et S. Smith. « Effect of climate change on agriculture in the British Columbia and Yukon », dans *Responding to Global Climate Change in British Columbia and Yukon, Volume 1, Canada Country Study: Climate Impacts and Adaptation*, E. Taylor et B. Taylor (éd.), Environnement Canada et BC Ministry of Environment, Lands and Parks, 1997.
- Zektser I.S. et H.A. Loaiciga. « Groundwater fluxes in the global hydrologic cycle: past, present, and future », *Journal of Hydrology*, vol. 144, 1993, pp. 405-427.
- Zhang, Q.B. et R.J. HebdA. « Abrupt climate change and variability in the past four millennia of the southern Vancouver Island, Canada », *Geophysical Research Letters*, vol. 32, 2005, doi:10.1029/2005GL022913.
- Zhang, X., D.K. Harvey, W.D. Hogg et T.D. Yuzyk. « Trends in Canadian streamflow », *Water Resources Research*, vol. 37, n° 4, 2001a, pp. 987-998.
- Zhang, X., W.D. Hogg et É. Mekis. « Spatial and temporal characteristics of heavy precipitation events over Canada », *Journal of Climate*, vol. 14, 2001b, pp. 1923-1936.
- Zhang, X., L.A. Vincent, W.D. Hogg et A. Niitsoo. « Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century », *Atmosphere-Ocean*, vol. 38, n° 3, 2000, pp. 395-429.