



CHAPITRE 6 : PERSPECTIVES RELATIVES À LA RÉGION DE LA CÔTE OUEST DU CANADA

Auteur principal :

Nathan Vadeboncoeur (*Université de British Columbia*)

Auteurs collaborateurs :

Thomas A. Okey (*West Coast Aquatic*), Marcus Schnorbus (*Pacific Climate Impacts Consortium*), Debbie Ianson (*Pêches et Océans Canada*), Deborah Carlson (*West Coast Environmental Law*), Chris Harley (*Université de British Columbia*), Daniel Pauly (*Université de British Columbia*), Marc Nelitz (*ESSA Technologies*), Hussein Alidina (*Fonds mondial pour la nature*), Rashid Sumaila (*Université de British Columbia*), William Cheung (*Université de British Columbia*), Tina Neale (*BC Climate Action Secretariat*), Thomas James (*Ressources naturelles Canada*), Arelia Werner (*Pacific Climate Impacts Consortium*), Pomme Arroz (*Université Simon Fraser*) et Rajesh Shrestha (*Pacific Climate Impacts Consortium*)

Collaborateurs aux études de cas :

Nikki Elliot (*District régional de la capitale*), Allan Gornal, Nancy Hofer et Craig Armstrong (*Ville de Courtenay*), Angela Danyluk (*Corporation de Delta*), Michael Epp (*Ville de North Vancouver*), Luke Sales (*Ville de Qualicum Beach*), Tasmin Mills (*Ville de Vancouver*), David Youngson (*Ville de West Vancouver*), Simon Robinson (*Administration de l'aéroport de Vancouver*), Ronan Chester (*Administration portuaire Vancouver-Fraser*) et Kate Miller (*District régional de Cowichan Valley*)

Notation bibliographique recommandée :

Vadeboncoeur, N. « Perspectives relatives à la région de la côte Ouest du Canada », dans *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, T.S. James et C.S.L. Mercer Clarke (éd.), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2016, p. 209–256.

TABLE DES MATIÈRES

PRINCIPALES CONCLUSIONS	211		
1 INTRODUCTION	212		
1.1 PORTÉE ET ORGANISATION DU PRÉSENT CHAPITRE	213		
2 ÉVOLUTION DU CLIMAT RÉGIONAL	213		
2.1 TEMPÉRATURE	214		
2.2 PRÉCIPITATIONS	214		
2.3 HYDROLOGIE	215		
2.4 NIVEAU DE LA MER	217		
3 CHANGEMENTS À LA STRUCTURE ET À LA FONCTION DES ÉCOSYSTÈMES	219		
3.1 CONDITIONS MARITIMES : CIRCULATION, ACIDIFICATION ET SALINITÉ	220		
3.2 CONDITIONS DULÇAQUICOLES : TEMPÉRATURE FLUVIALE	220		
3.3 CHANGEMENTS ÉCOLOGIQUES MARINS	220		
4 EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES SECTEURS ET LES COLLECTIVITÉS	221		
4.1 PÊCHES	222		
4.1.1 IMPACTS CLIMATIQUES	223		
4.1.2 IMPACTS SUR LES TYPES DE PÊCHES	224		
4.2 IMPACTS ET RÉACTIONS COMMUNAUTAIRES	227		
4.2.1 LA CÔTE AMÉNAGÉE	227		
4.2.2 ÉTUDES DE CAS COMMUNAUTAIRES PORTANT SUR L'ADAPTATION	229		
4.2.3 LEÇONS RETENUES	236		
4.3 INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT	237		
4.3.1 AÉROPORTS	237		
4.3.2 INFRASTRUCTURE À L'INTÉRIEUR ET PRÈS DES PORTS	238		
4.3.3 ROUTES	239		
4.3.4 BC FERRIES	240		
5 PLANIFICATION DE L'ADAPTATION	241		
5.1 ÉVOLUTION DES POLITIQUES EN MATIÈRE D'INONDATIONS CÔTIÈRES ET DE L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER	241		
5.1.1 UTILISATION DES TERRES	241		
5.1.2 PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS	242		
5.1.3 REPRISE APRÈS CATASTROPHE	243		
5.2 PERSPECTIVES COMMUNAUTAIRES	243		
5.2.1 BESOINS EN MATIÈRE DE DONNÉES LOCALES	243		
5.2.2 CONSÉQUENCES INVOLONTAIRES DE L'ADAPTATION	244		
6 CONCLUSIONS	245		
7 RÉFÉRENCES	246		

PRINCIPALES CONCLUSIONS

La côte de la Colombie-Britannique présente une grande variabilité du point de vue géographique, écologique et social. De la même manière, les changements climatiques prévus pour cette région et leurs impacts sont également variés. Même si les grands centres urbains, les petites agglomérations rurales et les collectivités des Premières nations seront touchés par les changements climatiques de manière différente, plusieurs conclusions importantes s'avèrent pertinentes pour la région dans son ensemble :

- **L'élévation du niveau de la mer ne touchera pas toutes les régions de la Colombie-Britannique de la même manière, surtout en raison des différences dans le déplacement vertical du terrain.** On prévoit que la plus grande élévation du niveau relatif de la mer se produira dans les basses-terres du fleuve Fraser, dans le sud de l'île de Vancouver et le long de la côte nord de la province. Des directives de planification en vue de l'élévation du niveau de la mer préparées par le gouvernement de la Colombie-Britannique prévoient des niveaux de planification légèrement supérieurs aux valeurs culminantes (95^e centile) des prévisions du niveau de la mer en 2050. Cela peut être considéré comme une marge de sécurité qui permet d'entrevoir une élévation supplémentaire possible du niveau de la mer découlant de facteurs auxquels s'attache un grand degré d'incertitude, comme les contributions de l'inlandsis antarctique.
- **Les inondations causées par les marées de tempête représentent une plus grande menace pour les collectivités côtières que ne le fait la seule élévation du niveau de la mer.** Les collectivités côtières composent déjà avec les niveaux d'eau extrêmes associés à la variabilité du climat (p. ex. oscillation australe El Niño/La Niña) et les inondations causées par les marées de tempête. On s'attend à ce que les risques associés à ces événements augmentent à mesure que le niveau de la mer s'élève. Les propriétés et infrastructures résidentielles, commerciales, institutionnelles et municipales de la région sont vulnérables et les collectivités ont commencé à agir en vue de réduire les risques en adoptant des mesures d'adaptation comme la protection des rivages.
- **Les écosystèmes marins seront touchés à mesure que les espèces migreront vers le nord en réaction au réchauffement de l'eau.** Les espèces australes étendront leur aire de répartition vers le nord et la Colombie-Britannique à mesure que les océans se réchaufferont, alors que les espèces qui habitent aujourd'hui la région sud de la côte, dont le saumon, migreront elles aussi vers le nord. Dans la partie sud de la province, le réchauffement de la température à la surface de l'océan réduira l'aire habitable des mollusques et crustacés et la modification de l'acidité de l'océan portera atteinte à leur succès de reproduction. L'adaptation du secteur des pêches commerciales exigera la modification des types d'espèces pêchées et le déménagement des activités. Les Premières nations, qui utilisent beaucoup le saumon à des fins culturelles, ont souvent moins d'options d'adaptation aux changements dans la répartition et l'abondance des espèces de poissons.
- **La modification des schémas de précipitations aura une incidence sur la disponibilité de l'eau en été et sur le moment de la migration anadrome du saumon dans certains bassins hydrographiques.** On s'attend à ce que, de façon générale, les précipitations hivernales augmentent, avec plus de pluie et moins de neige. En outre, la diminution prévue des précipitations pendant l'été, conjuguée à la diminution du manteau neigeux, entraînera une réduction de la quantité d'eau disponible dans certaines régions à la fin de l'été et à l'automne. Le niveau des cours d'eau diminuera pendant cette période et il est probable que la température de l'eau augmentera en conséquence. Une augmentation de la température des cours d'eau modifiera le moment de la migration du saumon car ces poissons n'entrent dans les rivières que lorsque la température de l'eau descend à environ 15 °C.
- **L'adaptation aux changements climatiques s'accélère en Colombie-Britannique.** Les gouvernements sont passés à l'action en matière d'adaptation aux changements climatiques, surtout en ce qui concerne les enjeux liés à l'élévation du niveau de la mer et aux inondations côtières. Parmi les principaux projets, on compte une évaluation du coût de l'amélioration du système de digues de Metro Vancouver, une étude de risques liés à l'élévation du niveau de la mer dans le District régional de la capitale, les nouvelles mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation de la Ville de Vancouver, lesquelles tiennent compte de l'élévation du niveau de la mer, la disposition de blocs rocheux sous la ligne de marée basse sur la côte de West Vancouver afin d'atténuer les répercussions des marées de tempête ainsi que la rédaction à l'intention des gouvernements locaux d'un guide d'introduction à l'élévation du niveau de la mer.

1 INTRODUCTION

L'Ouest canadien présente plus de 27 200 km de côtes, toutes situées dans la province de la Colombie-Britannique (figure 1). Les paysages côtiers vont de deltas à faible altitude à des fjords montagneux, et abritent divers écosystèmes, diverses économies et diverses cultures. Les régimes climatiques et météorologiques de la côte pacifique du Canada sont très variables, principalement en raison de la physiographie complexe et variée de la région (section 2; Demarchi, 2011). La plus grande partie du littoral de la Colombie-Britannique est constituée de fjords très accidentés présentant beaucoup de relief, mais les deux plus importantes concentrations de population sont situées dans les basses-terres du fleuve Fraser, dont de grandes parties, notamment le delta du Fraser, sont situées près du niveau de la mer, et dans le sud de l'île de Vancouver, une région à topographie relativement douce. Les principales zones urbaines du sud-ouest de la région continentale et du sud de l'île de Vancouver cèdent la place à des collectivités plus petites et des agglomérations éloignées, dont plusieurs sont situées sur les territoires traditionnels de nombreuses Premières nations.



FIGURE 1 : Région côtière de la Colombie-Britannique.

Même si la pêche et la foresterie s'avèrent des sujets dominants lors de discussions sur l'économie provinciale et si l'énergie est perçue comme ayant un rôle clé à jouer dans l'avenir de la Colombie-Britannique, les industries primaires (agriculture, foresterie, pêche, exploitation minière et énergie) ne constituent que 7,7 % du PIB provincial (BC Stats, 2014). La Colombie-Britannique est également une province en grande partie

urbaine, dont quelque 75 % de la population habite le District régional du Grand Vancouver (Metro Vancouver; BC Stats, 2013a) dans le sud-ouest du continent et le District régional de la capitale dans le sud de l'île de Vancouver. Les industries de la construction et de la fabrication sont d'importance égale aux industries primaires et l'industrie des services les éclipsent toutes, constituant 75,5 % du PIB provincial (BC Stats, 2014).

La côte Ouest compte deux noyaux commerciaux principaux, soit le Port Metro Vancouver et l'aéroport international de Vancouver, qui ensemble apportent une contribution de 6,4 % au PIB provincial et génèrent 34 milliards de dollars en extrants économiques totaux annuels (Intervistas Consulting Inc., 2009; Administration de l'aéroport de Vancouver, 2012; Administration portuaire Vancouver-Fraser, 2013). Ces centres de commerce assurent, avec le port de Prince Rupert, le lien entre le Canada et ses partenaires commerciaux en Asie, ce qui fait de la Colombie-Britannique la « porte d'entrée vers le Pacifique ».

Même si l'économie provinciale moderne est variée, les économies de nombreuses collectivités côtières demeurent fortement liées aux écosystèmes—pêches, foresterie et tourisme dans la nature. Il y a plus de 170 villes et villages (y compris les zones non constituées en municipalité) le long de la côte Ouest, et plusieurs d'entre eux sont vulnérables aux changements climatiques qui touchent les ressources et les services écosystémiques desquels les résidents dépendent pour assurer leur subsistance. Certaines de ces collectivités subissent déjà les facteurs de stress liés au déclin de l'industrie forestière et de l'industrie de la pêche. Cette situation a engendré du chômage et une migration économique vers les plus grands centres urbains. Les gens qui demeurent dans les collectivités côtières et qui ont des liens culturels avec certains secteurs particuliers peuvent vivre des niveaux de stress psychologique élevés relatifs à ces changements survenant dans les écosystèmes qui portent atteinte à la viabilité des petites agglomérations isolées et dépendantes des ressources.

Le contraste entre les centres urbains affluents et intégrés à l'échelle mondiale et les collectivités rurales dépendantes des ressources est un élément important qui permet de mieux comprendre comment les gens perçoivent et vivent les impacts des changements climatiques. Les différences socioéconomiques comme l'affluence et la dépendance à l'égard des ressources pour les revenus peuvent contribuer aux différences dans les niveaux de vulnérabilité au climat (p. ex. Adger et Kelly, 1999; Thomas et Twyman, 2005). Toutefois, cette dichotomie ne doit pas être surévaluée. Les collectivités nordiques comme Kitimat et Prince Rupert jouent un rôle de plus en plus important dans le marché d'exportation de la Colombie-Britannique, et beaucoup d'emplois côtiers nordiques sont pleinement intégrés aux économies nationale et mondiale. Par conséquent, même s'il est possible de discerner des différences dans les tendances régionales en matière de vulnérabilité, la diversité économique et sociale des collectivités de la Colombie-Britannique porte à croire qu'une approche communautaire nuancée de l'adaptation s'impose.

Les études liant les changements climatiques prévus aux impacts sur la santé et les activités humaines semblent indiquer que l'élévation du niveau de la mer, les changements dans la nature, le moment et l'intensité des tempêtes et des précipita-

tions de même que la modification de la répartition des espèces marines constituent les plus grandes préoccupations pour les régions côtières de la Colombie-Britannique. Cela se reflète dans la préoccupation centrale des travaux d'adaptation en cours dans la province. On s'efforce de comprendre et de contrer les impacts des changements climatiques en Colombie-Britannique depuis plus de 25 ans (p. ex. Ville de Vancouver, 1990). Toutefois, ce n'est que depuis les 10 dernières années que l'on insiste fortement sur l'adaptation à l'échelle de la province, ce qui est relativement récent. La reconnaissance de la nécessité qui s'impose d'adopter des mesures d'adaptation s'est accélérée depuis.

1.1 PORTÉE ET ORGANISATION DU PRÉSENT CHAPITRE

Le présent chapitre aborde la question suivante : « Que sait-on sur les changements climatiques sur les côtes de la Colombie-Britannique, et que fait-on pour s'y adapter? » Il présente l'état actuel des connaissances en mettant l'accent sur les secteurs où l'on a accompli les plus grands progrès, aussi bien en matière de recherche que de réalisations. Cela comprend les pêches, les impacts et réactions des collectivités, ainsi que les éléments de l'environnement bâti ayant une importance stratégique (p. ex. principaux noyaux d'exportation). Malgré l'importance croissante que prennent le tourisme et les loisirs dans le cadre des économies côtières, moins de renseignements sont disponibles sur les répercussions des changements climatiques sur ces secteurs. Par contre, de nombreuses instances gouvernementales locales situées le long de la côte ont commencé à aborder le défi que présentent les changements climatiques, en s'appuyant sur la documentation qui ne cesse de croître dans le domaine de l'adaptation. Ces nombreux exemples permettent d'évaluer les efforts de planification déployés en vue de l'adoption des mesures d'adaptation envisagées dans cette région.

Même si l'on reconnaît l'existence d'importantes lacunes dans notre niveau actuel de compréhension du sujet, le présent chapitre met l'accent sur ce que nous avons appris au cours de la dernière décennie et, en particulier, au cours des années qui ont suivi l'évaluation antérieure de Walker et Sydneysmith (2008). Ainsi, le chapitre décrit les progrès rapides accomplis en ce qui concerne la climatologie et l'intérêt porté par le gouvernement à l'adaptation.

Le chapitre évalue d'abord l'état actuel des connaissances concernant les changements prévus dans le climat des zones marines et terrestres côtières de la Colombie-Britannique, en direction ouest à partir de la chaîne Côtière. Il débute par un examen des changements observés et prévus dans les conditions atmosphériques, hydrologiques et océanographiques d'ici l'an 2100 (section 2). Il aborde ensuite la manière dont on prévoit que ces changements altéreront les systèmes humains et écologiques le long de la côte (sections 3 et 4). La documentation scientifique et technique ne couvre pas tous les enjeux et tous les secteurs de manière identique dans la région de la côte Ouest. Par exemple, l'impact potentiel de l'élévation du niveau de la mer dans Metro Vancouver a fait l'objet de nombreuses études, alors que ce même impact dans les collectivités du centre et du nord de la côte a reçu moins d'attention. Compte tenu de cette asymétrie et afin

d'améliorer la pertinence de l'information disponible à l'échelle de toute la population côtière, le présent chapitre met fortement l'accent sur le processus d'adaptation.

Le chapitre se termine par une discussion sur l'état de l'adaptation le long de la côte de la Colombie-Britannique. Des études de cas couvrant un éventail de municipalités et de secteurs côtiers sont présentées en vue d'illustrer les diverses approches de la planification de l'adaptation qui sont adoptées dans toute la région.

2 ÉVOLUTION DU CLIMAT RÉGIONAL

Le climat de la côte de la Colombie-Britannique est caractérisé par des étés relativement secs et des hivers humides, la plupart des tempêtes survenant en hiver (Mesquita *et al.*, 2010). Les températures sont douces et varient peu, comparativement au reste du Canada. Les températures quotidiennes moyennes se maintiennent au-dessus du point de congélation toute l'année (sauf en altitude), et l'écart de différence entre les températures moyennes estivales et hivernales dépasse rarement 15 °C.

Les précipitations, par contre, font preuve d'une grande variabilité régionale et saisonnière. Les précipitations annuelles moyennes dans la région varient de moins de 900 mm dans la partie est de l'île de Vancouver, dans les îles Gulf et dans l'est de l'archipel Haida Gwaii, à plus de 3 500 mm dans l'ouest de l'île de Vancouver, avec des quantités encore plus importantes en altitude (p. ex. plus de 5000 mm dans la chaîne Côtière de la région continentale). Les systèmes océaniques de basse pression dominant en hiver, la poussée d'un air tiède et humide vers le centre et le sud de la côte entraînant de fortes précipitations (Demarchi, 2011). En été, les systèmes de haute pression tendent à dominer dans la région, ce qui crée des conditions de sécheresse le long de la majeure partie de la côte (Demarchi, 2011).

Un aspect important du climat régional et exclusif à la région de la côte Ouest au Canada est le phénomène des « rivières atmosphériques » (une dépression en provenance d'Hawaï couramment appelée « Pineapple Express »). Les rivières atmosphériques sont définies comme étant de « longs et étroits courants atmosphériques à haute concentration de vapeur d'eau déplaçant l'humidité des régions tropicales vers les pôles en passant par les latitudes moyennes » (PCIC, 2013a, p. 2). Les rivières atmosphériques sont responsables des pluies les plus extrêmes dans la région de la côte Ouest (p. ex. Ralph et Dettinger, 2012). Les pluies intenses associées aux rivières atmosphériques peuvent provoquer des inondations et des glissements de terrain et peuvent causer des dommages coûteux dans les collectivités côtières (Lancaster *et al.*, 2012; PCIC, 2013a).

Le climat de la côte de la Colombie-Britannique fait preuve d'une importante variabilité à l'échelle des années et des décennies, variabilité surtout attribuable à l'influence importante de deux cycles climatiques : l'« El Niño/La Niña Southern Oscillation » (oscillation australe El Niño/La Niña, ou ENSO) et la « Pacific Decadal Oscillation » (oscillation décennale du Pacifique, ou ODP; voir également le chapitre 2; Moore *et al.*, 2010). L'ENSO présente une cyclicité d'environ 3 à 5 ans. Au cours des années chaudes d'El Niño, l'air chauffé par des températures supérieures à la moyenne de la surface de la mer se déplace à partir des

régions tropicales vers le Nord et l'Amérique du Nord, où il s'installe pendant plusieurs mois. Il engendre des hivers plus chauds accompagnés de moins de précipitations dans la région de la côte Ouest. Au cours de la phase froide, La Niña apporte de l'air refroidi par des températures inférieures à la moyenne de la surface de la mer des tropiques vers le Nord. Cette phase dure elle aussi plusieurs mois et provoque un refroidissement des hivers et des eaux au large de la côte de la Colombie-Britannique (p. ex. Shabbar et al., 1997; Fleming et Whitfield, 2010).

L'autre cycle climatique, l'ODP, est également un cycle chaud-froid. Toutefois, à la différence de l'ENSO, chaque cycle de l'ODP se mesure en décennies plutôt qu'en mois et est caractérisé par une période de récurrence de 40 à 60 ans. Les températures à la surface du Pacifique Nord, qui alternent entre des périodes de chaleur relative et de fraîcheur relative, alimentent ce cycle. Ces changements cycliques dans la température de l'océan ont une incidence sur la température de l'air en Colombie-Britannique parce que les vents dominants, sous l'influence du courant-jet, se déplacent au-dessus des eaux du Pacifique Nord avant de souffler sur la côte Ouest.

Il est essentiel de réaliser l'importance de l'influence que l'ENSO et l'ODP exercent sur le climat de la Colombie-Britannique pour comprendre les changements climatiques dans la région. Par exemple, les températures moyennes sur la côte de la Colombie-Britannique augmentent lentement, au rythme d'une fraction de degré par décennie (PCIC, 2013b, c). En même temps, l'ENSO et l'ODP provoquent des fluctuations relativement fortes, à savoir de plusieurs degrés, qui perdurent des mois et des années et, du même fait, nous rendent la tâche de discerner un signe de changement climatique plus difficile (voir le chapitre 2).

2.1 TEMPÉRATURE

Les températures annuelles moyennes dans l'ensemble de la région de la côte Ouest ont augmenté de 1,3 °C au cours du dernier siècle (0,12 à 0,13 °C par décennie; PCIC, 2013b, c). Cette augmentation est légèrement supérieure à l'augmentation de la température de surface moyenne à l'échelle mondiale au cours de la même période (p. ex. GIEC, 2013), mais inférieure à la moyenne pour l'ensemble du Canada (Bush et al., 2014; voir également le chapitre 2). Depuis 1951, le rythme du réchauffement sur la côte Ouest a augmenté jusqu'à environ 0,2 °C par décennie (figure 2). Le réchauffement se manifeste à toutes les saisons; toutefois, depuis 1951, l'augmentation la plus rapide de la température s'est produite pendant l'été (0,22 à 0,26 °C par décennie; PCIC, 2013b, c).

Les prévisions de changements futurs dans la température, les taux de précipitation et les autres variables climatiques sont disponibles en ligne aux échelles provinciales et régionales sur le site du Pacific Climate Impacts Consortium (www.pacificclimate.org; voir également www.Plan2Adapt.ca). Les prévisions de température semblent indiquer que le réchauffement se poursuivra au cours de toutes les saisons, et les plus grandes augmentations de température d'une année à l'autre continueront de se produire pendant l'été. L'étude de deux rapports spéciaux sur les scénarios d'émissions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2000) laisse prévoir un réchauffement annuel d'environ 1,4 °C jusqu'aux années 2050 et de 2,3 °C par après

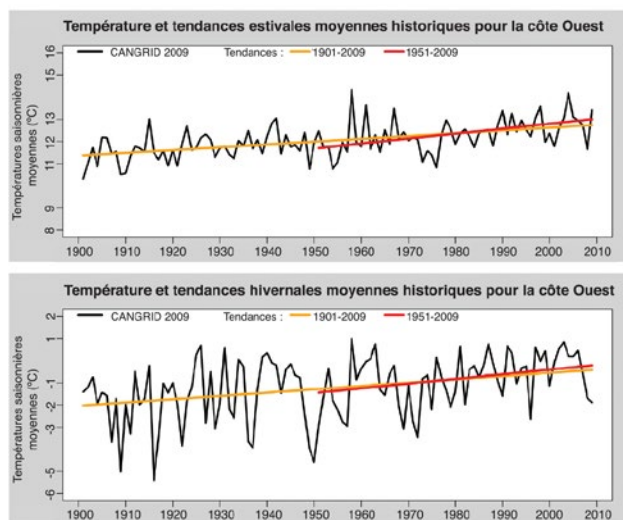


FIGURE 2 : Tendances historiques des températures (1901 à 2009) pour la région de la côte Ouest de la Colombie-Britannique (PCIC, 2013b, c). Toutes les tendances à l'exception de l'hiver (1951 à 2009) sont statistiquement significatives au niveau de confiance de 95 %. Les tendances pour le sud de la côte, qui comprend Vancouver, sont très semblables (PCIC, 2013b).

jusqu'à 2080 (par rapport à la moyenne de 1961 à 1990). Ces augmentations de température sont moindres que celles prévues pour l'ensemble du Canada.

2.2 PRÉCIPITATIONS

Les tendances dans les précipitations saisonnières moyennes sont restées stables depuis un siècle sur la côte Ouest. Même si les données historiques indiquent que les précipitations moyennes ont augmenté pendant cette période, peu de ces tendances sont statistiquement significatives (PCIC, 2013b, c). La grande variabilité naturelle des précipitations dans cette région est sans doute à l'origine de ces changements. Toutefois, l'influence des changements climatiques sur les précipitations pourraient clairement se manifester d'ici les années 2080 (PCIC, 2013b).

Les changements climatiques auront sans doute peu d'effet sur la quantité moyenne de précipitations que reçoit la région de la côte Ouest au cours d'une saison ou d'une année donnée. Toutefois, ils peuvent avoir une incidence sur le moment auquel auront lieu les précipitations et en modifieront probablement la forme (pluie ou neige) et l'intensité (la quantité reçue à la fois; Whitfield et Taylor, 1998). D'ici les années 2080, les précipitations moyennes pourraient augmenter d'environ 10 % par rapport au niveau de référence de 1961 à 1990, pour toutes les saisons sauf l'été, au cours duquel on prévoit une diminution de 10 % (PCIC, 2013b, c). Ce changement serait modeste par comparaison avec la variabilité historique, ce qui signifie que les niveaux de précipitations moyens devraient rester conformes à ce que la région a connu au cours du dernier siècle.

Les températures plus élevées en hiver et au printemps réduiront le pourcentage de précipitations totales tombant sous forme de neige. D'ici les années 2050, on prévoit que les chutes de neige hivernales diminueront d'environ 25 % et que les chutes de neige printanières diminueront d'environ 50 % (PCIC, 2013b, c). Au cours des années 2080, la réduction prévue des chutes de neige

printanières pourrait atteindre 72 % (par comparaison avec le niveau de référence de 1961 à 1990). La quantité de neige réduite et la quantité de pluie accrue pourraient entraîner non seulement un ruissellement plus rapide mais pourraient également contribuer aux problèmes de rareté de l'eau en raison du fait que moins d'eau serait stockée sous forme de neige et de glace (section 2.3).

Une nouvelle préoccupation pour la côte de la Colombie-Britannique s'avère être l'augmentation possible de la fréquence ou de l'intensité des pluies extrêmes. La côte Ouest reçoit entre 20 et 25 % de ses précipitations annuelles lors de pluies abondantes provoquées par les rivières atmosphériques. Un scénario à émissions élevées (Cannon *et al.*, travaux en cours) laisse prévoir que la fréquence des événements liés aux rivières atmosphériques augmentera pour la côte de la Colombie-Britannique au cours de la période s'étendant de 2041 à 2070, ce qui augmenterait du même fait les risques d'inondation, de glissement de terrain et de charge sédimentaire dans les réservoirs d'eau potable.

Depuis 2001, la Colombie-Britannique connaît au moins une inondation par an provoquée par des conditions météorologiques ou des précipitations extrêmes, y compris une tempête en 2009 ayant causé 9 millions de dollars de dommages et une autre en 2012 ayant coûté près de 16 millions de dollars (PCIC, 2013a). Des travaux sont en cours dans le but de mieux comprendre, prévoir et gérer les répercussions associées aux rivières atmosphériques grâce à l'amélioration de la collecte des données, des prévisions et de la participation du public au signalement des pluies extrêmes, des dommages qu'elles provoquent et de la mise en œuvre réussie de stratégies d'adaptation (PCIC, 2013a).

2.3 HYDROLOGIE

Les changements prévus à la température et aux schémas de précipitations entraîneront des changements dans l'écoulement fluvial des bassins hydrographiques côtiers. La variabilité naturelle du climat, associée à l'ENSO et à l'ODP, jouera également un rôle. En conséquence, les tendances futures dans la répartition et la circulation de l'eau dans les bassins hydrographiques de la Colombie-Britannique seront influencées par une combinaison de changements climatiques à long terme et de variabilité climatique à court et à moyen terme.

La répartition et la circulation de l'eau dans les bassins hydrographiques côtiers de la Colombie-Britannique peuvent être classées en fonction de trois régimes hydrologiques : un premier dominé par les pluies, un second dominé par la fonte des neiges et un dernier de type hybride (dominé à la fois par les pluies et la fonte des neiges; Wade *et al.*, 2001; Fleming *et al.*, 2007). Les changements climatiques, comme l'augmentation de la température et des précipitations sous forme de pluie (plutôt que de neige), menacent de modifier les régimes actuels d'accumulation et d'écoulement de l'eau. On ne connaît pas précisément l'effet que les changements climatiques auront sur les bassins hydrographiques dominés par les pluies, qui font déjà état d'un taux de variabilité considérable. Par exemple, pendant la période de 1976 à 2005, l'écoulement fluvial quotidien moyen et maximal et l'écoulement fluvial annuel moyen ont diminué dans le sud de la côte, où se manifestent des régimes dominés par les pluies, mais ils

ont augmenté dans le nord de la côte (Rodenhuis *et al.*, 2009).

On observe depuis plusieurs décennies une tendance régionale vers une réduction du manteau neigeux dans l'ensemble de la Colombie-Britannique et de l'ouest de l'Amérique du Nord (Mote, 2003; Mote *et al.*, 2005; Rodenhuis *et al.*, 2009; Stewart, 2009). La fonte printanière plus hâtive et une proportion de plus en plus faible des précipitations hivernales se manifestant sous forme de neige ont contribué à ce déclin (Stewart *et al.*, 2005; Knowles *et al.*, 2006; Stewart, 2009). Il est important de maintenir le manteau neigeux en raison de son incidence sur la quantité d'eau accumulée dont il sera possible de disposer pendant l'été et l'automne.

Les glaciers jouent un rôle semblable dans le cas du stockage de l'eau et sont généralement en recul depuis le milieu du XVIII^e siècle en raison de l'augmentation des températures. Les études sur les glaciers dans l'ensemble de la chaîne Côtière de la Colombie-Britannique indiquent que le rythme récent de fonte des glaciers est près du double de celui des décennies précédentes (Schiefer *et al.*, 2007; Bolch *et al.*, 2010). Dans certains bassins hydrographiques, cette réduction de la couche de glace est associée à une réduction de l'écoulement estival (Moore et Demuth, 2001; Cunderlik et Burn, 2002; Stahl et Moore, 2006). Cela correspond à la tendance observée dans l'ensemble de l'ouest de l'Amérique du Nord en matière de modification du moment et de la saisonnalité de l'écoulement des rivières dans des régimes dominés par la fonte des neiges (Stewart *et al.*, 2005). Les glaciers continueront de reculer à mesure que le climat se réchauffe. Par exemple, on s'attend à ce que le glacier Bridge qui alimente la rivière Bridge, laquelle fournit entre 6 et 8 % de la capacité de production hydroélectrique de la Colombie-Britannique, perde environ la moitié de sa superficie actuelle d'ici la fin du siècle (Stahl *et al.*, 2008).

Les tendances à long terme semblent indiquer que la côte de la Colombie-Britannique connaîtra une diminution de l'écoulement estival dans les bassins hydrographiques dominés par les glaciers et la fonte des neiges. Toutefois, les réactions historiques de l'écoulement fluvial portent à croire que la disponibilité de l'eau en été continuera de présenter une variabilité régionale considérable d'une année à l'autre (Fleming *et al.*, 2007). Par exemple, même si le débit estival a augmenté dans les bassins érodés par la glaciation des rivières Stikine et Iskut (Moore *et al.*, 2009), les rivières de l'ensemble du bassin du Fraser, y compris son cours principal, ont connu une grande variabilité interannuelle de l'écoulement fluvial au cours des dernières décennies, en particulier au printemps et en été (Déry *et al.*, 2012).

La rareté de l'eau en été constitue déjà une préoccupation pour certaines collectivités côtières, comme celles du District régional de Cowichan Valley et du District régional de Sunshine Coast, et les réductions saisonnières dans l'approvisionnement en eau potable (p. ex. sources de surface et eaux souterraines) pourraient devenir préoccupantes pour d'autres collectivités à mesure que les changements climatiques prennent de l'ampleur. On prévoit une augmentation de la rareté périodique de l'eau en été dans les régimes dominés par la fonte des neiges et, en particulier, dans les régimes hybrides dominés à la fois par les pluies et la fonte des neiges (étude de cas 1).

ÉTUDE DE CAS 1

CHANGEMENTS HYDROLOGIQUES PRÉVUS DANS LES BASSINS HYDROGRAPHIQUES DE LA RIVIÈRE CAMPBELL ET DU FLEUVE FRASER

(résumé selon Schnorbus et al. [2014] et Shrestha et al. [2012]; ces références sont à consulter pour une discussion plus détaillée sur la méthodologie et les résultats)

Les bassins hydrographiques de la rivière Campbell et du fleuve Fraser se jettent dans le détroit de Georgia à partir, respectivement, du centre de l'île de Vancouver et des basses-terres continentales (figure 3). Ensemble, ces bassins assurent la survie d'un éventail d'écosystèmes, y compris d'importantes frayères de saumon.

Le bassin hydrographique de la rivière Campbell est un bassin montagneux dans le centre de l'île de Vancouver qui s'étend sur 1 755 km² et s'élève jusqu'à 2 200 m au-dessus du niveau de la mer. Le bassin est soumis au régime d'écoulement hybride dominé à la fois par la fonte des neiges et les pluies caractéristique de nombreux bassins hydrographiques côtiers de la Colombie-Britannique, dont les pointes d'intensité du ruissellement atteignent leur maximum à l'automne et au printemps. Le système du fleuve Fraser est le plus important bassin hydrographique de la Colombie-Britannique, couvrant une superficie de 230 000 km². Le bassin s'élève jusqu'à environ 4000 m au-dessus du niveau de la mer et reçoit en moyenne entre 200 à 5000 mm de précipitations annuelles, les régions à plus haute altitude recevant la plus grande part de ces précipitations. Même si une grande partie du bassin du fleuve Fraser se trouve dans les zones à l'intérieur des terres de la Colombie-Britannique, il alimente néanmoins le plus important débit d'eau douce vers la côte de la province (Morrison et al., 2012). La majeure partie du bassin du fleuve Fraser, y compris son cours principal, est soumis à un régime dominé par la fonte des neiges et son écoulement annuel est dominé par la crue nivale printanière.

On a utilisé la modélisation hydrologique pour simuler un régime hydrologique de référence sur 30 ans (1961 à 1990; ou les années 1970) et un régime hydrologique futur (2041 à 2070; ou les années 2050) dans ces deux bassins hydrographiques. Un ensemble de huit modèles climatiques mondiaux (MCM) et trois scénarios d'émissions ont été utilisés pour prévoir les changements au niveau du climat régional. La réduction d'échelle statistique de données de sortie du MCM afin d'assurer sa compatibilité avec la haute résolution spatiale du modèle hydrologique a été effectuée par désagrégation spatiale corrigée du biais. Les données pour le fleuve Fraser à la hauteur du pont Mission et pour la rivière Campbell à la hauteur du barrage Strathcona ont été naturalisées afin d'éliminer l'influence exercée par la régularisation du débit.

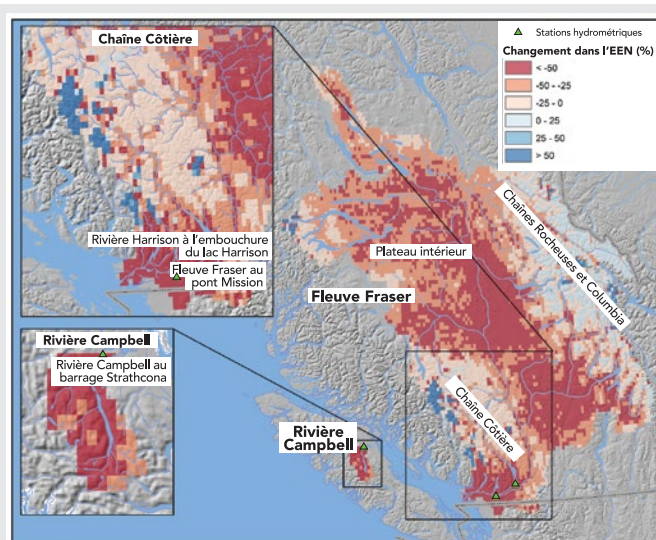


FIGURE 3 : Changements prévus pour le milieu du siècle (2041 à 2070) dans l'équivalent en eau de neige (EEN) au 1er avril pour les bassins hydrographiques de la rivière Campbell et du fleuve Fraser (Schnorbus et al., 2014). Les valeurs sont fondées sur le changement médian calculé pour la période s'étendant de 1961 à 1990 en fonction du scénario A1B (qui présume un forçage radiatif anthropique futur moyen du climat).

On prévoit d'importants changements dans l'accumulation de neige hivernale au cours des années 2050 dans le cas de ces deux bassins (figure 3). On s'attend à une diminution de l'accumulation de neige dans l'ensemble du bassin de la rivière Campbell. On prévoit une diminution du manteau neigeux printanier dans le cas du bassin du fleuve Fraser, à l'exception d'une augmentation de la quantité de neige prévue pour certaines parties des chaînes Rocheuses, Columbia et Côtière.

En plus des températures plus chaudes et des précipitations accrues pour toutes les saisons à l'exception de l'été, ces changements dans le manteau neigeux entraîneront des changements au niveau de l'écoulement fluvial. Selon la plupart des scénarios; on prévoit une augmentation du débit annuel total dans le bassin du fleuve Fraser. Les débits hivernaux et printaniers devraient augmenter, alors que les débits estivaux et automnaux pourraient aussi bien augmenter que diminuer (figure 4).

D'ici les années 2050, on prévoit que la fonte hâtive des neiges devancera le moment du débit de pointe annuel du fleuve Fraser. Par exemple, le débit de pointe annuel pourrait avoir lieu entre 14 et 18 jours plus tôt au pont Mission et entre 29 et 35 jours plus tôt dans le sous-bassin de la rivière Harrison. Dans le bassin hydrographique de la rivière Campbell, les changements prévus dans l'écoulement fluvial annuel moyen sont négligeables, mais on s'attend à une importante variation saisonnière. D'ici le milieu du XXI^e siècle, on prévoit que le bassin hydrographique de la rivière Campbell passera d'un régime hybride à un régime dominé par les pluies, accompagné d'augmentations dans l'écoulement fluvial mensuel entre octobre et avril et des diminutions entre mai et septembre (figure 4).

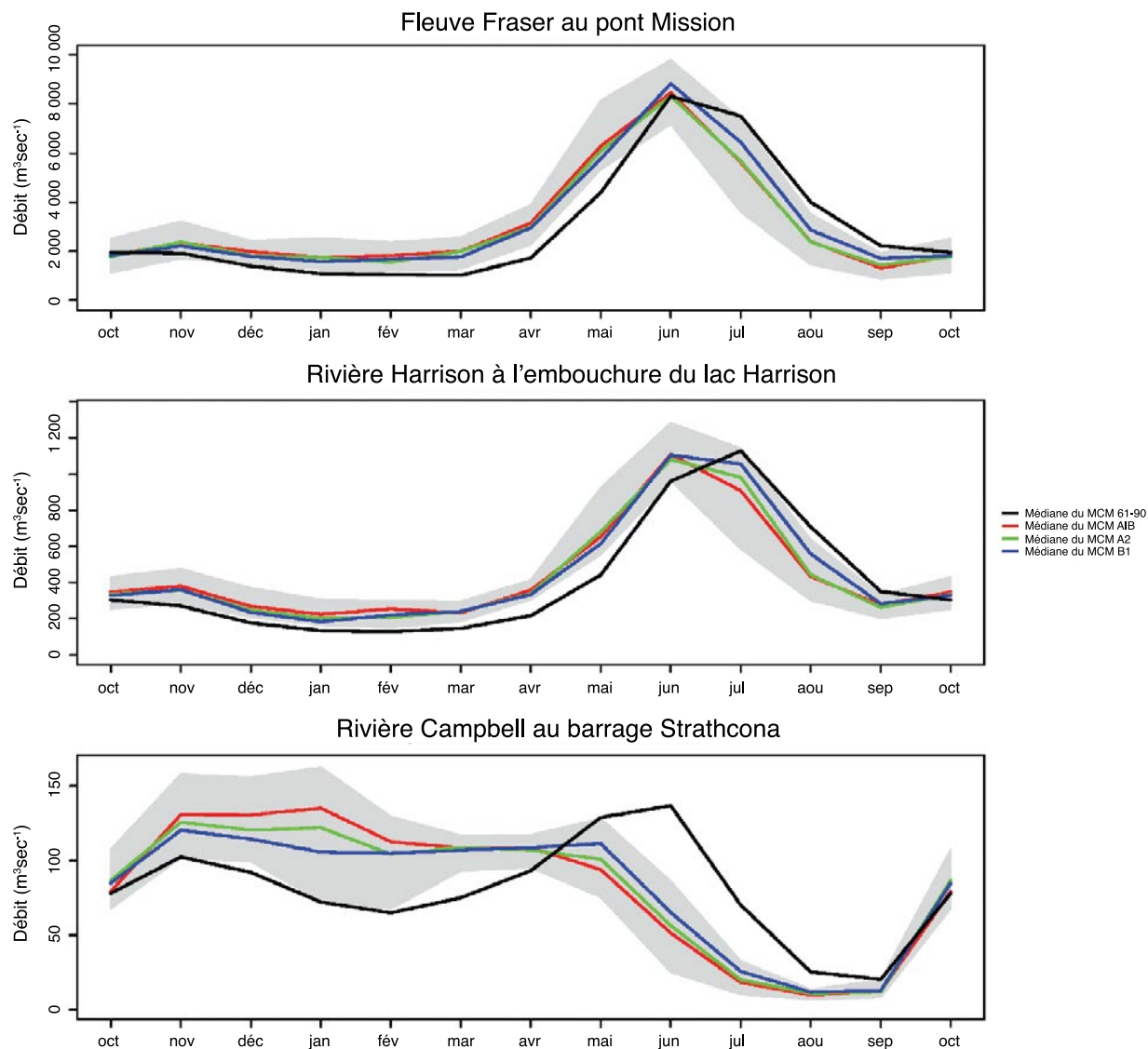


FIGURE 4 : Changements prévus de l'écoulement fluvial mensuel pour le fleuve Fraser au pont Mission, pour la rivière Harrison à l'embouchure du lac Harrison et pour la rivière Campbell au barrage Strathcona. Il est à remarquer que l'écoulement fluvial de la rivière Campbell représente les conditions naturelles (c.-à-d. sans les effets de la régularisation du débit). Les résultats démontrent que l'écoulement fluvial médian change non seulement dans le cas de chaque scénario (A1B, A2 et B1), mais également dans la gamme de prévisions (ombrage gris) établie pour 23 prévisions individuelles.

2.4 NIVEAU DE LA MER

Le niveau d'eau des océans varie aux échelles quotidienne à décennale en fonction d'une variété d'effets atmosphériques et océanographiques, y compris les marées de tempête provoquées par les basses pressions atmosphériques et les cycles de variabilité climatique comme l'ENSO et l'ODP (p. ex. Crawford *et al.*, 1999; Barrie et Conway, 2002; Abeyasingunawardena et Walker, 2008, section 2; Thomson *et al.*, 2008). Au cours d'un cycle ENSO ou ODP, les changements dans la densité de l'eau des océans induits par les changements dans la température de l'eau exercent une influence sur l'élévation de la surface de l'océan de l'ordre de dizaines de centimètres, alors que l'ampleur d'une marée de tempête peut atteindre 1 m (Thomson *et al.*, 2008). Les grosses vagues produites par les vents violents peuvent aggraver l'érosion et les inondations côtières lors d'une marée de tempête. À court terme (en années), c'est cette variabilité du niveau de la mer et

des vagues qui provoquera les inondations côtières. La lente élévation du niveau moyen de la mer au fil des décennies, telle que décrite plus bas, accroîtra considérablement la fréquence des phénomènes hydrologiques extrêmes (voir le chapitre 2).

Sur une plus longue période, les changements dans le niveau relatif de la mer dans l'ensemble de la région de la côte Ouest font preuve d'une importante variabilité. Par exemple, au cours des 50 dernières années le niveau de la mer s'est élevé de 3,1 cm à Victoria et de 2,0 cm à Vancouver, mais a diminué de 8,4 cm à Tofino (Bornhold et Thomson, 2013). Les trois collectivités se situent dans un rayon d'environ 220 km. Un facteur dominant ayant une incidence sur le changement du niveau relatif de la mer en Colombie-Britannique, comme ailleurs au Canada, est le déplacement vertical des terres, mais d'autres facteurs jouent également un rôle, tel que mentionné au chapitre 2. Les déplacements verticaux des terres en Colombie-Britannique découlent d'une combinaison d'activité tectonique due à l'interaction des plaques océaniques

Juan de Fuca et pacifique avec la plaque nord-américaine, du soulèvement des terres en réaction au retrait du poids causé par la fonte des glaciers de la dernière ère glaciaire (ajustement isostatique glaciaire; voir le chapitre 2) et des changements contemporains à la masse de glace dans la chaîne Côtière et le golfe de l'Alaska. Dans le delta du Fraser, le compactage des sédiments contribue à l'affaissement du terrain (Mazzotti et al., 2009). Les observations du système mondial de localisation (GPS) révèlent que les terres se soulèvent plus rapidement sur la côte ouest de l'île de Vancouver qu'à Victoria et Vancouver (Mazzotti et al., 2008), phénomène qui permet d'expliquer pourquoi on a observé une diminution du niveau de la mer à Tofino au cours des 50 dernières années, mais une élévation du niveau de la mer à Victoria et Vancouver.

On s'attend à ce que le niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale augmente de 44 à 74 cm (valeurs médianes par rapport à la période de 1986 à 2005) d'ici l'an 2100 (GIEC, 2013) et on ne peut pas écarter la possibilité d'augmentations plus importantes (chapitre 2). Si l'inlandsis de l'Antarctique occidental connaissait un écoulement accéléré au cours de ce siècle en raison de l'instabilité de sa portion à base marine, scénario qui, quoique possible, est peu probable (GIEC, 2013), le niveau mondial de la mer pourrait augmenter par quelques dizaines de centimètres supplémentaires et dépasser un mètre.

Le changement prévu du niveau relatif de la mer dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique (figure 5) démontre une variabilité régionale semblable aux schémas historiques de changement du niveau de la mer, attribuable une fois encore principalement aux différences se manifestant dans le déplacement vertical des terres. Parmi les autres effets qui contribuent également à la variabilité régionale, on note la réduction de l'attraction gravitationnelle exercée par les glaciers qui fondent sur les eaux océaniques avoisinantes de même que les changements dans les courants océaniques qui peuvent altérer la topographie de la surface de la mer. Le changement médian du niveau de la mer en l'an 2100 selon le scénario à émissions élevées (RCP8.5) varie entre 50 et 70 cm dans le sud de l'île de Vancouver, dans la région entourant la Ville de Vancouver et sur la côte nord de la Colombie-Britannique. Le reste de l'île de Vancouver et la côte continentale adjacente devraient connaître une élévation plus modeste du niveau relatif de la mer, en raison du soulèvement plus important des terres dans cette région. Malgré cette variabilité régionale, les prévisions exhibent une tendance générale vers l'élévation du niveau relatif de la mer sur la côte Ouest du Canada, même si les incertitudes qui persistent soient suffisamment importantes pour laisser entrevoir la possibilité d'une diminution potentielle du niveau de la mer selon certains scénarios dans les collectivités où le soulèvement des terres est relativement considérable.

La figure 6 présente les prévisions du niveau de la mer pour l'ensemble du XXI^e siècle et pour quatre collectivités. Les prévisions du niveau relatif de la mer sont plus modestes dans les endroits présentant un soulèvement plus important de la croûte terrestre. On indique également les provisions relatives à l'élévation du niveau de la mer établie par la province de la Colombie-Britannique afin de définir les mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation (Ausenco Sandwell, 2011a, b), tels qu'établis à partir d'études antérieures (Mazzotti et al., 2008; Thomson et al.,

2008). La provision, établie à 50 cm pour 2050 et à 100 cm pour 2100 comporte aussi un facteur de correction déterminé en fonction du déplacement vertical local des terres. Les provisions de la Colombie-Britannique sont supérieures aux prévisions des scénarios dits « scénarios RCP » (soit Representative Concentration Pathway ou profil représentatif d'évolution de concentration), mais inférieures au scénario le plus élevé conjugué à une contribution accrue à l'élévation du niveau de la mer provenant de l'Antarctique occidental. Par conséquent, elles tiennent pleinement compte de l'éventail des prévisions de changements probables (définis dans le *Cinquième rapport d'évaluation* du GIEC comme présentant une probabilité de 66 à 100 %) du niveau de la mer de même que d'une partie d'une élévation supplémentaire approximative, mais possible, du niveau de la mer.

Les changements au niveau de la mer poseront des difficultés pour plusieurs des quelque 170 collectivités côtières de la Colombie-Britannique. Par exemple, environ 245 000 personnes de Metro Vancouver habitent dans des plaines inondables menacées par l'élévation du niveau de la mer. D'importantes infrastructures régionales et nationales sont également menacées. Le port Metro Vancouver et l'aéroport international de Vancouver (YVR), tous deux à moins de quelques mètres au-dessus du niveau de la mer, créent directement quelque 71 000 emplois en Colombie-Britannique (environ 221 000 emplois au total) et contribuent plus de 34 milliards de dollars en extrants économiques totaux (Intervistas Consulting Inc., 2009; Administration de l'aéroport de Vancouver, 2010). L'élévation du niveau de la mer pourrait présenter des difficultés pour les grands sites industriels proposés le long de la côte nord de la province, notamment dans les régions de Kitimat, Prince Rupert et Stewart, qui sont des noyaux potentiels d'exportation d'énergie.

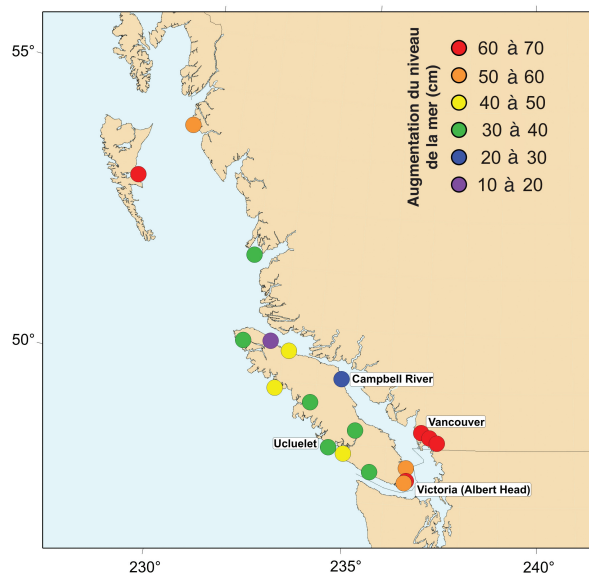


FIGURE 5 : Prévisions de l'élévation du niveau relatif de la mer pour l'an 2100 en fonction de la valeur médiane du scénario à émissions élevées (RCP8.5; selon James et al., 2014, 2015). Voir le chapitre 2 pour des renseignements supplémentaires sur les prévisions liées au niveau de la mer. Les prévisions relatives au niveau de la mer pour l'ensemble du XXI^e siècle sont présentées à la figure 6 pour les quatre collectivités identifiées, et les changements prévus pour tous les sites sont présentés à l'annexe A.

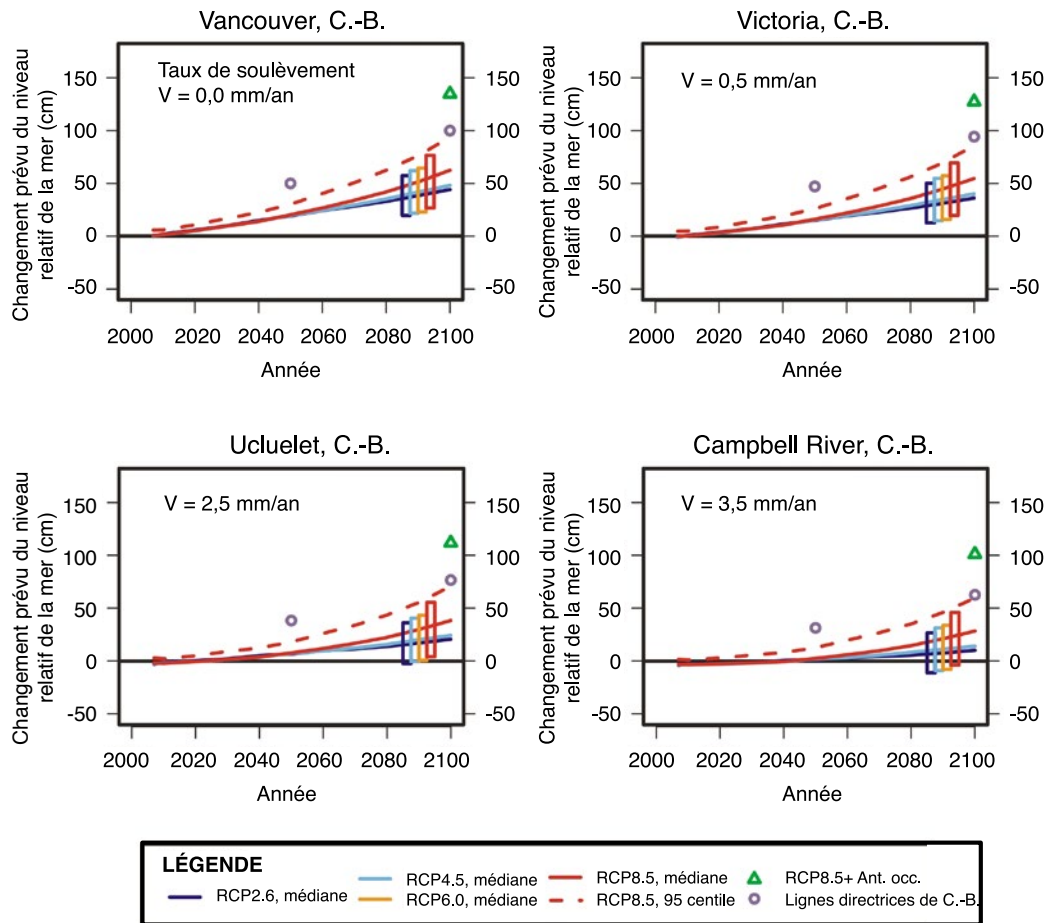


FIGURE 6 : Changement prévu du niveau relatif de la mer pendant le XXI^e pour des collectivités choisies en Colombie-Britannique (selon James et al., 2014, 2015). Le RCP2.6 est le scénario à émissions faibles, le RCP6.0 est un scénario à émissions modérées et le RCP8.5 est le scénario à émissions élevées. La valeur prévue pour 2100 est également indiquée pour le scénario à émissions élevées plus la réduction de l'inlandsis de l'Antarctique, un scénario augmenté dans lequel l'Antarctique occidental apporte une contribution supplémentaire de 65 cm à la valeur médiane prévue du scénario à émissions élevées (RCP8.5+Ant. occ.; triangle vert). Les rectangles montrent l'intervalle de confiance de 90 % (de 5 à 95 %) de la prévision moyenne au cours de la période s'étendant de 2081 à 2100 et comprennent également le scénario RCP6.0, alors que le pointillé rouge indique la valeur du 95^e centile propre au scénario à émissions élevées. Le déplacement vertical des terres est indiqué à 0,5 mm/an près dans chaque tableau. Les provisions du gouvernement de la Colombie-Britannique en vue de l'élévation du niveau de la mer (ligne directrice de la Colombie-Britannique) sont également indiquées (Ausenco Sandwell, 2011b, c). Voir le chapitre 2 pour obtenir plus d'explications sur les scénarios.

Plusieurs collectivités, entreprises et gouvernements locaux, de même que la province de la Colombie-Britannique, reconnaissent la nécessité de mieux comprendre le phénomène de l'élévation du niveau de la mer et de mieux s'y préparer. On peut trouver à la section 4 du présent chapitre une discussion plus détaillée des risques que cela pose pour les collectivités côtières de même qu'une collection d'études de cas faisant la lumière sur les mesures d'adaptation déjà en cours.

3 CHANGEMENTS À LA STRUCTURE ET À LA FONCTION DES ÉCOSYSTÈMES

Les changements climatiques auront une incidence sur les écosystèmes côtiers de la Colombie-Britannique. Ensemble, l'augmentation de la température de l'eau et les changements aux taux d'acidité et de salinité, et à la teneur en oxygène dissous de l'océan modifieront la structure et la fonction des écosystèmes. Les

phases chaudes et froides des cycles ENSO et ODP (section 2) produisent des changements à court terme dans la température de l'eau au large de la côte de la Colombie-Britannique et donnent un aperçu de la façon dont une eau plus chaude peut porter atteinte aux écosystèmes côtiers.

Les changements climatiques peuvent avoir des effets positifs aussi bien que négatifs sur la biodiversité marine côtière de la Colombie-Britannique. Par exemple, une augmentation prévue des remontées d'eau du courant de Californie (Snyder et al., 2003; Black et al., 2014) pourrait provoquer une amélioration au niveau de la disponibilité des nutriments et entraîner un taux de reproduction plus élevé pour certaines formes de vie marine. Toutefois, la diminution de la teneur en oxygène et l'augmentation du taux d'acidité (Kleypas et al., 2005; Chan et al., 2008; Ianson, 2008; Widdicombe et Spicer, 2008; Miller et al., 2009) auraient un impact négatif sur d'autres espèces, en particulier les mollusques et les crustacés. L'augmentation de la température de l'eau dans les écosystèmes dulçaquicoles (rivières) aussi bien que

marins pourrait s'avérer être le changement le plus important. Cela pourrait nuire au saumon en réduisant à la fois son taux de réussite de reproduction et les chances de survie des alevins de saumon. L'augmentation de la température de l'eau pourrait également provoquer un déplacement vers le nord de la zone de transition écologique nord-sud et, en conséquence, l'introduction de nouvelles espèces dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique.

3.1 CONDITIONS MARITIMES : CIRCULATION, ACIDIFICATION ET SALINITÉ

En comparaison avec d'autres milieux côtiers du Canada, la Colombie-Britannique semble particulièrement vulnérable à l'acidification de l'océan à long terme en raison du fait que le Pacifique Nord est déjà très acide. Si l'eau était légèrement plus acide, elle serait qualifiée de « corrosive » parce que le carbonate de calcium, élément de base des coquilles, commencerait à se dissoudre (Feely *et al.*, 2004). Il est actuellement impossible de formuler des prévisions à long terme du risque posé par l'acidification de l'océan pour la faune marine (Ianson, 2013). Cela est attribuable en partie au fait que les processus contribuant à l'acidification de l'océan peuvent varier d'une région à l'autre et être difficiles à prévoir dans de grandes régions comme le détroit de Georgia. Il y a également des limites au niveau des données disponibles relatives à la circulation maritime très variable (Chavez *et al.*, 2007; Nemcek *et al.*, 2008).

Les changements climatiques pourraient altérer le taux d'acidité de l'océan en provoquant des changements à la température, aux précipitations et à l'écoulement fluvial. Les changements climatiques peuvent modifier la circulation sublittorale en causant un changement au niveau de la quantité d'eau douce qui se déverse dans l'océan. À mesure que la quantité de précipitations tombant sous forme de pluie (plutôt que de neige) augmente et que les glaciers et le manteau neigeux continuent de fondre, le débit d'eau douce des rivières côtières augmentera, en particulier au printemps et à l'automne (section 2.3). Les réductions à long terme du manteau neigeux hivernal ont déjà modifié l'hydrologie du fleuve Fraser (Morrison *et al.*, 2002) en entraînant une réduction de la quantité d'eau susceptible d'être libérée pendant l'été, ce qui par conséquent, entraîne à son tour un changement des schémas annuels de salinité sublittorale dans le détroit de Georgia. La diminution de la salinité des eaux de surface liée à l'augmentation des précipitations régionales (BC Ministry of Environment, 2007; Rodenhuis *et al.*, 2007; Walker et Sydneysmith, 2008) et l'augmentation de la température de la surface de la mer (Freeland *et al.*, 1997; Whitney *et al.*, 2007; Freeland, 2013) entraînent une diminution de la teneur en oxygène dissous.

3.2 CONDITIONS DULÇAQUICOLES : TEMPÉRATURE FLUVIALE

La température de l'eau du fleuve Fraser a augmenté d'environ 1,5 °C depuis les années 1950 (Martins *et al.*, 2011) et pourrait augmenter encore de 1,9 °C d'ici 2100 (Morrison *et al.*, 2002). De tels changements à la température du fleuve peuvent nuire aux populations de poissons, en particulier le saumon, qui

sont sensibles à la température fluviale au début comme à la fin de leur cycle de vie (le saumon en période de frai n'entre pas dans les rivières trop chaudes, et le taux de mortalité des alevins vésiculés augmente avec la température de l'eau; Rand *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2011). La température fluviale pourrait augmenter dans l'ensemble de la province à mesure que la température de l'air annuelle moyenne augmente et que les glaciers et le manteau neigeux fondent. L'écoulement estival plus faible dans certains cours d'eau pourrait également entraîner un réchauffement de l'eau.

La température fluviale accrue peut nuire aux écosystèmes riverains et aux bénéfiques que les humains en retirent par son effet sur les micro-organismes (Farrell et Rose, 1967), les amphibiens et les autres poïkilothermes (c.-à-d. des animaux dont la température corporelle fluctue; Fry, 1967), les poissons (Elliot, 1994; Rand *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2011), les insectes (Ward, 1992), la qualité de l'eau (Morrill *et al.*, 2005) et les activités commerciales et récréatives (McMichael et Kaya, 1991). Même si les changements climatiques auront un effet sur la température fluviale, beaucoup d'autres facteurs anthropiques peuvent aussi exercer une influence et les recherches se poursuivent en vue d'améliorer notre compréhension de ces moteurs non climatiques (Webb *et al.*, 2008).

3.3 CHANGEMENTS ÉCOLOGIQUES MARINS

Les changements climatiques altéreront l'écologie marine de la côte de la Colombie-Britannique en entraînant une modification de la répartition verticale, côtière (Brodeur *et al.*, 2006) et latitudinale (Cheung *et al.*, 2011) des espèces. Même si les changements dans la répartition seront complexes (Schiel *et al.*, 2004), on constate une tendance générale de déplacement des espèces vers les pôles dans le nord-est du Pacifique (Brodeur *et al.*, 2003; Zacherl *et al.*, 2003; Brodeur *et al.*, 2005, 2006; Trudel *et al.*, 2006; Wing, 2006; Orsi *et al.*, 2007; Rogers-Bennett, 2007; Harding *et al.*, 2011). On prévoit un déplacement de près de 300 km dans l'aire de répartition normale de 20 espèces pour la période s'étendant de 2005 à 2055 (Cheung *et al.*, en préparation). Cette prévision s'appuie sur des observations des changements dans l'aire de répartition des espèces au fil des décennies et pendant les cycles chaud-froid de l'ENSO (Orsi *et al.*, 2007). Par exemple, des espèces rarement vues près des côtes de la Colombie-Britannique ont été observées et consignées pendant l'oscillation El Niño de 1982–1983 (Fulton, 1985; Okey *et al.*, 2012) et ont été observées périodiquement depuis (Brodeur *et al.*, 2006; Trudel *et al.*, 2006; Wing, 2006). Cela a entraîné des augmentations temporaires de la biodiversité tributaires de la variation du climat plutôt que des changements climatiques. Toutefois, à mesure que les eaux se réchauffent et que la zone de transition écologique constituant l'aire de répartition nordique de nombreuses espèces non endémiques de la Colombie-Britannique se déplace vers le nord, de telles occurrences pourraient devenir plus courantes.

Les conditions environnementales changeantes et la proximité d'une zone de transition écologique peuvent être à l'origine du développement dans la région de la côte Ouest d'un biote relativement résilient et sensible aux changements climatiques et océanographiques. Puisque les changements climatiques

favorisent le chevauchement des zones de transition nord et sud, l'augmentation connexe dans une région présentant déjà une biodiversité considérable pourrait contribuer à un renforcement de la résilience écologique (Okey *et al.*, 2014). Toutefois, cela peut nuire à certaines espèces, dont le saumon du Pacifique, la sardine, l'anchois et le merlu du Chili (p. ex. Robinson et Ware, 1999; Ware et Thomson, 2000; Wright *et al.*, 2005), qui sont extrêmement sensibles aux changements dans les conditions océanographiques. Les variations des conditions océaniques peuvent entraîner des changements radicaux dans la répartition et l'abondance des espèces à courte durée de vie (c.-à-d. à cycles d'expansion et de ralentissement), mais pas de celles à la durée de vie plus longue. Ce phénomène est attribuable au fait que les espèces à longue durée de vie qui connaissent peu de succès en reproduction pendant les périodes de stress environnemental peuvent survivre pour produire des cohortes supplémentaires lorsque les conditions s'améliorent, au contraire des espèces à courte durée de vie qui en sont incapables.

On s'attend à ce que les changements climatiques exercent une influence dominante sur les conditions maritimes dans le Pacifique Nord au cours des décennies à venir (Overland et Wang, 2007). La réorganisation à long terme des espèces côtières peut inclure la séparation dans l'espace ou le temps d'espèces ayant évolué conjointement. Par exemple, le moment de la naissance des oisillons de la starique de Cassin et du macareux rhinocéros (des oiseaux de mer) coïncidait historiquement avec le pic de population de leur proie, le copépode *Neocalanus cristatus*. À mesure que la température de l'océan augmentait au cours des années 1990, le pic de population de *Neocalanus* a commencé à se manifester plus tôt dans l'année (Bertram, 2001). Cela a causé un décalage entre le pic de demande de nourriture des macareux et le pic de population d'une source de nourriture essentielle (Hipfner, 2008; Borstad *et al.*, 2011). Cet exemple laisse entrevoir la possibilité de changements écologiques plus généraux liés à la productivité sur la côte pacifique du Canada en raison de la sensibilité d'autres sources de nourriture et d'autres producteurs primaires importants, comme le plancton, à la variabilité et aux changements climatiques (Mackas *et al.*, 1998; Bertram, 2001; Mackas *et al.*, 2007; Batten et Mackas, 2009).

4 EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES SECTEURS ET LES COLLECTIVITÉS

Environ quatre habitants sur cinq de la Colombie-Britannique résident dans des villes et des villages côtiers (BC Stats, 2013a). Des millions de personnes et des milliards de dollars de marchandises arrivent chaque année dans les aéroports, les ports et les gares maritimes qui bordent les côtes de la province. L'océan ne se trouve qu'à quelques mètres de ces infrastructures essentielles, et les risques d'inondation augmentent au même rythme que le niveau de la mer.

La diversité des défis posés par les changements climatiques pour les résidents et les industries de cette région découle de son exposition aux dangers (p. ex. proximité de l'océan et élévation) de même que de sa capacité de s'adapter aux risques

que cela engendre (c.-à-d. connaître les dangers et posséder les ressources nécessaires pour y pallier).

Les impacts potentiels des changements climatiques sur les collectivités et les entreprises côtières sont variés et comprennent entre autres l'élévation du niveau de la mer, les changements dans la fréquence et la violence des tempêtes et les écosystèmes changeants. À mesure que le niveau de la mer augmente, la hauteur des vagues par rapport au littoral augmente aussi en raison de la profondeur accrue de l'eau et, en conséquence, le potentiel destructeur des vagues plus hautes qui se manifesteront pendant les marées de tempête positives. La nouvelle dynamique des vagues pourra non seulement avoir un effet sur les taux de remise en suspension et de transport des sédiments mais aura également le potentiel de remettre en suspension des matières toxiques, comme les métaux lourds, qui se sont accumulées sur le plancher océanique (Eggleton et Thomas, 2004; Kalnejais *et al.*, 2007, 2010; Roberts, 2012). Les agglomérations côtières sont confrontées à des risques croissants de perte de territoire, de dommages aux infrastructures et des répercussions sur les industries des ressources naturelles et du tourisme (Klein et Nicholls, 1999; Craig-Smith *et al.*, 2006). Les risques généraux qui se posent pour différentes régions de la côte Ouest sont résumés ci-après :

Lower Mainland : Le « Lower Mainland » compte la plus importante population de la région de la côte Ouest, avec près de 61 % des Britanno-colombiens et 75 % des résidents vivant sur la côte (BC Stats, 2013b). Il s'agit également de la sous-région de la province à la croissance la plus rapide, avec une croissance annuelle prévue de 1,6 % au cours des deux prochaines décennies (BC Stats, 2013b). Le développement rapide, la densification urbaine et le commerce international croissant que rendent possible les points d'accès situés dans des zones de faible altitude exposées à l'élévation du niveau de la mer et aux inondations dues à une marée de tempête constituent des préoccupations pour cette région. Une augmentation d'un mètre du niveau de la mer pourrait inonder plus de 15 000 hectares de terres agricoles et 4 600 hectares de terres urbaines dans cette région (Yin, 2001). Surélever les digues afin de protéger ces zones exposées est un projet dont le coût pourrait atteindre 9,5 milliards de dollars pour Metro Vancouver (Delcan, 2012). Tel qu'en font état les études de cas subséquentes (section 4.2.2), le district régional du Grand Vancouver et les gouvernements locaux qui en sont membres travaillent activement à la planification des mesures d'adaptation susceptibles de les aider à faire face à l'élévation du niveau de la mer. Les études de cas de la section 4.3 portent sur deux grands centres économiques, soit Port Metro Vancouver et l'aéroport international de Vancouver, qui ont tous deux démontré qu'ils sont conscients des conséquences possibles de l'élévation du niveau de la mer et qui travaillent avec les municipalités avoisinantes à cerner des solutions potentielles.

Île de Vancouver : Sur l'île de Vancouver, le District régional de la capitale (DRC), comprenant 13 gouvernements locaux (y compris la capitale provinciale), est la deuxième région la plus peuplée de la province. Le DRC n'est pas aussi exposé à l'élévation du niveau de la mer que Metro Vancouver, compte tenu de son altitude légèrement supérieure et de ses foyers de population plus petits, mais les changements climatiques demeurent néanmoins un sujet préoccu-

pant. L'élévation du niveau de la mer mettra en péril les zones de faible altitude, y compris le port intérieur de Victoria (source importante de revenus touristiques) et la base des Forces canadiennes d'Esquimalt (port d'attache de la flotte canadienne du Pacifique). Les pénuries d'eau estivales attribuables aux sécheresses constituent la plus grande préoccupation à court terme liée aux changements climatiques dans le DRC, qui ne reçoit qu'environ la moitié des précipitations annuelles dont jouissent les basses-terres continentales. Les autorités du DRC sont conscientes du fait que les changements climatiques présentent des défis et ont déjà commencé à planifier en vue de s'y adapter (p. ex. District régional de la capitale, 2012).

L'élévation du niveau de la mer, les tempêtes et les inondations imputables aux marées de tempête préoccupent l'ensemble de l'île de Vancouver; en effet, les répercussions des marées de tempête sont particulièrement prononcées là où la côte est exposée à de grandes étendues d'eaux libres. Les perturbations potentielles des réseaux de transport, comme les services de traversier, attribuables aux tempêtes ou aux dommages causés aux jetées préoccupent plusieurs des petites collectivités de cette région.

Côte Nord et centrale : Les petites collectivités le long de la côte Nord et de la côte centrale de la Colombie-Britannique ont connu d'importantes perturbations sociales et économiques au cours des deux dernières décennies en raison de facteurs non climatiques comme le déclin des industries régionales de la pêche et de la foresterie (p. ex. Matthews, 2003; Young, 2006). Les industries de la transformation du bois et de la pêche sont maintenant toutes deux centralisées et de nombreux emplois ont été relocalisés dans le « Lower Mainland ». Par exemple, l'emploi dans la pêche de capture a chuté à moins de 25 % de ce qu'il était il y a 20 ans (avec un nombre d'emplois estimé à 1 400 en 2011; Stroomer et Wilson, 2013) et la centralisation de beaucoup des emplois restants a eu pour conséquence de laisser relativement peu de pêcheurs et d'ouvriers au traitement du poisson dans les régions périphériques.

Par contraste avec le déclin des industries renouvelables primaires, l'intérêt récent porté à la mise en valeur de l'énergie et à la marine marchande favorise la croissance dans certaines collectivités de la côte nord de la Colombie-Britannique, notamment Kitimat et Prince Rupert. Dans ces collectivités, les impacts les plus préoccupants des changements climatiques sont liés à l'augmentation de l'activité orageuse, laquelle est susceptible de nuire aux terminaux d'exportation côtiers et de créer des conditions dangereuses pour la marine marchande. L'expansion de l'activité économique le long de la côte Nord est peut-être le plus important développement à avoir eu lieu depuis la dernière évaluation des impacts climatiques et de l'adaptation réalisée pour le compte de la Colombie-Britannique (Walker et Sydneysmith, 2008).

L'augmentation de l'activité orageuse préoccupe les collectivités de la côte centrale. La seule liaison routière avec cette région, l'autoroute 20, peut être emportée lors des grosses tempêtes associées aux rivières atmosphériques, comme l'a démontré l'inondation de Bella Coola en septembre 2010. Les inondations peuvent endommager les propriétés, les infrastructures et les habitats et présenter un danger pour la santé et la sécurité humaines. Les collectivités de cette région sont relativement isolées

et l'accès aux autres collectivités peut être temporairement coupé pendant les tempêtes.

Le reste de cette section porte dans un premier temps sur les répercussions des changements climatiques sur les pêches. On décrit les transformations qui touchent le secteur et on examine les difficultés et les stratégies d'adaptation potentielles. Dans un deuxième temps, on examine les impacts communautaires potentiels en s'appuyant sur un ensemble d'études de cas qui illustrent l'état actuel des mesures d'adaptation mises en œuvre dans la région.

4.1 PÊCHES

Les pêcheurs ne pêchent pas seulement à partir d'un bateau donné; il est juste de dire qu'ils pêchent également à partir d'une collectivité. Il s'agit peut-être là de la plus importante distinction entre le monde du travail dans les collectivités rurales et celui du travail industriel et en usine que l'on trouve dans les plus grands centres... Dans les collectivités d'agriculteurs et de pêcheurs, toutefois, séparer la vie professionnelle de la vie communautaire et de la vie familiale n'a aucun sens et est généralement impossible... Il est impossible d'étudier la nature du travail sans étudier ipso facto la vie communautaire et familiale [traduction]. (Matthews, 1993)

Les pêches font partie intégrante du tissu social des collectivités côtières de la Colombie-Britannique depuis des générations. Les pêches locales ne sont pas uniquement un secteur économique, mais peuvent également être un élément important du tissu social. Les pêches, en particulier la pêche au saumon, sont une source importante d'identité pour les Britanno-colombiens aussi bien autochtones que non autochtones. Par exemple, le saumon joue un rôle particulièrement important dans les communautés des Premières nations en appuyant les activités culturelles et en assurant la sécurité alimentaire.

Même si les poissons conservent une grande importance sociale, leur contribution économique diminue depuis le début des années 1990 (encadré 1). Les pêches assurent environ 14 000 emplois en Colombie-Britannique, une réduction de 30 % par rapport aux quelque 21 000 emplois disponibles il y a 25 ans (Stroomer et Wilson, 2013). La contribution économique des pêches, mesurée par leur contribution au PIB (tous secteurs confondus), a diminué de 28,8 % pendant la même période (figure 7). La pêche de capture mène ce déclin, alors que les industries de la transformation du poisson et de la pêche sportive présentent des réductions moins importantes de leur contribution au PIB. Le secteur de la culture commerciale est la seule pêche qui a connu une croissance pendant cette période.

Le déclin économique prononcé du secteur des pêches est particulièrement remarquable lorsqu'on le compare à d'autres industries de transformation des biens, qui elles ont augmenté de 41 % au cours des deux dernières décennies (figure 8). L'économie britanno-colombienne a connu une croissance de 72 % pendant cette période, croissance menée par le secteur des services, qui a connu une expansion de 85 %.

ENCADRÉ 1

SECTEUR DES PÊCHES DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

Le secteur britanno-colombien des pêches a produit des recettes totales de 2,2 milliards de dollars en 2011, ce qui représente une contribution de 667 millions de dollars au PIB provincial et le versement de 338 millions de dollars en salaires (Stroomeer et Wilson, 2013). La pêche sportive comptait pour 60 % de l'emploi et près de la moitié du PIB produit par ce secteur (tableau 1).

TABLEAU 1 : Aperçu de l'industrie des pêches de la Colombie-Britannique d'après des données de 2011 (Stroomeer et Wilson, 2013).

Type de pêche	Main-d'œuvre	Contribution estimée au PIB (en millions de \$)	changement dans le PIB, 1990 à 2011 (en %)	Espèces importantes
Capture commerciale	1 400	102,3	-70,5	Saumon du Pacifique, hareng, poissons démersaux (p. ex. flétan), mollusques et crustacés (p. ex. palourdes, crabes)
Culture commerciale	1 700	61,9	298,1	Saumon de l'Atlantique, mollusques (palourdes, huîtres et moules)
Pêche sportive	8 400	325,7	-8	Saumon quinnat, rouge et coho, flétan, truite
Transformation des fruits de mer	2 400	177,5	-19,6	Saumon du Pacifique et de l'Atlantique, hareng, poissons démersaux
Total	13 900	667,4	-28,8	–

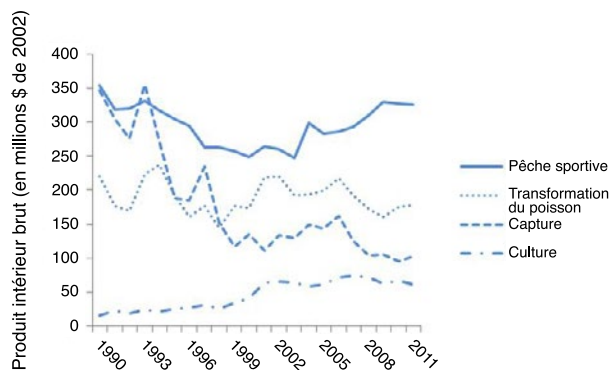


FIGURE 7 : Produit intérieur brut (PIB) réel par secteur en Colombie-Britannique, de 1990 à 2011 (Stroomeer et Wilson, 2013).

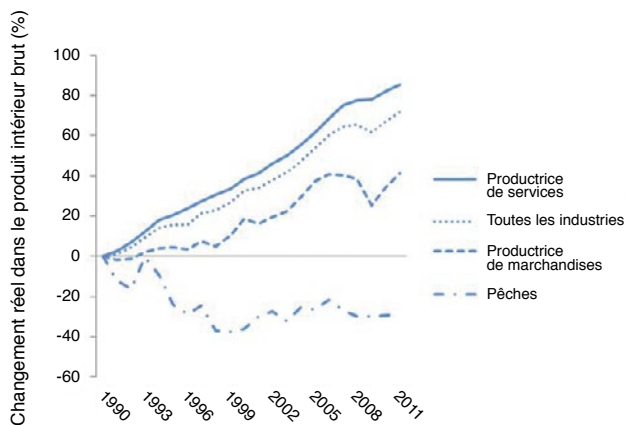


FIGURE 8 : Changement réel dans le produit intérieur brut (PIB) par secteur (Stroomeer et Wilson, 2013).

4.1.1 IMPACTS CLIMATIQUES

L'évolution des conditions marines, y compris la température, la teneur en oxygène et d'autres propriétés biogéochimiques, altèrent actuellement les pêches en Colombie-Britannique (Cheung *et al.*, 2012). On s'attend à ce que ces changements se poursuivent et touchent de nombreuses espèces de poissons (section 3; Cheung *et al.*, 2013). Les changements dans la température de l'eau sont ceux qui semblent avoir la plus forte incidence sur les poissons. Ces changements bien connus et quantifiables (Pauly, 2010) ont modifié la répartition, l'abondance, le métabolisme, la croissance et la fécondité (succès de reproduction) des espèces. Par exemple, les données sur les prises mondiales de 1970 à 2006 démontrent que les prises commerciales de la région de la côte Ouest du Canada ont été de plus en plus dominées par des espèces vivant en eau chaude (Cheung *et al.*, 2013). Ces changements, après avoir tenu compte des effets des pêches et de la variabilité océanographique à grande échelle, sont solidement liés au réchauffement des océans.

Historiquement, la variabilité du climat a exercé une grande influence sur les stocks de poissons du Pacifique (p. ex. Finney *et al.*, 2002), influence principalement associée aux oscillations naturelles du climat comme l'ENSO et l'ODP (voir le chapitre 2; Powell et Xu, 2011). Toutefois, au fil des changements que subira le climat au cours du siècle prochain, il est probable que les conditions changeantes auront une incidence non seulement sur la répartition et l'abondance des espèces marines, entraînant ainsi d'importantes répercussions écologiques (Beaugrand *et al.*, 2002, 2008; Brierley et Kingsford, 2009; Cheung *et al.*, 2009, 2010, 2013; Blanchard *et al.*, 2012). Par exemple, l'étude des données historiques révèle un déclin plus rapide de l'eulakane (éperlan; *Thaleichthys pacificus*) dans les rivières australes le long de la

côte du Pacifique par rapport aux changements remarquables dans les populations des rivières plus au nord (Moody et Pitcher, 2010); on signale en outre la présence de plus en plus d'espèces d'eau chaude qui étaient rares par le passé, comme l'encornet géant (*Dosidicus gigas*; Cosgrove 2005; La Presse canadienne, 2009) et une biomasse croissante de sardine de Californie (*Sardinops sagax*; Ishimura *et al.*, 2012, 2013).

On a également des preuves que les stocks de saumon se déplacent vers les pôles en réaction à l'augmentation de la température des océans et des rivières (p. ex. Moody et Pitcher, 2010). Dans le sud de la Colombie-Britannique, on a enregistré un déclin régional prononcé des populations de saumon rouge (MPO, 2011b; Irvine et Crawford, 2012, Peterman et Dorner, 2012), et on est raisonnablement certains que les températures croissantes influant sur les populations marines et dulçaquicoles de jeunes et d'adultes nuisent, et continueront de nuire, à la production de saumon rouge dans le fleuve Fraser (MacDonald *et al.*, 2000; Hyatt *et al.*, 2003; Crossin *et al.*, 2008; Hinch et Martins, 2011; McKinnell *et al.*, 2011; Peterman et Dorner, 2011). Les changements dans la température de l'eau peuvent également nuire à la migration en amont des rivières et à la survie du saumon pendant les étapes de son cycle de vie passée en eau douce (Welch *et al.*, 1998; Cooke *et al.*, 2004; Irvine et Fukuwaka, 2011; Rogers et Schindler, 2011; Selbie *et al.*, 2011).

À mesure que les glaciers reculent, la réduction du débit des rivières et les changements connexes à la qualité et à la température de l'eau dans les bassins hydrographiques alimentés par les glaciers sont susceptibles de porter atteinte au saumon coho, dont les modèles de reproduction sont liés au déversement des rivières dans l'océan (Bryant, 2009). Les rivières plus chaudes peuvent également retarder l'entrée du saumon rouge dans les frayères à l'automne et peuvent déclencher une migration plus rapide des saumons juvéniles riverains vers l'océan, alors que les sources de nourriture marine côtières sont peu abondantes (Bryant, 2009). Les projections fondées sur différents scénarios de température fluviale ont démontré qu'un déclenchement de plus en plus précoce des montaisons (Reed *et al.*, 2011) était possible.

Même s'il est possible que les populations australes de saumon manifestent une certaine adaptation aux températures fluviales plus élevées, les données actuelles (p. ex., sort des populations de saumon de la Californie; Katz *et al.*, 2013) semblent indiquer un déplacement général vers le nord de l'abondance relative de la population et une pression soutenue sur les stocks. Dans toute la région de la côte Ouest, les changements climatiques représentent une menace pour les stocks de saumon modestes ou ceux faisant preuve d'exigences uniques relatives à leur habitat (Bryant, 2009). Les régions au nord de la province connaîtront probablement des résultats neutres ou positifs en ce qui a trait au saumon (Peterman et Dorner, 2011), bien que cette situation pourrait ne durer que quelques décennies.

4.1.2 IMPACTS SUR LES TYPES DE PÊCHES

PÊCHE DE CULTURE COMMERCIALE

La pêche de culture commerciale est le secteur à la croissance la plus rapide des quatre types de pêches britanno-colombiennes

examinées ici, étant donné son augmentation de près de 300 % pendant la période de 1990 à 2011, la croissance la plus importante ayant eu lieu entre 1999 et 2007. Le saumon apporte la plus importante contribution de ce secteur au PIB et représente 86,7 % du total, les 13,3 % restants appartenant aux mollusques et crustacés (Stroemer et Wilson, 2013).¹

L'acidification de l'océan est un défi majeur pour les mollusques économiquement importants et fortement calcifiés comme l'ormeau (Crim *et al.*, 2011), l'huître (Kurihara *et al.*, 2007), la moule (Melzner *et al.*, 2011), la palourde (Ries *et al.*, 2009) et l'oursin (Reuter *et al.*, 2011). La valeur au gros de la pêche aux mollusques en Colombie-Britannique (culture et capture) était de 224,9 millions de dollars en 2010 (BC Ministry of Agriculture de la Colombie-Britannique, 2011). Les effets d'une eau à faible pH ont récemment acquis plus d'importance dans les installations d'aquaculture de Colombie-Britannique en raison de la perte de cohortes entières de larves lorsque les remontées d'eau ont permis à l'eau corrosive de pénétrer dans les prises d'eau d'une installation (R. Saunders, communication personnelle, 2014). Les répercussions sur l'industrie pourraient atteindre des millions de dollars par an, mais il est difficile d'établir des prévisions exactes en raison de la rareté des données de surveillance.

Les changements climatiques peuvent également avoir une incidence sur la pêche de culture de mollusques en raison de changements de zonage induits par la température, qui auraient pour résultat de pousser les organismes cultivés vers les eaux plus profondes. La limite supérieure de certains prédateurs, dont l'habitat a peu de chances d'être touché, représente la limite inférieure de cette migration verticale vers le bas. En conséquence, l'aire d'habitat des mollusques s'en trouve comprimée. On compte au nombre des impacts potentiels, la difficulté de se procurer des larves et des semis, dont la santé et la productivité seront atteintes par l'acidité croissante et la perturbation de la température (Huppert *et al.*, 2009). Il est possible que les pêches de culture de mollusques puissent s'adapter en déplaçant les exploitations plus au nord vers des eaux plus froides afin d'éviter cette compression entre la température et les prédateurs.

PÊCHE DE CAPTURE COMMERCIALE

Le secteur de la capture commerciale a connu un déclin de 70,5 % en PIB réel depuis 1990. Le nombre d'emplois dans le secteur a diminué de 78,8 % au cours de la même période. La plus grande partie du déclin des pêches de capture s'est produite pendant les années 1990 (figure 7), en partie à cause de la diminution de beaucoup de sous-populations de saumon et d'une approche stratégique prudente. La contribution économique du saumon a diminué de 82,5 % au cours de la période de 1990 à 2011. En 1990, le saumon comptait pour 55,3 % de la valeur totale de la pêche de capture en Colombie-Britannique. En 2011, cette proportion avait chuté à 13,4 % (tableau 2).

Le saumon ne domine plus ce secteur, mais fait maintenant partie d'un groupe de plusieurs espèces de capture importantes (tableau 2) comprenant également le flétan, la panope et la

¹ Le saumon a apporté une contribution de 58,5 millions de dollars et les mollusques et crustacés, une contribution de 9 millions de dollars au PIB en 2011. Toutefois, la contribution totale à ce secteur n'est que de 61,9 millions de dollars en raison de la perte de 5,9 millions de dollars attribuable à d'autres espèces.

palourde de même que les crevettes, ce qui démontre l'adaptabilité du secteur. Les poissons démersaux (qui comprennent le flétan, la morue charbonnière, la merluche et le sébaste) constituent maintenant la plus grande part de la pêche de capture en Colombie-Britannique et représentent 39 % de la

valeur totale. L'espèce à la croissance la plus rapide, en ordre d'importance économique, est le thon, dont la contribution au secteur était négligeable il y a vingt ans, mais dont les prises débarquées sont maintenant près de 35 fois plus nombreuses qu'alors (tableau 2).

TABLEAU 2 : Composition changeante de la pêche de capture en Colombie-Britannique, de 1990 à 2011 (Stroomeer et Wilson, 2013). « Proportion de la valeur totale » indique la proportion (en %) de la contribution de chaque espèce au produit intérieur brut (PIB) réel de la pêche de capture d'espèces sauvages.

Espèces	Proportion de la valeur totale, 2011 (en %)	Proportion de la valeur totale, 1990 (en %)	Changement dans le PIB réel par rapport à 1990 (en %)
Saumon	13,4	55,3	-82,5
Flétan	13,2	4,4	116,1
Panopes et palourdes	12,4	3,4	166,3
Crevettes	11,9	2,0	327,1
Crabe	9,4	2,0	249,5
Thon	8,3	0,2	3 487,5
Morue charbonnière	7,9	4,1	40,2
Sébaste	7,5	3,3	67,7
Autres poissons démersaux	5,5	3,9	1,1
Merluche	4,8	2,7	28,9
Autres (non démersaux)	4,6	1,7	98,7
Hareng	1,1	17,1	-95,3
Total	-	-	-27,6
Tous les poissons démersaux	39,0	18,4	53,3

Il est important de remarquer que les prises de poissons démersaux ont peu de chances, à elles seules, de permettre à la pêche de capture en Colombie-Britannique d'enregistrer des valeurs semblables à celles qu'elle a connues au début des années 1990. Le cycle reproducteur plus long de ces poissons en est la raison. Par exemple, il faut au flétan de deux à trois fois plus de temps qu'au saumon pour atteindre la maturité sexuelle (entre 8 et 12 ans). Le flétan peut également vivre dix fois plus longtemps que le saumon, soit plus de 50 ans (Forsberg, 2013), et son potentiel reproducteur augmente avec sa taille, ce qui signifie que la capture d'un gros poisson a une plus grande incidence sur le remplacement des stocks.

À mesure que la répartition des espèces le long de la côte Ouest de l'Amérique du Nord se déplacera vers le nord en réaction aux changements climatiques, de nouvelles espèces deviendront accessibles et la disponibilité des espèces actuelles changera, de façon à offrir de nouvelles possibilités aux pêcheurs de la Colombie-Britannique. Il est également possible que ces changements créent des problèmes au niveau de la gestion transfrontalière des espèces qui migrent entre les eaux canadiennes et américaines. La gestion coopérative de nouveaux stocks internationaux économiquement importants peut devenir une considération majeure par rapport à l'adaptation aux changements dans les répartitions des poissons le long de la côte Ouest de l'Amérique du Nord (étude de cas 2).

ÉTUDE DE CAS 2

PÊCHES TRANSFRONTALIÈRES : LE CAS DE LA SARDINE DU PACIFIQUE

Le droit exclusif d'un pays de gérer et de conserver les ressources halieutiques dans sa zone économique exclusive (ZEE) a été accordé par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS) de 1982. Même si ce droit revient, du point de vue juridique, à chaque pays côtier, d'importants défis peuvent être soulevés lorsqu'il s'agit de la conservation et de la gestion des stocks de poissons transfrontaliers (c.-à-d. les stocks dont la répartition ou la migration chevauche les ZEE de plus d'un pays (Nations Unies, 1982). Dans ces cas, les tentatives unilatérales de conservation et de gestion d'un stock de poisson transfrontalier engendrent généralement une dissipation des avantages économiques et une augmentation des risques d'épuisement de la ressource (Miller *et al.*, 2004; Munro, 2007). La gestion non coopérative entraîne ce que l'on a baptisé la « tragédie de la pêche incontrôlée » (Sumaila, 2013) parce qu'elle produit des résultats économiques et écologiques inférieurs à ceux des solutions coopératives (Herrick *et al.*, 2006; Bailey *et al.*, 2010). Toutefois, il

existe dans le monde de nombreux cas dans lesquels un nombre limité de pays a réussi à négocier la conservation et la gestion coopératives d'un stock partagé (Clark, 1990; Sumaila, 1999).

La sardine du Pacifique (*Sardinops sagax*) est un stock de poisson transfrontalier actuellement pêché uniquement par le Canada, les États-Unis et le Mexique sans entente coopérative (Ishimura *et al.*, 2012). La sardine du Pacifique est un petit poisson pélagique qui se rassemble en bancs et dont l'abondance et la répartition dans l'écosystème du courant de Californie (ECC) sont fortement influencées par la variabilité du climat (Hill *et al.*, 2006) et donc sensibles aux changements climatiques. Au cours du XX^e siècle, le stock nordique de ce poisson a fait preuve de fluctuations extrêmes dans son abondance et sa répartition, que l'on a attribuées principalement à la variabilité du climat inhérente au ECC (Norton et Mason, 2005; Herrick *et al.*, 2006). Au cours des années 1970, le passage de l'ECC à un régime froid et une surpêche ont entraîné l'effondrement du stock, la fermeture de cette pêche et l'inscription de l'espèce parmi les espèces en voie de disparition au Canada. Au cours des années 1980, le passage à un régime chaud conjugué à l'adoption de mesures de conservation en Californie a permis à la population de sardines de se rétablir au point d'atteindre les niveaux traditionnels, de façon à permettre la réouverture de cette pêche au milieu des années 1980.

PÊCHE SPORTIVE (RÉCRÉATIVE)

La pêche sportive est le secteur des pêches qui apporte la plus importante contribution au PIB provincial et se divise entre la pêche sportive en eau salée (environ 60 %) et la pêche sportive en eau douce (environ 40 %). Le nombre de pêcheurs en eau à marées (eau salée) est passé de quelque 145 000 en 2000 à 166 000 en 2010, alors que le nombre de pêcheurs en eau douce s'est maintenu à environ 236 000 pendant la même période (MPO, 2011a). Les recettes tirées de ce secteur proviennent en grande partie du processus de la pêche plutôt que des poissons eux-mêmes. Pour cette raison, il y a chevauchement entre les contributions au PIB attribuées à la pêche sportive et à l'industrie du tourisme. Par conséquent, toute discussion sur l'impact potentiel des changements climatiques sur la pêche sportive doit porter non seulement sur la disponibilité et la répartition des poissons eux-mêmes mais également inclure la question de l'accessibilité et le coût des possibilités de pêche sportive.

Le saumon du Pacifique est une source majeure de revenus pour l'industrie de la pêche sportive. Ce poisson est recherché tant par les pêcheurs locaux que par les touristes et les efforts de pêche se concentrent principalement dans le sud de la province. Il est possible qu'un déplacement vers le nord de l'aire de répartition du saumon, pouvant donner lieu à un changement dans le nombre de saumons dans les eaux longeant sud de la côte, ait un impact considérable sur ce secteur. Cela s'explique par l'accessibilité moindre des forfaits de pêche dans le nord de la côte et par une réduction potentielle des dépenses en équipement de pêche au saumon dans la partie sud de la province.

PÊCHES DES PREMIÈRES NATIONS

On dispose de peu de données empiriques sur les pêches des Premières nations, à l'exception d'un petit nombre d'études communautaires (p. ex. Weinstein et Morrell, 1994; Jacob *et al.*, 2010), et peu de ces renseignements sont disponibles dans le domaine public. Les données sont rares sur les espèces prélevées et le nombre de prises, sur la répartition et l'utilisation de ces prises, sur les besoins actuels et les besoins changeants prévus des collectivités de même que sur la contribution en nature de ces pêches aux moyens de subsistance locaux.

Il existe deux catégories principales de pêches des Premières nations : la pêche de subsistance (c.-à-d. alimentation, ou traditionnelle) et la pêche commerciale. Les données disponibles semblent indiquer que la pêche de subsistance compte pour environ 1 % des prises marines totales dans la région du Pacifique (Campbell *et al.*, 2014). Toutefois, la véritable valeur de ces pêches dépasse de beaucoup ce que l'on peut représenter par des mesures comme la contribution au PIB et les recettes. Comme dans l'Arctique, la pêche de subsistance sert à renforcer la résilience de la collectivité aux changements environnementaux (p. ex. Nuttall, 2001; Smit et Wandel, 2006) et revêt une grande importance culturelle, puisqu'elle crée et renforce des liens familiaux et sociaux (Wenzel, 1991; Weinstein et Morrell, 1994; Berkes et Jolly, 2002; Lee, 2002).

Les prises de subsistance comptent pour une proportion importante (jusqu'à un tiers) des recettes en nature pour les Premières nations le long de la côte nord-ouest de l'Amérique du Nord (Vadeboncoeur et Chan, travaux en cours). La perte de l'accès aux sources d'aliments traditionnelles ou sauvages a été liée à la fois aux coûts accrus des soins de santé attribuables aux changements dans l'alimentation (généralement l'adoption de régimes alimentaires de moindre valeur nutritive) et au stress social psychologique découlant du déménagement qui peut accompagner la perte d'une partie importante des moyens de subsistance (p. ex. Callaway, 1995; Bjerregaard et Young, 1999; McGrath-Hanna *et al.*, 2003; Évaluation de l'impact du changement climatique dans l'Arctique, 2005).

L'Assemblée des Premières nations de la Colombie-Britannique a défini des étapes en vue de maintenir la viabilité des pêches commerciales des Premières nations, qui ne disposent souvent pas de la mobilité sur l'eau dont jouissent les flottes commerciales. Les bateaux employés pour ces pêches tendent à être beaucoup plus petits que ceux des exploitations commerciales à grande échelle, ce qui limite leur autonomie. Les stratégies de gestion des pêches des Premières nations comprennent, par exemple, la gestion des ressources aquatiques axée sur l'écosystème, la conservation de l'habitat et les négociations concernant les allocations de poissons.

Les deux catégories de pêches des Premières nations, en particulier dans le sud de la Colombie-Britannique, peuvent être fortement touchées à mesure que les aires de répartition des espèces abondantes comme le saumon, le hareng et l'eulakane se déplacent vers le nord. Les changements au moment et à l'importance des migrations anadromes des saumons peuvent également poser des problèmes aux pêcheurs des Premières nations dont les activités culturelles et les méthodes de conservation du poisson peuvent être sensibles à ces changements (Jacob *et al.*, 2010). Les négociations en cours qui ont lieu entre les Premières nations et le gouvernement fédéral ont pour objet d'aider à corriger ce problème en faisant passer graduellement certaines pêches entreprises par des exploitations commerciales non

autochtones sous contrôle autochtone (McRae et Pearce, 2004; BC Assembly of First Nations, 2007). Des efforts sont en cours afin de mieux cerner le degré de vulnérabilité des Premières nations aux changements climatiques et l'élaboration de stratégies d'adaptation (encadré 2) fait également l'objet d'études.

4.2 IMPACTS ET RÉACTIONS COMMUNAUTAIRES

L'élévation du niveau de la mer représente une menace à long terme en augmentant le risque d'inondation côtière. Toutefois, elle augmente également l'impact potentiel des inondations dues à une marée de tempête (p. ex. dommages aux infrastructures sublittorales) parce qu'une plus grande profondeur des eaux sublittorales fait augmenter la hauteur et l'énergie des vagues lorsqu'elles frappent les structures côtières. L'importance des inondations dues à une marée de tempête est liée à la vitesse et à la durée du vent, la longueur de portée (soit la longueur de temps que les vagues peuvent se déplacer de manière ininterrompue avant de se briser sur la grève) et la pression atmosphérique (voir le chapitre 2). Par conséquent, même si l'élévation du niveau de la mer comme telle présente des risques, la combinaison de niveaux d'eau extrêmement élevés et de tempêtes présente elle le plus grand potentiel de destruction.

Les coûts humains et économiques des conditions météorologiques extrêmes ont augmenté en Colombie-Britannique au cours des 40 dernières années (tableau 3; Sécurité publique Canada, 2013). On s'attend à ce que cette tendance se maintienne tant que continueront d'augmenter la fréquence ou l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes, comme les rivières atmosphériques.

4.2.1 LA CÔTE AMÉNAGÉE

Les efforts déployés récemment dans le but de préparer le littoral aux impacts des changements climatiques ont principalement portés sur le phénomène de l'élévation du niveau de la mer. D'autres phénomènes, comme les rivières atmosphériques, sont associés à des dangers comme des inondations susceptibles d'endommager les routes, les digues et les propriétés privées, mais on comprend moins bien la gravité et la répartition des risques connexes. Par conséquent, cette section met principalement l'accent sur l'élévation du niveau de la mer.

Il existe plusieurs approches de la protection des côtes que les collectivités peuvent envisager et, compte tenu de la lenteur relative de l'élévation du niveau de la mer, il est possible d'intégrer l'adaptation dans les plans à long terme existants touchant l'infrastructure et la collectivité. Les options d'adaptation sont généralement divisées en cinq catégories (voir le chapitre 3) qui mettent principalement l'accent sur les options permettant de composer avec les changements survenant à l'environnement physique :

- Protection (p. ex. mesures de protection structurelles (rigides) comme les digues littorales et les ouvrages longitudinaux et les mesures de protection non structurelles (souples) comme la recharge des plages et le rétablissement de la végétation sublittorale);
- Accommodements (p. ex. bâtiments surélevés, prestation d'autres routes de transport);
- Évitement et retrait (p. ex. retrait de structures à risque élevé et prévention de toute nouvelle construction dans les zones inondables);
- Absence d'intervention active (c.-à-d. la décision de ne prendre aucune mesure suite à l'examen des renseignements disponibles);
- Préparation aux situations d'urgence (p. ex. systèmes d'alerte rapide, préparation à l'évacuation, intervention en cas de catastrophe).

ENCADRÉ 2

ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES COLLECTIVITÉS CÔTIÈRES DES PREMIÈRES NATIONS EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

Les impacts des changements climatiques touchent déjà les collectivités autochtones de tout le Canada. Le programme d'adaptation aux changements climatiques d'Affaires autochtones et Développement du nord Canada appuie l'élaboration de renseignements et d'outils pertinents au niveau communautaire afin de permettre aux collectivités, aux gouvernements et aux organismes autochtones d'évaluer les vulnérabilités aux changements climatiques et de mettre au point des plans d'adaptation. Le programme met l'accent sur le renforcement de la capacité et l'atténuation des impacts liés à l'érosion côtière, à l'élévation du niveau de la mer, à la qualité et la quantité de l'eau potable, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécurité alimentaire et à la gestion des urgences. Certaines collectivités côtières des Premières nations de la Colombie-Britannique sont au nombre des participants au programme. Par exemple, le Conseil de bande de Hartley Bay et la Première nation Semiahmoo ont réalisé des évaluations de la vulnérabilité aux changements climatiques de même que des plans d'adaptation en adoptant une approche holistique qui tient compte des changements aussi bien dans le milieu biophysique que le milieu socioculturel. Le Conseil de bande de Hartley Bay (territoire Gitga'at, situé dans le nord-ouest de la côte britanno-colombienne) a déterminé que les changements futurs touchant les espèces marines et terrestres sont un facteur clé influant sur la disponibilité des sources d'aliments traditionnelles. La Première nation Semiahmoo (sud-ouest de la côte de la Colombie-Britannique) a évalué la vulnérabilité des infrastructures et la capacité de la communauté de relever ces défis. L'évaluation mettait particulièrement l'accent sur le système d'approvisionnement en eau et de distribution de l'eau, le système d'égout, l'accès routier et le risque d'inondation. La Première nation Semiahmoo a proposé des mesures d'adaptation spécifiques qui peuvent corriger les principales vulnérabilités cernées.

TABLEAU 3 : Quarante ans de phénomènes météorologiques extrêmes en Colombie-Britannique (Sécurité publique Canada, 2013). Les événements météorologiques comprennent les avalanches, les épisodes froids, les sécheresses, les inondations, les orages géomagnétiques, les épisodes chauds, les marées de tempête, les orages, les orages violents, les tornades, les feux de friches et les tempêtes hivernales.

Années	Nombre moyen de catastrophes* par an	Nombre moyen de phénomènes seuils** par an	Coût total normalisé par an des phénomènes seuils (en millions of 2010 \$)	Décès par an	Personnes évacuées par an
1970–1980	1,3	0,6	29,9	2,5	345
1981–1990	1,5	0,5	14,3	4,6	64
1991–2000	2,5	1,1	42,7	1,5	2 296
2001–2012	2,3	0,8	54	14	4 899

* Phénomènes inscrits sous la rubrique « catastrophes météorologiques » en Colombie-Britannique dans la Base de données canadienne sur les catastrophes.

** Phénomènes causant des dommages d'une valeur dépassant 1 million de dollars de 2010.

Les mesures de protection structurelles sont souvent coûteuses. Toutefois, des données indiquent que le coût de l'adaptation sera inférieur aux coûts engendrés par l'inaction. Par exemple, on prévoit que l'amélioration des digues de Metro Vancouver afin de protéger la collectivité contre une élévation d'un mètre du niveau de la mer coûtera environ 9,5 milliards de dollars (Delcan, 2012), mais protégera des actifs d'une valeur estimée à 33 milliards de dollars qui s'y trouvent exposés (Hallegatte et al., 2013). Dans plusieurs cas, les mesures de protection non structurelles peuvent s'avérer moins coûteuses que les mesures de protection structurelles tout en offrant des avantages semblables en matière de protection. Par exemple, la Ville de West Vancouver a entrepris un projet pilote de disposition de blocs rocheux sous la ligne de marée basse qui réussit à atténuer l'impact des vagues (section 4.2.2).

Les mesures d'accommodement cherchent à réduire le risque de danger tout en permettant aux humains de continuer d'utiliser l'infrastructure, les terres et les eaux. Généralement, l'accommodement permet des impacts occasionnels et à court terme (p. ex. impacts des tempêtes ou des inondations saisonnières), et constitue une intervention appropriée lorsque le côté pratique de la protection des actifs côtiers n'en vaut pas le coût ou lorsque l'efficacité des mesures de protection serait relativement de courte durée. Les mesures d'accommodement sur la côte peuvent faire appel à un éventail de mesures comme la protection des marais salés locaux ou l'utilisation restreinte de zones désignées.

Les mesures d'évitement et de retrait comprennent des approches telles que la désignation de zones dangereuses où la construction est interdite et le rachat de propriétés dans les zones de risque.

Même si la décision de n'exécuter aucune mesure d'adaptation (ne rien faire) peut être une option valide (p. ex. lorsque les renseignements sont insuffisants ou que les données n'indiquent aucun danger), on recommande que ces décisions soient révisées dès que de nouveaux renseignements deviennent disponibles.

Chaque collectivité a des besoins uniques et l'éventail des mesures appropriées doit être étudié cas par cas, en tenant compte des facteurs climatiques et autres. Une planification proactive s'impose puisque le coût de l'adaptation peut être réduit lorsque cette dernière est intégrée à d'autres activités en cours, comme les calendriers d'entretien des infrastructures. Par exemple, il est moins coûteux de déplacer un égout lorsque les conduites atteignent la fin de leur vie utile que de l'enlever ou le mettre hors

service alors qu'il fonctionne bien. La plupart des plans d'adaptation comprendront un certain nombre d'initiatives provenant d'une ou plusieurs des catégories d'options, dont le choix est fait en fonction de leur capacité à pallier un éventail de vulnérabilités et de risques locaux susceptibles de changer au fil du temps.

Le type d'infrastructures de protection côtière qu'une collectivité choisit peut avoir une incidence marquée sur les écosystèmes sublittoraux. Les mesures de protection structurelles peuvent provoquer une compression côtière (voir le chapitre 3) et modifier les habitats marins en conséquence des changements provoqués dans l'énergie des vagues et les courants locaux (p. ex. Dugan et al., 2008; Dawson et al., 2009; Bulleri et Chapman, 2010). Il se peut aussi que certaines formes d'adaptation peuvent faciliter l'intégrité écologique, y compris les efforts qui réduisent le recours à des mesures de protection structurelles. La protection des caractéristiques géomorphologiques et des habitats naturels côtiers existants (Katsanevakis et al., 2011) et l'application des principes de conservation écologique peuvent aider à réduire les impacts des tempêtes aussi bien que de l'élévation du niveau de la mer (p. ex. Borsje et al., 2011).

Les fortes précipitations comme celles associées aux rivières atmosphériques présentent des difficultés en matière de planification de l'adaptation dans de nombreuses collectivités côtières. Cela s'explique par le fait que les structures bâties en vue de réduire l'impact des inondations côtières (p. ex. digues) pourraient nuire au fonctionnement de l'infrastructure de gestion des eaux pluviales. Par exemple, les digues pourraient poser un problème pour les systèmes de drainage par gravité dont les conduites d'écoulement ont été submergées, permettant à l'eau de remonter et de s'accumuler du côté des terres. Le potentiel de précipitations plus intenses peut exiger une capacité de pompage plus élevée, des conduites d'écoulement plus larges et le déplacement des conduites d'évacuation des eaux pluviales.

Divers documents d'orientation touchant l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer sont à la disposition des gouvernements locaux (p. ex. *Plan2Adapt, Climate Action Tool*), qui ont également le pouvoir de réglementer l'exposition aux risques d'inondation au moyen de règlements administratifs (BC Ministry of Environment, 2004). Des alliances entre les gouvernements locaux et d'autres organismes, en particulier des universités et des ONG, ont aidé les municipalités à accéder à des experts des domaines scientifique et technique afin de mieux éclairer leur planification de l'adaptation.

Les efforts d'adaptation peuvent produire des avantages tangibles, comme l'expansion des habitats fauniques et l'amélioration de la biodiversité. La détermination des avantages est importante parce que ces avantages peuvent être jugés en fonction de leurs coûts et des préoccupations des résidents locaux, qui peuvent être très attachés à des caractéristiques particulières de leur collectivité, comme dans le cas de la planification de l'adaptation à Qualicum Beach (section 4.2.2).

4.2.2 ÉTUDES DE CAS COMMUNAUTAIRES PORTANT SUR L'ADAPTATION

Cette section présente un éventail d'approches adoptées par des collectivités de toute la côte de la Colombie-Britannique (figure 9) afin de s'adapter aux changements climatiques. Les études de cas, présentées en ordre alphabétique, sont suivies d'un résumé des leçons retenues de leurs expériences.

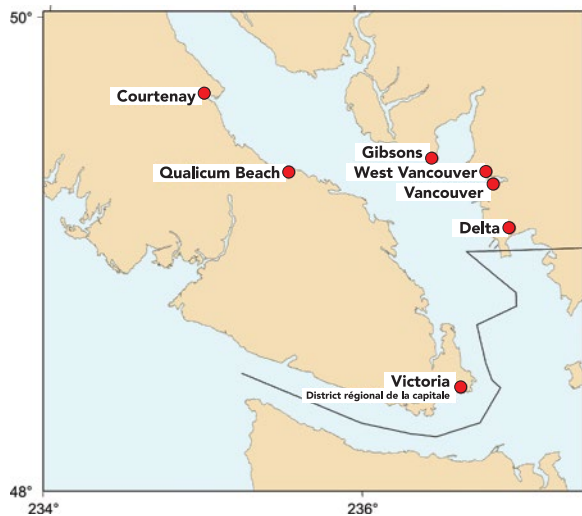


FIGURE 9 : Emplacements des études de cas communautaires.

ÉTUDE DE CAS 3

DISTRICT RÉGIONAL DE LA CAPITALE : PLANIFICATION ENTREPRISE PAR LE GOUVERNEMENT RÉGIONAL EN VUE DE L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER

(Nikki Elliot, gestionnaire, Programme d'action climatique, District régional de la capitale)

Situé à la pointe sud de l'île de Vancouver, le District régional de la capitale (DRC) est le gouvernement régional de 13 municipalités et 3 circonscriptions, y compris la capitale provinciale, Victoria. Les inondations causées par les marées de tempête constituent déjà un risque pour le DRC (figure 10). On s'attend à ce que le potentiel d'inondation d'infrastructures et de propriétés résiden-



FIGURE 10 : Marée de tempête de décembre 2010 dans le District régional de la capitale (photo gracieusement du District de Saanich).

tielles, commerciales, institutionnelles et municipales dans le DRC augmente au même rythme que s'élève le niveau de la mer. En vue de réduire les vulnérabilités et les risques liés au climat, le Programme d'action climatique (Climate Action Plan) du DRC dirige un projet visant à mieux informer les municipalités qui en sont membres et les autres intervenants au sujet des répercussions de l'élévation du niveau de la mer.

Le Programme d'action climatique du DRC a été établi par règlement en 2008 et sert les municipalités en faisant fonction de ressource, de noyau et de facilitateur sur les questions d'atténuation des changements climatiques et d'adaptation à ces mêmes changements. Travaillant en partenariat avec les secteurs public, privé et sans but lucratif, le Programme d'action climatique appuie les changements au niveau des politiques, de la planification, de l'infrastructure et du comportement nécessaires afin de créer une région résiliente et à faibles émissions de carbone.

À la fin de 2013, le DRC lançait son projet de Coastal Sea-Level Rise Risk Assessment (Évaluation des risques côtiers liés à l'élévation du niveau de la mer) à titre de première étape vers la compréhension des répercussions de l'élévation du niveau de la mer dans la région de la capitale. La tâche principale de ce projet consistait à cerner et à cartographier les zones potentiellement vulnérables à l'élévation du niveau de la mer. La cartographie s'appuyait sur le rapport *Coastal Floodplain Mapping – Guidelines and Specifications Report* (cartographie des plaines inondables côtières – rapport portant sur les lignes directrices et les spécifications) réalisé en juin 2011 en Colombie-Britannique. L'analyse se concentrait sur 24 zones choisies en raison de la possibilité relativement élevée d'inondations futures prévues ou en fonction de la présence d'actifs communautaires clés. Une évaluation des actifs publics et privés dans ces zones a alors été entreprise en vue d'aider les gouvernements locaux à comprendre les risques économiques possibles que peuvent entraîner les inondations côtières.

Ce projet a fourni au CRD et à ses municipalités :

- Une carte montrant les niveaux d'inondation potentiels dans chaque zone d'intérêt;
- Une analyse de la profondeur prévue des inondations;
- La superficie et le pourcentage des principales utilisations du terrain dans les zones d'intérêt;
- Un sommaire des infrastructures et actifs publics dans les zones d'intérêt;
- La valeur totale des infrastructures et bâtiments publics et privés dans les zones d'intérêt;
- Une description des caractéristiques physiques du littoral dans les zones d'intérêt;
- Trois études de cas sur les coûts potentiels de l'élévation du niveau de la mer en termes de perturbations (zones commerciales, zones résidentielles et corridor de transport).

Ces renseignements fournissent aux municipalités des données à une échelle spatiale suffisamment détaillée pour leur permettre de comprendre facilement les impacts des changements climatiques au niveau local.

À partir des résultats du projet d'Évaluation des risques côtiers liés à l'élévation du niveau de la mer, le Programme d'action climatique du DRC et ses partenaires se sont lancés dans un projet visant à recueillir, à évaluer et à partager des approches possibles à la planification, à la réglementation et aux considérations structurelles, permettant ainsi d'aborder la question de l'élévation du niveau de la mer avec les employés municipaux de l'ensemble de la région.

ÉTUDE DE CAS 4

VILLE DE COURTENAY : COORDINATION MULTI-NIVEAUX AUX FINS DE GESTION DES INONDATIONS CÔTIÈRES

(Allan Gornal, analyste des mesures climatiques, Nancy Hofer, planificatrice environnementale et Craig Armstrong, ingénieur, Ville de Courtenay)

La Ville de Courtenay, comme d'autres collectivités de la côte est de l'île de Vancouver, aborde la question des risques accrus d'inondation découlant des changements climatiques. Les crues majeures des rivières Courtenay et Tsolum en novembre 2009 et janvier 2010 ont perturbé la capacité de transport et d'intervention d'urgence, ce qui a poussé les autorités de la ville à agir (figure 11).

La planification de l'adaptation a débuté dès que la demande présentée par la Ville en vertu du Programme de protection contre les inondations de la Colombie-Britannique a été acceptée. Ces fonds ont servi :

- À mettre à jour la carte de la plaine inondable;
- À élaborer un modèle hydraulique dans le but de prévoir les élévations d'inondations en fonction de divers scénarios environnementaux;



FIGURE 11 : Crue de la rivière Courtenay, 2010 (photo gracieuseté de la Ville de Courtenay).

- À étudier les options d'atténuation des risques d'inondations (approches rigides et souples);
- À élaborer de manière générale une étude de gestion intégrée des inondations;
- À concevoir et à construire des ouvrages de protection contre les inondations.

Deux scénarios d'impact des changements climatiques ont été étudiés. Le premier présumait une élévation du niveau de la mer de un mètre d'ici 2100, conformément aux Guidelines for Management of Coastal Flood Hazard Land Use (lignes directrices pour l'utilisation des terres en vue de gérer le danger d'inondation côtière; Arlington Group Planning et al., 2013), de même qu'une augmentation de 15 % du débit de pointe des rivières d'ici 2100, d'après les lignes directrices sur les dangers d'inondation émises par la Association of Professional Engineers and Geoscientists de la Colombie-Britannique (Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia, 2012). Le deuxième scénario étudiait les changements qui auraient lieu entre 2100 et 2200, et comprenait une élévation supplémentaire d'un mètre du niveau de la mer et une augmentation supplémentaire de 15 % du débit de pointe des rivières.

L'analyse de ces scénarios a éclairé une étude sur la gestion intégrée des inondations (Ville de Courtenay, 2014), qui présentait une série d'options d'atténuation des risques liés aux inondations. L'étude comprenait des options de protection structurelle (p. ex. digues et murs de protection contre les crues), des mesures d'amélioration de l'infrastructure (p. ex. systèmes terrestres de dispersion des eaux d'inondation et augmentation du volume des aires de rétention d'eau) et des approches d'accommodement et d'évitement/retrait, comme le changement de zonage, la modification des niveaux de contrôle des inondations pour tenir compte des risques posés par l'élévation du niveau de la mer, et la restriction de l'aménagement de zones désignées comme des zones de risque. Les approches de la planification et de la gestion des inondations exigeront sans doute le recours à une combinaison de ces options, après consultation auprès de la collectivité.

Parmi les travaux en cours, on note l'élaboration du plan de gestion de l'estuaire K'ómoks, qui fournira un cadre stratégique pour les multiples compétences bordant l'estuaire (y compris la Première

nation K'ómoks, le District régional de Comox Valley, la Ville de Courtenay, la Ville de Comox, Pêches et Océans Canada et d'autres autorités). Les objectifs du plan sont d'établir des lignes directrices à court et à long terme pour les activités humaines dans l'estuaire, de réduire ou d'empêcher les impacts négatifs de la mise en valeur ou des activités humaines sur la qualité de l'eau et sur les écosystèmes aquatiques et terrestres, de même que de restaurer les habitats dégradés et protéger les habitats existants. Le plan fournit des orientations stratégiques s'appliquant à de nombreuses activités dans l'estuaire, y compris la protection du patrimoine culturel et de la qualité de l'eau, la gestion de la faune et l'utilisation des espaces de loisirs et des espaces verts, de même que des lignes directrices en matière de développement urbain, de navigation et de dragage, de stockage et de manipulation des billots, d'agriculture et d'aquaculture. Le plan est une composante importante d'une stratégie intégrée de gestion des inondations qui soulignera les répercussions possibles que des changements au niveau de l'utilisation des terres auront aussi bien sur la collectivité que sur les écosystèmes locaux, et facilitera la coordination multiniveaux nécessaire en vue d'assurer la réussite de la gestion d'une plaine inondable qui tranverse les frontières des gouvernements locaux.

Les éléments du plan qui aident à atténuer les impacts des changements climatiques sont les suivants :

- Règlements coordonnés de cartographie et de gestion de la plaine inondable entre toutes les compétences gouvernementales locales, qui tiennent compte des changements possibles dans le niveau de la mer;
- Retraits homogènes dans les règlements de zonage;
- Lignes directrices homogènes dans la zone des permis d'aménagement en ce qui concerne le site et la conception du bâtiment eu égard aux retraits et aux zones tampons.

ÉTUDE DE CAS 5

CORPORATION DE DELTA : COMPOSER AVEC L'INCERTITUDE

(Angela Danyluk, agente principale en environnement, Corporation de Delta)

Delta est une collectivité côtière de faible altitude d'environ 100 000 personnes, située sur l'estuaire du fleuve Fraser (figure 12). Cette région écologiquement importante fait partie de la voie migratoire du Pacifique, une aire de conservation qui fournit un habitat à des millions d'oiseaux chanteurs, de sauvagines et de rapaces qui y passent l'hiver. Elle est constituée d'une grande zone intertidale, comprenant des terres humides, des herbiers de zostère et des terres agricoles, qui abrite des populations d'invertébrés marins et de saumon côtier (Hill *et al.*, 2013), de même que la tourbière Burn's Bog, une zone protégée comprenant une rare tourbière haute qui revêt une grande importance écologique et culturelle.

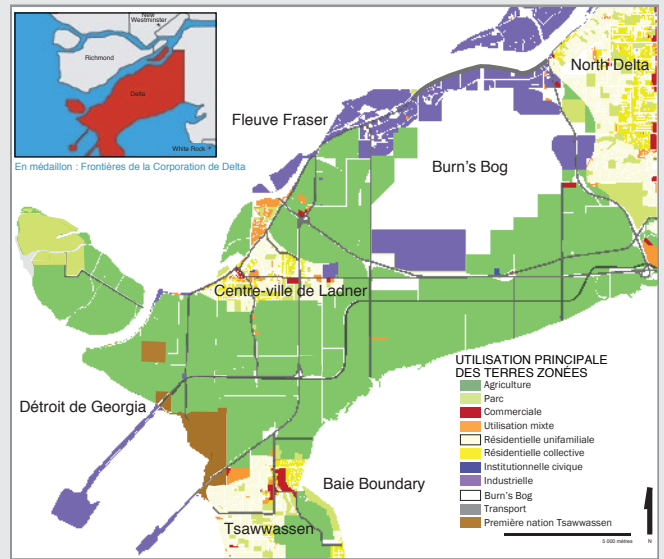


FIGURE 12 : Carte de l'utilisation des terres de la Corporation de Delta créée par la Collaborative for Advanced Landscape Planning (CALP) de l'Université de la Colombie-Britannique. Crédit image de la carte : G. Canete. Source de l'image pour le carton intérieur : http://en.wikipedia.org/wiki/File:GVRD_Delta.svg.

L'écosystème aquatique entourant cette collectivité peut, dans une certaine mesure, être résilient aux changements climatiques parce que des espèces importantes comme la zostère se déplaceront probablement vers les terres à mesure que le niveau de la mer s'élèvera. Les terrains marécageux et les vasières locaux pourraient être érodés et voir leur superficie diminuée, mais de nouveaux processus d'accrétion pourraient compenser ces changements (Hill *et al.*, 2013). Les inondations posent un grand danger pour la collectivité humaine. Quelque 35 000 résidents sont considérés comme étant très vulnérables aux inondations, de même qu'environ 9 400 hectares de terres agricoles (BC Agriculture and Food, 2013b) et des installations d'infrastructure majeures, y compris des terminaux maritimes (terminaux charbonniers et pour conteneurs du banc Roberts), les voies ferrées desservant ces terminaux et le terminal le plus achalandé de la BC Ferries, Tsawwassen.

Deux grandes routes en remblai franchissant le banc Roberts, un grand haut-fond sous-marin qui fournit un habitat au saumon pendant les premières étapes de sa vie, relèvent de la compétence de la Corporation de Delta. La première route en remblai assure un lien ferroviaire avec le plus important centre d'exportation de charbon du Canada—le terminal Westshore. La seconde route en remblai assure la connexion avec le terminal Tsawwassen de BC Ferries. La gare maritime gère environ 8 millions de voyages de passagers par an sur des itinéraires vers Victoria, Nanaimo et les îles Gulf. Ces routes en remblai et les installations de transport connexes, de même qu'un réseau de digues de protection et l'environnement bâti sublittoral, représentent l'infrastructure existante de Delta qui est le plus directement exposée aux menaces posées par l'élévation du niveau de la mer et les tempêtes. Les Tsawwassen Commons, un projet de développement commercial et résidentiel majeur situé entre les deux routes en remblai sur des terres appartenant à la Première nation

Tsawwassen, est en construction et sera également à risque. Les vagues deviendront de plus en plus puissantes à mesure que l'élévation du niveau de la mer fera augmenter la profondeur de l'eau recouvrant le banc Roberts, exerçant un stress plus grand sur les infrastructures et les écosystèmes côtiers. La planification en prévision de ces impacts a été un processus coopératif auquel les intervenants locaux ont participé (Hill et al., 2013).

Après les travaux visant à cerner les dangers physiques possibles posés par les changements climatiques (Hill et al., 2013), la Corporation de Delta a conclu un partenariat avec la Collaborative for Advanced Landscape Planning (CALP) de l'Université de la Colombie-Britannique afin d'encourager l'engagement du public. En utilisant les prévisions locales des changements climatiques et les données actuelles sur l'utilisation des terres, la CALP a dressé une carte des changements physiques prévus (figure 13) et a produit des visualisations pour aider à déterminer les options d'adaptation, et ce en fonction d'un éventail de scénarios futurs (figure 14). Puisque les visualisations utilisaient des données locales, elles dressaient un portrait clair de l'éventail des impacts sociaux, environnementaux et économiques auxquels sont confrontés la collectivité et ses infrastructures. Le partage des résultats avec les employés et les citoyens a stimulé la discussion sur les valeurs



53 % du territoire total de Delta pourraient être vulnérables à une inondation

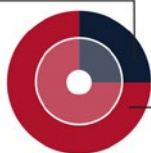
Aucune mesure d'adaptation requise 8 900 ha.



Mesure d'adaptation requise 10 200 ha.

25 % de la valeur totale des terres de Delta se trouvent dans la zone nécessitant une planification en fonction de l'élévation du niveau de la mer

Mesure d'adaptation requise 5,9 G \$



Aucune mesure d'adaptation requise 17,8 G \$

FIGURE 13 : Carte combinée de la vulnérabilité dans la Corporation de Delta (Barron et al., 2012).

communautaires, les possibilités et les solutions en réponse aux impacts des changements climatiques, améliorant du même coup le degré de sensibilisation et le renforcement de la capacité.

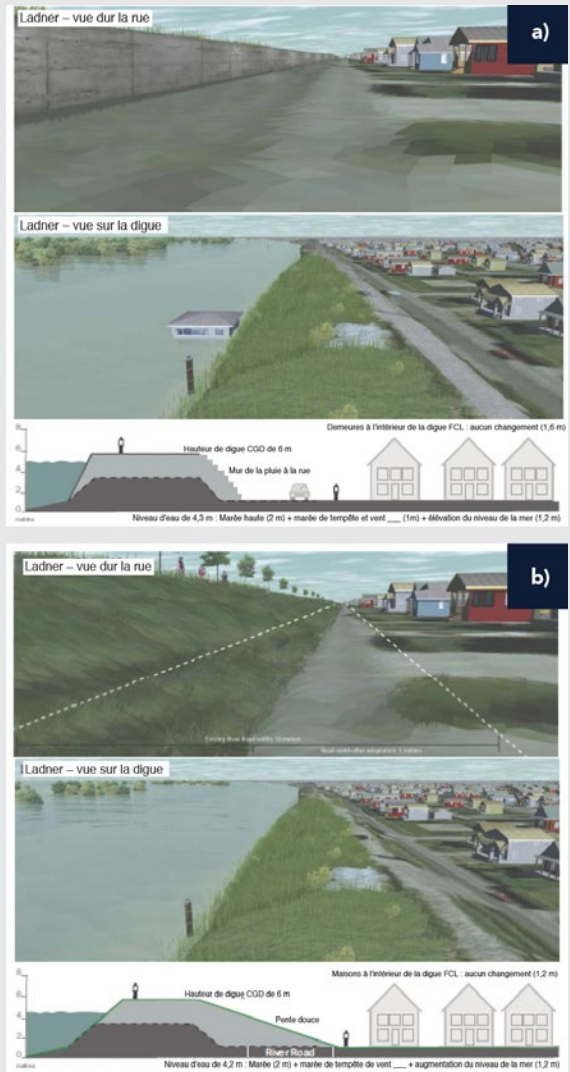


FIGURE 14 : Modèles visuels des options d'adaptation possibles. Les images montrent Ladner (une partie de la Corporation de Delta) avec une digue et une risberme plus grosses en 2100, étant donné une élévation du niveau de la mer (sea level rise) de 1,2 m. La digue a été renforcée en conséquence et les images montrent deux options de conception : **a)** un mur abrupt renforcé de béton qui maintiendrait l'emprise actuelle du chemin River, et **b)** une conception conventionnelle qui empiéterait sur la moitié de l'une des routes principales. Source : Corporation de Delta. Créée par la Collaborative for Advanced Landscape Planning (CALP), Université de la Colombie-Britannique.

Grâce à la meilleure compréhension des effets possibles de l'évolution du climat démontrée par les autorités de la Corporation de Delta, cette dernière s'est fait choisir comme l'un de trois projets pilotes agricoles d'adaptation aux changements climatiques (BC Agriculture and Food, 2013a). En partenariat avec les agriculteurs, le gouvernement provincial et le gouvernement fédéral, la Corporation de Delta travaille maintenant à mettre en œuvre les mesures recommandées. Le personnel de la Corporation prépare également une stratégie d'adaptation (dans le cadre du programme Building Adaptive & Resilient Communities [BARC]

d'ICLEI Canada) afin de protéger la collectivité contre les dangers d'inondation, de promouvoir la résilience agricole, d'améliorer la résilience des zones naturelles et des forêts urbaines, et d'assurer la santé et la sécurité des résidents.

ÉTUDE DE CAS 6

VILLE DE GIBSONS : PLANIFICATION DE L'ADAPTATION EN COLLABORATION AVEC UNE UNIVERSITÉ

(Michael Epp, [ancien] directeur de la planification, Ville de Gibsons; [actuel] planificateur, Ville de North Vancouver)

Les résidents et dirigeants de Gibsons, une ville de 4 400 habitants située sur la Sunshine Coast de la Colombie-Britannique (figure 15), ont l'habitude de poser des gestes proactifs lorsqu'il s'agit d'aborder les enjeux environnementaux. Toutefois, lorsque la Ville a amorcé des conversations communautaires sur les changements climatiques en 2009, ces derniers étaient perçus comme étant d'importance secondaire par rapport à d'autres préoccupations telles les finances municipales, l'infrastructure et le développement. L'impact des phénomènes météorologiques extrêmes récents a depuis modifié cette perception. La grave sécheresse de l'été 2012 a menacé les réserves d'eau et une marée de vives-eaux (les marées les plus hautes de l'année, qui se produisent près des solstices d'hiver et d'été) inhabituellement haute en décembre de la même année ont poussé les gens à reconnaître que l'élévation du niveau de la mer constitue une préoccupation à trancher dans l'immédiat. La Ville a déterminé qu'au cours des prochaines décennies, les nouvelles constructions devront tenir compte du niveau futur de la mer et que l'infrastructure municipale devrait être déplacée là si cela s'impose.



FIGURE 15 : Le Port de Gibsons vu des airs (photo gracieuseté de la Ville de Gibsons).

En 2011, la Ville de Gibsons est devenue un partenaire communautaire dans le cadre d'un projet de l'University Community Research Alliance (Alliance de recherche universités-communautés) visant à faire progresser la planification de l'adaptation aux changements climatiques dans les collectivités côtières. En conséquence de ce partenariat, la Ville dispose maintenant d'un modèle de l'ampleur potentielle des inondations associées à l'élévation du niveau de la mer (figure 16). La combinaison des données sur les terres et les propriétés et des données LiDAR disponibles avec les estimations de l'élévation du niveau de la mer d'ici 2100 a permis d'établir un modèle de l'ampleur potentielle des inondations côtières et du coût des actifs endommagés. Les estimations des impacts financiers des inondations liées à l'élévation du niveau de la mer et aux marées de tempête commencent à 20 millions de dollars.

Dans le cadre de son processus de planification stratégique de 2013, la Ville a décidé d'entreprendre au cours des prochaines années une évaluation systématique du littoral. Les données recueillies tireront parti des modélisations fournies par leurs partenaires de recherche et aideront à analyser les options en matière d'adaptation (p. ex. localisation des endroits où des mesures de protection pourraient s'avérer nécessaires, où les pentes sont instables et où des plantes naturelles pourraient aider à réduire les risques). Un examen complet du plan communautaire officiel, dont l'objet est d'orienter le développement futur de la Ville, est en cours et a servi à créer une occasion d'intégrer de manière plus générale des politiques d'adaptation climatique précises dans la planification communautaire. Cela permet aux mesures d'adaptation d'être prises en considération au même titre que les analyses coûts/avantages et du cycle de vie sur les infrastructures, qui font partie de l'examen du plan communautaire officiel.

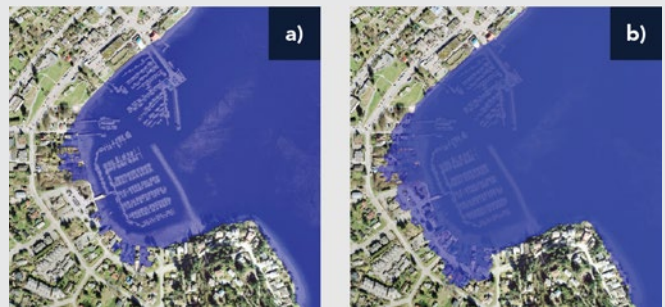


FIGURE 16 : Niveaux d'eau futurs prévus dans le port de Gibsons dans les conditions suivantes : **a)** élévation du niveau de la mer de 1 m et; **b)** élévation du niveau de la mer de 1 m (bleu foncé) et marée de tempête de 1,1 m (bleu pâle). La conduite d'égout principale de la ville est submergée dans les deux modèles, alors que trois îlots de propriétés à valeur élevée, une conduite de gaz et des installations de marina sont exposées aux effets des marées de tempête. (N. Vadeboncoeur, données non publiées, image de base de Google, 2015)

ÉTUDE DE CAS 7

QUALICUM BEACH : UNE APPROCHE DE L'ADAPTATION AXÉE SUR L'UTILISATION DES TERRES

(Luke Sales, directeur de la planification, Ville de Qualicum Beach)

Le front de mer joue un rôle important dans l'économie et l'identité sociale de la Ville de Qualicum Beach, située sur la côte orientale de l'île de Vancouver. Maintenir le caractère du front de mer de la Ville est une grande priorité. Historiquement, la Ville a adopté une approche réactive de la gestion des impacts des tempêtes dans la zone de balancement des marées, y compris la dégradation des écosystèmes, la perte de la plage, l'inondation du front de mer et les dommages subit par l'ouvrage longitudinal (figure 17). Cependant, Qualicum Beach en est maintenant à l'étape de la planification d'un Plan maître complet pour le front de mer qui comprendra la planification de l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer. Les travaux seront entrepris en deux étapes, la première visant à comprendre les aspects techniques et scientifiques du changement, et la seconde mettant l'accent sur la planification de la gestion du changement.

La première étape, achevée à la fin de 2014, consistait en une évaluation des conditions météorologiques, océanographiques et géomorphologiques locales et des processus dynamiques qui contrôlent la nature du front de mer de la ville. Cette analyse a fait la lumière sur les impacts précis des vagues, des tempêtes et des taux de transport des sédiments sur le littoral et sur le fait que différents secteurs du front de mer se comportent différemment.



FIGURE 17 : Promenade sur le front de mer de Qualicum Beach pendant une forte tempête hivernale en 2009 (photo gracieuseté de S. Tanner).

Par exemple, dans certains secteurs les sédiments se déplacent avec vigueur, entraînant une érosion rapide à certains endroits et s'accumulant ailleurs. Par contraste, le front de mer central (où sont concentrés les parcs et de nombreux services) présente très peu de signes d'érosion. Les résultats de la première analyse éclaireront la deuxième étape du projet, qui aidera à raffiner les approches de planification afin d'assurer un front de mer durable et résilient aux impacts des changements climatiques. Par exemple, la Ville envisage maintenant des approches « indirectes », notamment le renforcement graduel de son front de mer central au fil du temps comme mesure d'adaptation possible.

La deuxième étape du projet mettra l'accent sur la consultation publique et sur un examen détaillé des possibilités de restauration du littoral, d'utilisation des terres, de protection écologique, de tourisme, de construction d'infrastructures à l'intention des piétons et des cyclistes, de stationnement, d'élaboration de normes de conception, d'accès public et d'autres priorités communautaires. Les approches pluridisciplinaires de la planification côtière feront appel à des experts dans les domaines de la géomorphologie, de l'aménagement urbain et de la biologie côtière afin d'élaborer un plan complet dont l'objet sera d'assurer la durabilité de la collectivité.

Les buts du projet sont les suivants :

- améliorer auprès des intervenants la compréhension de l'écologie et des processus naturels intertidaux qui se manifestent à l'échelle locale
- cerner des stratégies afin de gérer l'interface intertidale sujette aux changements et minimiser les impacts cumulatifs sur le milieu côtier
- élaborer un plan maître complet pour le front de mer qui indique les stratégies et les mesures requises afin de s'adapter à l'élévation du niveau de la mer tout en maintenant les agréments
- élaborer des lignes directrices concernant les travaux sur le littoral qui peuvent être suivies par les propriétaires privés dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion du littoral.

Même si le projet offre à la collectivité la possibilité d'améliorer le front de mer dans l'intérêt des générations futures, le processus sera sans doute empreint d'émotion et certains membres de la collectivité le perçoivent comme une menace pour les propriétaires d'habitations et de commerces sur le front de mer. Pendant la deuxième étape, la Ville lancera un dialogue à propos de ces préoccupations et évaluera la rétroaction de la collectivité sur l'éventail des options présentées.

ÉTUDE DE CAS 8

VILLE DE VANCOUVER : PRÉPARER UNE VILLE TRÈS DENSÉMENT PEUPLÉE À L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER

(Tamsin Mills, [ancienne] planificatrice principale en durabilité, Ville de Vancouver)

Depuis plus de 20 ans, la Ville de Vancouver est résolue à aborder la question des changements climatiques (Ville de Vancouver, 1990). Vancouver est confrontée à des risques considérables liés aux changements climatiques, et a récemment été classée 11^e ville au monde la plus menacée par l'élévation du niveau de la mer, en fonction de la valeur totale de ses actifs exposés (Hallegatte et al., 2013). Dotée de beaucoup de zones densément peuplées et de zones destinées à d'autres utilisations situées près de l'océan (figure 18), la Ville dispose d'options limitées pour réagir aux effets des changements climatiques. Les mesures d'adaptation comprendront probablement une combinaison de mesures de protection et d'instruments de planification urbaine, fondée sur une compréhension approfondie de la répartition spatiale des inondations potentielles.

En 2007, en grande partie pour répondre aux conclusions du Quatrième rapport d'évaluation du GIEC, le conseil municipal de Vancouver a adopté une motion visant à lancer un processus de planification de l'adaptation. Les premières étapes comprenaient une analyse des risques afin de cerner les secteurs prioritaires en matière d'adaptation, menant à un plan d'action climatique plus complet qui a été adopté à l'unanimité par le conseil en juillet 2012. Les premières mesures indiquées dans le plan d'action ont déjà



FIGURE 18 : La marée de vives-eaux du 17 décembre 2012, malgré l'absence de vagues, a provoqué une inondation localisée dans la Ville de Vancouver, inondant entre autres la piscine de Kitsilano (photo gracieuseté de la Ville de Vancouver).

été traitées et, au moment d'écrire ces lignes, la Ville procède à l'acquisition des données nécessaires pour mettre le plan en œuvre. Par exemple, des images LiDAR ont été recueillies au début de 2013 dans le but d'aider à cartographier le couvert végétal et les inondations côtières. Les cartes des inondations côtières ont depuis été intégrées dans un modèle montrant la superficie, la profondeur et le débit des inondations.

En 2013, Vancouver est devenue la première ville de Colombie-Britannique à officiellement tenir compte d'une élévation du niveau de la mer d'un mètre dans les exigences de développement et de planification. La Ville évalue actuellement un certain nombre d'autres options de planification du développement. En raison de sa situation centrale sur la côte le long de laquelle s'étend Metro Vancouver, l'adaptation à Vancouver est un processus particulièrement coopératif. Par exemple, la Ville travaille avec l'Administration portuaire Vancouver-Fraser, le Fraser Basin Council (un organisme non gouvernemental) et sa voisine, la Ville de Burnaby, à l'élaboration d'une stratégie de gestion des répercussions de l'élévation du niveau de la mer dans les plaines inondables partagées, qui comprendrait des mesures de protection côtières améliorées.

ÉTUDE DE CAS 9

VILLE DE WEST VANCOUVER : UN EXEMPLE D'ACCOMMODEMENT DE L'IMPACT DES VAGUES

(David Youngson, directeur de la planification, Ville de West Vancouver)

La croissance de West Vancouver, une collectivité de plus de 43 000 personnes, a entraîné l'urbanisation du bassin hydrographique et du front de mer, produisant un durcissement du littoral et une canalisation des cours d'eau. La perturbation des processus de sédimentation qui en découle a accru le transport des sédiments et diminué le taux de sédimentation. Par exemple, il n'est pas rare que l'érosion arrache des centaines de mètres cubes de sédiments des côtes locales au cours d'une seule pluie. Une telle érosion se traduit par des eaux sublittorales plus profondes et expose les infrastructures, les habitats sublittoraux et les plages de West Vancouver à des vagues d'une énergie accrue (figure 19). La Ville travaille à assurer un littoral stable qui tient compte de l'élévation prévue du niveau de la mer, protège les hautes terres et favorise la vie marine.

En 2005, le Comité consultatif technique de West Vancouver a préparé un cadre de planification à long terme du littoral. Plus tard, au cours de cette même année, la West Vancouver Shoreline Preservation Society (société de conservation du rivage de West Vancouver) a été créée. Ensemble, ces organismes ont servi de catalyseur grâce auquel plus de 30 années de recherches sur le littoral ont été transformées afin de créer un processus visant à



FIGURE 19 : Dommages causés par les vagues à l'ouvrage longitudinal de West Vancouver lors d'une tempête (photo gracieuseté de la West Vancouver Shoreline Preservation Society).

restaurer les plages du district. Le résultat, le *Shoreline Protection Plan* (plan de protection du littoral de 2012), est un document évolutif conçu pour répondre aux besoins écologiques et sociaux touchant le littoral, pour acheminer les ressources disponibles et pour saisir les occasions qui se présentent au profit de la zone intertidale.

La première mesure de ce plan était la création de neuf projets pilotes de protection du littoral à financement municipal, situés entre l'épi Capilano et la pointe Navy Jack. Ces projets, dont l'ampleur, le coût et le point de mire variaient, partageaient le but principal d'améliorer les mesures de protection du littoral. Chaque projet comportait un éventail de stratégies de travaux maritimes et d'amélioration de l'habitat afin de restaurer les sites à un état plus naturel et d'offrir des mesures autosuffisantes de protection indirecte du littoral. Par exemple, un projet pilote ayant recours à l'ajout de blocs rocheux sublittoraux (situés juste sous la ligne de marée basse) a réduit l'érosion et le transport des sédiments tout en améliorant l'habitat (figure 20).

Avantages des travaux entrepris à ce jour :

- Naturalisation du littoral grâce à l'enlèvement de plus de 200 m d'ouvrages longitudinaux de béton;
- Amélioration de la biodiversité des zones riveraines, intertidales et sublittorales;
- Amélioration de l'accès aux ruisseaux pour le saumon;
- Rétablissement d'un habitat convenable pour l'éperlan argenté;
- Amélioration de l'accès public grâce à l'installation de ponts et de sentiers sublittoraux;
- Amélioration de la stabilité du littoral et de l'habitat littoral élevé grâce à l'accumulation de gros débris ligneux et de matière organique.

Cinq initiatives commanditées par le secteur privé ont par la suite tiré parti des projets pilotes et démontré le potentiel de gestion durable de l'ensemble des 30 km de front de mer de West Vancouver appartenant à des intérêts privés et publics. Les initiatives privées ont entraîné l'exécution de plus de 3 millions



FIGURE 20 : Les blocs rocheux submergés fournissent un habitat aux plantes et aux échinodermes tout en améliorant les frayères pour l'éperlan (photo gracieuseté de la West Vancouver Shoreline Preservation Society).

de dollars de travaux de restauration du littoral entre Dundarave et Horseshoe Bay. Ces travaux ont aidé à retenir les sédiments (diminuant ainsi la profondeur de l'eau et la puissance des vagues) de même qu'à réduire les impacts des vagues sur le littoral.

4.2.3 LEÇONS RETENUES

Le thème commun qui se dégage de ces études de cas est que les efforts de collaboration avec d'autres organismes ou des partenaires privés ont permis aux gouvernements locaux d'accomplir des progrès en matière de planification et de mise en œuvre de l'adaptation. Dans tous les cas, des partenaires externes ont aidé à appuyer l'adaptation et, dans le cas du District régional de la capitale, ils ont également aidé les gouvernements locaux membres à planifier en prévision du changement. Dans plusieurs études, des données indiquant l'échéancier des impacts prévus ont permis de tenir compte de l'adaptation au même titre que les analyses coûts/avantages existantes, comme dans le cas des calendriers d'entretien de l'infrastructure, et ont permis d'intégrer l'adaptation dans les processus stratégiques existants, tels les plans communautaires officiels.

Les mesures d'adaptation adoptées par chaque municipalité variaient en fonction des besoins particuliers de la municipalité et des effets prévus des changements climatiques sur les collectivités qui s'y trouvent. Comme l'a démontré l'étude de cas sur West Vancouver, les municipalités n'ont pas besoin d'avoir exclusivement recours aux digues pour assurer la protection de la côte. Des structures installées sous la surface de la mer dans les zones tidales peuvent aider à atténuer l'érosion en réduisant l'énergie des vagues atteignant la grève et en enrichissant l'habitat. Dans certains cas, la protection côtière à elle seule peut être insuffisante pour contrer les impacts des tempêtes que rend encore plus prononcés l'élévation du niveau de la mer et, tel que cela s'est passé dans le cas de Vancouver, et des changements aux règlements de planification et de développement urbain, telle l'élaboration de mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation plus élevés, peuvent s'avérer nécessaires.

Les mesures d'adaptation visant à renforcer la résilience de la collectivité aux changements climatiques peuvent avoir un effet positif sur la société, les actifs et les écosystèmes locaux. L'adaptation peut aider au maintien des plages, à la protection de l'habitat existant et à la création de nouveaux habitats. Toutefois, la mise en œuvre de certaines mesures d'adaptation, comme un zonage restrictif et les marges de retrait côtières, peut présenter des défis aussi bien pour les collectivités que les particuliers. Puisque les effets de l'adaptation de la côte aux changements climatiques peuvent être considérables, la consultation publique est un élément important de la planification de l'adaptation et permet de s'assurer que les changements sont apportés de manière opportune et contrôlée, tout en respectant les besoins des intervenants. Lorsque les mesures d'adaptation sont appliquées en réaction à des catastrophes locales (p. ex. tempête majeure), la modification souvent soudaine de l'utilisation locale des terres peut être difficile à accepter pour les membres d'une collectivité touchés.

Les collectivités de la côte ont accès à diverses sources d'information sur les effets des changements climatiques sur les régions côtières de même qu'à un éventail de partenaires possibles avec lesquels elles peuvent travailler à l'élaboration de réponses efficaces en matière d'adaptation (encadré 3). Jusqu'à maintenant, la très grande majorité des réponses vise à réduire le risque d'inondation côtière découlant de l'élévation du niveau de la mer et des marées de tempête. À mesure que les municipalités reconnaissent la nécessité d'une adaptation au climat, des partenariats entre les gouvernements locaux et des partenaires externes pourront aider à cerner et à gérer d'autres risques climatiques pour les collectivités côtières.

4.3 INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT

À titre de « porte d'entrée vers le Pacifique » du Canada, la Colombie-Britannique possède plusieurs installations d'importance nationale, comme l'Aéroport international de Vancouver (YVR) et des ports de transbordement maritime majeurs (p. ex., Port Metro Vancouver et ports de Kitimat et de Prince Rupert). C'est également dans les zones côtières que se concentrent les liens économiques et sociaux importants pour la région, y compris les services de traversier vers de petites collectivités, un lien routier majeur vers les petites collectivités de la côte nord (autoroute 16) et un éventail de plus petits aéroports terrestres et maritimes. La présente section examine les risques potentiels que peuvent courir ces infrastructures en conséquence des changements climatiques.

4.3.1 AÉROPORTS

Des 78 aéroports de la Colombie-Britannique qui possèdent un code de l'Association du transport aérien international, cinq sont exposés à un risque d'inondation accru découlant de l'élévation du niveau de la mer et des marées de tempêtes du fait de leur faible altitude (moins de 5 m au-dessus du niveau de la mer). Il s'agit de l'Aéroport international de Vancouver, de trois aéroports régionaux (Boundary Bay, Pitt Meadows et Masset) et d'une bande d'atterrissage de loisir (Courtenay). L'Aéroport international de Vancouver joue un rôle primordial au niveau de l'économie régionale (étude de cas 10), alors que les autres aéroports contribuent considérablement aux économies locales. Partout en Colombie-Britannique, les aéroports maritimes assurent un lien important pour de nombreuses collectivités rurales côtières et complètent les autres modes de transport vers les villes importantes comme Vancouver et Victoria.

ENCADRÉ 3

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES À L'INTENTION DES COLLECTIVITÉS

S'adapter aux changements climatiques : une introduction à l'intention des municipalités canadiennes :

<https://www.rncan.gc.ca/environnement/ressources/publications/impacts-adaptation/rapports/municipalites/100809>

Agricultural Adaptation in Delta (en anglais seulement) :

<http://www.delta.ca/environment-sustainability/climate-action/adapting-to-change>

BC Agriculture and Food Climate Action Initiative (en anglais seulement) :

<http://www.bcagclimateaction.ca/>

BC Real Estate Association (BCREA) Flood Protection (en anglais seulement) :

www.bcrea.bc.ca/government-relations/flood-protection

BC Sea-level Rise Adaptation Primer (en anglais seulement) :

http://www.civicinfo.bc.ca/Library/Reports_and_Briefs/Sea_Level_Rise_Adaptation--Climate%20Action%20Secretariat%20--2013.pdf

Collaborative for Advanced Landscape Planning (CALP) (en anglais seulement) :

<http://calp.forestry.ubc.ca/>

ICLEI Canada Adaptation Framework (en anglais seulement) :

<http://www.icleicanada.org/programs/adaptation/barc>

Joint Program Committee for Integrated Flood Hazard Management (en anglais seulement) :

www.fraserbasin.bc.ca/water_flood_projects.html

Pacific Institute for Climate Solutions (PICS) (en anglais seulement) :

<http://pics.uvic.ca/>

Pacific Climate Impacts Consortium Plan2Adapt Tool (en anglais seulement) :

<http://www.pacificclimate.org/analysis-tools/plan2adapt>

Stewardship Centre of BC Green Shores Program (Sea-level Rise Accommodation) (en anglais seulement) :

www.stewardshipcentrebc.ca/greenshores

ÉTUDE DE CAS 10

ADMINISTRATION DE L'AÉROPORT DE VANCOUVER

L'Aéroport international de Vancouver est le plus gros centre de transport aérien de la côte Ouest du Canada et occupe le second rang parmi les aéroports les plus achalandés du Canada; environ 17 millions de passagers y transitent chaque année grâce à près de 300 000 déplacements d'aéronefs. L'exploitation de l'aéroport entretient quelque 24 000 emplois à Metro Vancouver, génère 5,3 milliards de dollars de produit intérieur brut total et apporte une contribution de 11,7 milliards de dollars en extrants économiques totaux. L'aéroport lui-même est situé sur Sea Island, qui se trouve à la limite occidentale de Metro Vancouver, entre les villes de Vancouver et de Richmond. Certaines parties de l'aéroport se trouvent près du niveau de la mer actuel et font partie de la plaine inondable du fleuve Fraser (figure 21). En conséquence, l'aéroport est exposé aux dangers associés à l'élévation du niveau de la mer, aux marées de tempêtes et aux fortes précipitations. La majeure partie de l'environnement bâti, comme les voies de circulation, les pistes, les routes et les bâtiments, est située au-dessus des niveaux d'inondation actuels, mais une grande partie des terres non bâties, comme les entrepistes herbeuses entre les voies de circulation et les pistes, sont basses et susceptibles d'être inondées lors des grosses tempêtes de pluie.

L'Administration de l'aéroport de Vancouver gère des digues de protection contre les inondations sur l'île Sea et travaille à en augmenter graduellement la hauteur. L'Administration de l'aéroport et la Ville de Richmond sont chacune en charge d'une section du système de digues de l'île Sea et, grâce à de solides relations de travail, se tiennent mutuellement au courant de leurs plans respectifs d'entretien des digues afin de permettre une gestion coopérative du risque d'inondation de l'île Sea. Il existe un programme visant à augmenter la hauteur des digues originales (construites entre 1930 et 1940), qui relève maintenant de l'Administration de l'aéroport de Vancouver, jusqu'à une hauteur de crête de 4 m pour mieux composer avec les conditions océaniques futures. L'Administration de l'aéroport reconnaît qu'une hauteur de digue de 4 m fournira une protection insuffisante pour



FIGURE 21 : Aéroport international de Vancouver vu des airs (photo gracieuseté de l'Administration de l'aéroport de Vancouver).

l'année 2100 et a décidé de mettre sur pied une initiative de rénovation systématique en vue d'aider à répartir les coûts dans le temps et de pouvoir répondre aux prévisions du niveau de la mer qui ne cessent de changer. D'après les prévisions actuelles de l'élévation du niveau de la mer d'ici 2100, le niveau d'inondation potentiel pour l'aéroport de Vancouver est de 4,9 m et le niveau de crête requis estimé est de 7,9 m (Delcan, 2012), ce qui indique que des mises à niveau majeures du système de digues de l'île Sea seront nécessaires. On fait également remarquer que même s'il sera relativement aisé d'apporter ces changements dans la majeure partie du système de digues de l'île Sea, l'utilisation actuelle des terres en certains endroits rendra l'amélioration des digues difficile.

En plus d'entretenir un réseau de digues, l'Administration de l'aéroport de Vancouver entretient également un système de gestion des eaux de pluie qui évacue l'eau accumulée vers le fleuve Fraser par gravité à marée basse et à l'aide de pompes pendant le reste du cycle de la marée. À mesure que le niveau de la mer s'élèvera, le potentiel de drainage par gravité diminuera, ce qui entraînera des coûts supplémentaires au niveau de l'infrastructure de pompage et de l'entretien des pompes.

4.3.2 INFRASTRUCTURE À L'INTÉRIEUR ET PRÈS DES PORTS

La Colombie-Britannique permet d'exploiter d'importants terminaux de transport de marchandises de même qu'une industrie d'exportation de l'énergie en pleine croissance. Ses quelque 135 ports publics et privés assurent un lien commercial de grande importance stratégique par rapport au marché international et facilitent environ 95 % du commerce international dans la province. Le système portuaire a aidé à diversifier les marchés d'exportation de la Colombie-Britannique et du Canada en réponse aux changements économiques mondiaux. Par exemple, la proportion d'exportations de la Colombie-Britannique à destination des États-Unis a chuté de quelque 70 % en 2001 à 44 % en 2012 (BC Stats, 2013c).

Les installations actuelles d'infrastructures majeures comprennent par exemple le pipeline Trans-Mountain, les terminaux Westridge Marine et Burnaby ainsi que les terminaux charbonniers du banc Roberts (Port Metro Vancouver) et de Prince Rupert (Ridley Terminals Inc.). Plusieurs terminaux d'exportation de gaz naturel liquéfié font l'objet d'études dans les régions de Prince Rupert et de Kitimat. Actuellement, les infrastructures énergétiques existantes et prévues le long de la côte de la Colombie-Britannique sont évaluées à plus de 100 milliards de dollars.

Les deux ports principaux sont le Port Metro Vancouver et le Port de Kitimat. Chacun d'eux doit relever des défis posés par les changements climatiques. Même si la seule élévation du niveau de la mer a peu de chances de présenter des difficultés directes pour les infrastructures des deux principaux ports de la Colombie-Britannique d'ici 2100, les impacts connexes, comme les taux

changeants de transport des sédiments autour des infrastructures portuaires, pourraient être pris en considération dans la planification opérationnelle (p. ex. Hill et al., 2013). Le Port Metro Vancouver (étude de cas 11) travaille déjà avec les collectivités voisines à cerner les vulnérabilités et à dresser des plans d'adaptation (p. ex. examen de la vulnérabilité des digues à la limite de la Ville de Vancouver). Toutefois, les nombreuses compétences avec lesquelles le port doit traiter (c.-à-d. 17 autorités chargées des digues et responsables de l'entretien et de l'amélioration des ouvrages de protection) créent des complications à l'égard du potentiel d'adaptation et du moment auquel on aurait recours aux mesures d'adaptation.

ÉTUDE DE CAS 11

PORT METRO VANCOUVER

Le Port Metro Vancouver est un élément central de l'économie de la Colombie-Britannique et apporte des avantages supplémentaires considérables à l'échelle nationale (tableaux 4 et 5). Il relie plus de 160 pays à partir de ses 28 terminaux maritimes principaux à partir desquels 130 millions de tonnes de fret circulent chaque année. Il s'agit du port le plus achalandé du Canada, le quatrième port le plus achalandé en Amérique du Nord et le port le plus diversifié du continent, offrant des services pour répondre à un éventail de besoins, allant du transport de marchandises en vrac et de marchandises générales² aux navires de croisière. Les terres du port comprennent plus de 600 km de littoral et de berges bordant 16 municipalités et une Première nation signataire d'un traité, et croisant sept autres territoires traditionnels.

Le Port Metro Vancouver tient compte de l'élévation du niveau de la mer un projet à la fois et juge, d'après les estimations actuelles de l'élévation du niveau de la mer, que ses terminaux sont suffisamment élevés pour éviter l'inondation. Toutefois, il n'y a eu jusqu'à maintenant aucune caractérisation complète de l'exposition des installations portuaires à l'élévation du niveau de la mer. L'infrastructure portuaire terrestre peut être vulnérable si les digues des municipalités longeant les installations portuaires ne sont pas mises au niveau d'une norme convenable. Même si d'importants progrès ont été réalisés en matière d'adaptation dans la Ville de Vancouver et la Corporation de Delta (section 4.2.2), une évaluation complète des risques est impossible jusqu'à ce que l'ensemble des 17 autorités voisines en charge des digues publient des plans d'adaptation plus détaillés. Cela découle à la fois de la nécessité de disposer d'une stratégie coordonnée de protection contre les inondations et de l'effet que les mesures directes de prévention des inondations peut avoir sur les processus de transport des sédiments.

² Les marchandises générales sont des marchandises qui doivent être chargées individuellement dans les soutes d'un navire. Les marchandises peuvent être emballées dans des sacs, des cartons, des caisses, des fûts ou des barils ou encore être mises en balles et placées sur des palettes. Les marchandises diverses habituelles comprennent le papier, les sciages, l'acier et la machinerie (Port Metro Vancouver, 2013).

TABLEAU 4 : Avantages économiques du Port Metro Vancouver (Intervistas Consulting Inc., 2009).

Compétence	Contribution au PIB (en milliards de \$, estimation)	Rendement économique total (en milliards de \$, estimation)	Salaires totaux (en milliards de \$, estimation)	Nombre d'emplois
Colombie-Britannique (impact direct)	4,1	9,8	2,2	47 000
Colombie-Britannique (impact indirect et effets induits)	3,8	7,3	2,6	58 400
Canada (excluant la C.-B.)	2,6	4,9	1,3	23 400
Canada (total)	10,5	22	6,1	129 500

TABLEAU 5 : Recettes fiscales du Port Metro Vancouver (Intervistas Consulting Inc., 2009).

Compétence	Recettes fiscales annuelles (en millions de \$, estimation)
Fédérale	648
Provinciale	417
Municipale	157
Total	1 222

Les changements climatiques peuvent avoir un impact sur les activités dans d'autres ports plus modestes partout dans la province. La fréquence ou l'ampleur accrue des tempêtes (voir le chapitre 2) pourrait avoir un impact sur la marine marchande, mais les renseignements dont on dispose sont insuffisants pour permettre de tirer des conclusions sur la vulnérabilité individuelle ou collective des petits ports aux changements climatiques.

4.3.3 ROUTES

Même si la plupart des routes côtières en Colombie-Britannique sont situées à une altitude supérieure aux élévations prévues du niveau de la mer et des inondations causées par les marées de tempête, les données sur l'élévation et les données LiDAR disponibles semblent indiquer que certaines parties des routes provinciales pourraient être vulnérables (figure 22; BC Ministry of Transport and Infrastructure et Nodelcorp Consulting Inc., 2011). Les impacts des vagues de tempête pourraient poser d'importants défis pour certaines sections de route, mais l'évaluation de ces vulnérabilités exigera que chaque site soit individuellement soumis à sa propre évaluation. L'inondation des



FIGURE 22 : Sections des routes provinciales côtières que l'on juge menacées par l'élévation du niveau de la mer (extrait modifié tiré de D. Nyland).

routes par les marées de tempête et les vagues de tempête peut entraîner la perte soudaine et temporaire de ce qui est souvent le seul lien rapide et à grande capacité entre les collectivités côtières (étude de cas 12). Certaines routes situées près du niveau de la mer ont été protégées par une série de digues (p. ex. dans la Corporation de Delta; section 4.2.2).

ÉTUDE DE CAS 12

AUTOROUTE SUNSHINE COAST À LA BAIE DAVIS

Une section de l'autoroute Sunshine Coast à la baie Davis connaît actuellement des fermetures périodiques en raison d'inondations causées par des marées de tempête (figure 23; Vadeboncoeur, 2014). Pour les résidents vivant à l'ouest de la baie Davis (environ 20 000 personnes), la fermeture de cette route bloque l'accès à la gare maritime de Langdale, le seul point d'accès



FIGURE 23 : Marée de tempête sur l'autoroute Sunshine Coast (route 101) à la baie Davis, le 6 février 2006 (photo gracieuseté de B. Oakford).

par automobile vers Vancouver. Pour les résidents situés du côté est de la ville (environ 10 000 personnes), l'accès à l'hôpital régional se trouve bloqué.

L'élévation du niveau de la mer amplifiera l'impact des tempêtes et pourrait provoquer une érosion et des dommages structurels considérables à la route aussi bien qu'aux lignes électriques et aux conduites de gaz qui la longent. Une marée de tempête d'un mètre conjuguée à une élévation du niveau de la mer d'un mètre ferait monter les niveaux d'eau à près d'un mètre au-dessus de la route existante, ce qui entraînerait une grosse inondation dans la région avoisinante (figure 24). Afin de réagir à ce risque croissant d'inondation, le District régional de Sunshine Coast, en collaboration avec la province, envisage de déplacer cette section d'autoroute au moyen d'une nouvelle connexion à une route existante rénovée située à une altitude plus élevée.

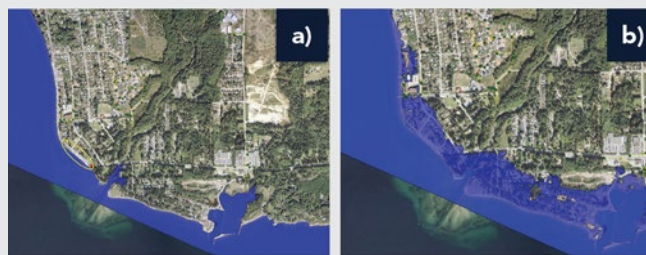


FIGURE 24 : Hauteur de la surface de la mer (en mauve) sur l'autoroute Sunshine Coast (autoroute 101) à la baie Davis pendant **a)** la marée de tempête de février 2006 et pendant **b)** une marée de tempête d'un mètre conjuguée à une élévation du niveau de la mer d'un mètre. (N. Vadeboncoeur, données non publiées, image de base de Google, 2015)

4.3.4 BC FERRIES

Les services de traversiers à passagers exploités par la BC Ferries transportent plus de 20 millions de personnes chaque année vers 49 gares maritimes sur 40 circuits. Beaucoup de gares maritimes sont situées dans des baies abritées alors que certaines sont modérément exposées au vent et aux vagues. Toutefois, la principale gare maritime de Tsawwassen, qui assure la liaison entre les basses terres continentales et le sud de l'île de Vancouver ainsi que les îles Gulf (c.-à-d. Victoria, Nanaimo), est située à un endroit très exposé au détroit de Georgia.

L'élévation du niveau de la mer et l'exposition accrue aux tempêtes présente des défis au niveau de l'infrastructure de la gare maritime, y compris les quais et les routes d'accès. Les retards et les annulations d'appareillage liées à la météo sont relativement rares en Colombie-Britannique, touchant environ 0,5 % de tous les trajets (BC Ferries, 2013). Même si les changements climatiques accroissent le risque de retards, il est peu probable que cela ait un impact sensible pour le Britannico-Colombien moyen puisque la météo ne compte que pour 6 % de tous les retards et toutes les annulations (BC Ferries, 2013). L'augmentation de l'activité orageuse peut poser des défis pour les collectivités éloignées qui dépendent du service de traversier pour obtenir de la nourriture et des fournitures si un service relativement peu fréquent (p. ex. hebdomadaire) est interrompu.

5 PLANIFICATION DE L'ADAPTATION

Les approches réactives dominent généralement les réactions à l'évolution des conditions environnementales en Colombie-Britannique (Walker et Sydneysmith, 2008). Il semble cependant que les attitudes commencent à changer. Plusieurs gouvernements locaux ont commencé à planifier en vue de gérer de manière proactive l'élévation du niveau de la mer (section 4.2.2). Même si l'adaptation est une responsabilité partagée par tous les ordres de gouvernement, l'industrie, les organismes non gouvernementaux et la société civile (p. ex. Bizikova *et al.*, 2008), les gouvernements locaux ont un rôle particulièrement important à jouer en ce qui concerne l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer le long de la côte pacifique du Canada. Une loi promulguée en 2004 place la construction et l'entretien des digues littorales et la désignation des plaines inondables sous compétence municipale. En conséquence, il y a maintenant près de 100 autorités chargées des digues en Colombie-Britannique, et chaque municipalité est en grande partie responsable de sa propre adaptation aux dangers posés par l'océan.

La mise à jour des politiques de gestion des risques des gouvernements locaux de la Colombie-Britannique est une mesure qui pourrait aider à améliorer la capacité de résilience au climat (Swanson et Bhadwal, 2009). Toutefois, comme on l'a observé partout au Canada, cette approche peut être limitée par la capacité des gouvernements locaux d'entreprendre des mesures d'adaptation et par leur aptitude à mettre réellement en œuvre les mesures proposées en vue d'améliorer la résilience (p. ex. Burch, 2010).

Des travaux considérables visant à faire progresser l'adaptation en Colombie-Britannique ont fourni aux décideurs municipaux des sources d'information sur les impacts potentiels liés à l'évolution du climat (p. ex. Burch et Robinson, 2007; Harford, 2008; Burch *et al.*, 2010; Ausenco Sandwell, 2011b, c; Delcan, 2012; Forseth, 2012; Arlington Group Planning *et al.*, 2013; Hill *et al.*, 2013). Toutefois, l'adaptation municipale aux changements climatiques demeure une nouveauté relative, et plusieurs enjeux apportant des complications et couramment soulevés par les gouvernements locaux n'ont pas encore été entièrement réglés. Ces enjeux comprennent la nécessité d'établir une collaboration institutionnelle multiniveaux en matière d'adaptation (c.-à-d. la province, les gouvernements locaux et les Premières nations), la disponibilité de renseignements sur les impacts locaux de même que les répercussions juridiques de la prise de mesures. Les sections suivantes résumant ces préoccupations.

5.1 ÉVOLUTION DES POLITIQUES EN MATIÈRE D'INONDATIONS CÔTIÈRES ET DE L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER

Les politiques existantes en matière d'inondations en Colombie-Britannique ont principalement été conçues pour composer avec les inondations liées à la fonte des neiges

printanière dans les rivières et avec les marées de tempête océaniques. Ces politiques présument que le moment et l'ampleur des inondations riveraines de même que la hauteur des inondations futures causées par des marées de tempête demeureront conformes aux données historiques enregistrées. Toutefois, ces présomptions de stabilité climatique ne sont plus appropriées et les politiques sont par conséquent sujettes à révision. La nature des changements futurs dans les inondations riveraines aussi bien que côtières varie, parfois considérablement, d'un endroit à l'autre de la côte britanno-colombienne. Par exemple, dans les régimes dominés par les pluies, on s'attend à ce que l'écoulement fluvial diminue dans le sud de la côte, mais augmente dans le nord (section 2.3). L'ampleur des inondations causées par des marées de tempête augmentera elle aussi en conséquence de l'élévation du niveau de la mer; de récentes analyses permettent de calculer le changement d'élévation requis afin de maintenir la fréquence d'inondation actuelle (Zhai *et al.*, 2014). L'élévation du niveau de la mer se traduit par des vagues plus grosses et plus puissantes qui atteignent les côtes et sont susceptibles de déborder par-dessus des digues et d'augmenter l'érosion (comme dans le cas de la Corporation de Delta; Shaw *et al.*, 2006).

Les gouvernements locaux de la Colombie-Britannique jouissent d'une pleine autonomie dans la planification de l'utilisation des terres relevant de leur compétence, y compris leur aptitude à gérer l'utilisation des terres et approuver des projets d'aménagement dans les zones inondables, à désigner les plaines inondables et à établir les exigences de construction (tableau 6). La *Local Government Act* (Loi sur les gouvernements locaux) leur accorde ce pouvoir et permet aux gouvernements locaux d'utiliser une variété d'outils stratégiques, comme les plans communautaires officiels, les règlements, les permis de développement, les permis de construction et les restrictions de zonage, afin de planifier l'adaptation (p. ex. Richardson et Otero, 2012). Les mesures possibles de gestion intégrée du danger d'inondation en Colombie-Britannique (tableau 6) sont décrites ci-après.

5.1.1 UTILISATION DES TERRES

Les gouvernements locaux contrôlent l'utilisation des terres et l'octroi des permis de construction dans les zones inondables par l'entremise des règlements de zonage. Les gouvernements locaux peuvent imposer des exigences de construction (comme les mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation), et ne s'en privent pas. Récemment mises à jour, les lignes directrices de la Colombie-Britannique en matière de mise en valeur de zones de risque d'inondation indiquent clairement la nécessité d'établir des mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation conformes au risque accru posé par l'élévation du niveau de la mer (Ausenco Sandwell, 2011b). De nombreuses municipalités dans l'ensemble de la province (p. ex. Ville de Vancouver) révisent leurs exigences relatives aux nouveaux bâtiments. Toutefois, les bâtiments existants continuent d'être menacés par les inondations. Des solutions pour atténuer le risque d'inondation faisant appel à la fois au zonage et à l'octroi de permis font actuellement l'objet d'études partout dans la région côtière (section 5.1.2).

TABEAU 6 : Aperçu des responsabilités et des politiques relatives aux inondations en Colombie-Britannique.

Compétence	Utilisation des terres	Protection contre les inondations	Intervention et rétablissement en cas d'inondation
Fédérale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parcs nationaux ▪ Réserves indiennes ▪ Sites du Ministère de la Défense nationale 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Financement de l'infrastructure 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aide financière en cas de catastrophe ▪ Gestion des urgences*
Provinciale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terres de la Couronne ▪ Approbation des subdivisions à l'extérieur des municipalités ▪ Lignes directrices en matière de retrait et de construction ▪ Mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Approbation des ouvrages municipaux de protection contre les inondations ▪ Lignes directrices techniques à l'intention des municipalités ▪ Financement de l'infrastructure 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aide financière en cas de catastrophe ▪ Gestion des urgences
Locale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planification de l'utilisation des terres et zonage municipaux ▪ Approbation des subdivisions internes ▪ Mise en œuvre des retraits de construction ▪ Mise en œuvre des mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construction et gestion des ouvrages de protection ▪ Financement de l'infrastructure 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestion des urgences

* Il ne s'agit pas d'une responsabilité fédérale normale, mais cet ordre de gouvernement a fourni un soutien par l'entremise des Forces armées dans les cas extrêmes.

5.1.2 PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS

Les lignes directrices provinciales sur la gestion des dangers d'inondation côtière sont actuellement décrites dans le document *Climate Change Adaption Guidelines for Sea Dikes and Coastal Flood Hazard Land Use* (lignes directrices relatives aux digues à la mer et à l'utilisation des terres sujettes au danger d'inondation côtière en fonction de l'adaptation aux changements climatiques), qui présente trois composantes : 1) *Sea Dike Guidelines* (Ausenco Sandwell, 2011c), 2) *Guidelines for Management of Coastal Flood Hazard Land Use* (Ausenco Sandwell, 2011b) et 3) *Draft Policy Discussion Paper* (Ausenco Sandwell, 2011a).

- Les *Sea Dike Guidelines* (lignes directrices sur les digues à la mer) fournissent des directives en matière de conception de digues de protection pour les terres de faible altitude exposées aux dangers d'inondation côtière. Elles recommandent que la hauteur des digues, des ouvrages longitudinaux et des niveaux de construction désignés pour les inondations touchant les bâtiments soit révisée de manière à tenir compte d'une élévation du niveau de la mer de 0,5 m d'ici l'an 2050, 1,0 m d'ici l'an 2100 et 2,0 m d'ici l'an 2200 (Ausenco Sandwell, 2011c).
- Les *Guidelines for Management of Coastal Flood Hazard Land Use* (lignes directrices relatives à la gestion de l'utilisation des terres sujettes au danger d'inondation côtière) appuient l'élaboration et la mise en œuvre par les gouvernements locaux de plans de gestion de l'utilisation des terres ainsi que de plans et de processus d'approbation des subdivisions dans les régions exposées à des dangers d'inondation côtière, et fournissent une liste d'outils de gestion de l'utilisation des terres (Ausenco Sandwell, 2011b).

- Le *Draft Policy Discussion Paper* (document de discussion sur l'ébauche de politique) est une tentative de combler l'écart entre la science et l'application pratique des mesures visant à contrer les effets des changements climatiques sur la côte de la Colombie-Britannique (Ausenco Sandwell, 2011a).

Ces travaux constituent la première étape vers une mise à jour des lignes directrices de 2004 publiées en vertu de l'*Environmental Management Act* (Loi sur la gestion de l'environnement). Depuis la publication de ces rapports, le Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique consulte les intervenants et l'*Union of British Columbia Municipalities* (Union des municipalités de la Colombie-Britannique) au sujet de leur mise en œuvre. Il est important de remarquer que, même si l'élévation maximale probable du niveau de la mer d'ici 2100 présentée dans ce rapport est moindre que l'estimation d'un mètre citée dans les lignes directrices provinciales sur l'adaptation aux changements climatiques, les lignes directrices offrent une marge de sécurité qui tient compte d'une élévation supplémentaire possible du niveau de la mer découlant de facteurs auxquels sont liés une grande incertitude, comme les contributions de l'inlandsis de l'Antarctique.

Même si une amélioration de l'infrastructure des digues sera probablement nécessaire afin d'assurer la protection de nombreuses résidences, de nombreux bâtiments commerciaux et institutionnels et de nombreuses infrastructures publiques (p. ex. Delcan, 2012), des approches de protection indirecte peuvent s'avérer plus efficaces et moins coûteuses dans certains cas que les mesures de protection directes. Certaines collectivités ont déjà commencé à mettre en œuvre ces approches de remplacement, avec succès (p. ex. North Vancouver, section 4.2.2).

5.1.3 REPRISE APRÈS CATASTROPHE

Le reprise après une catastrophe peut, dans certaines situations, offrir la possibilité de mettre en œuvre des mesures d'adaptation dans le cadre du processus de reconstruction. Le Disaster Financial Assistance Program (programme d'aide financière en cas de catastrophe) d'Emergency Management BC peut financer 80 % des dommages admissibles (non assurés) subis lors d'une catastrophe, jusqu'à concurrence de 300 000 dollars pour les propriétaires fonciers, les résidents, les propriétaires de petites entreprises, les propriétaires agricoles et les organismes de bienfaisance. Une aide supplémentaire en cas de catastrophe pour les gouvernements locaux peut être offerte, cas par cas, par les paliers provincial et fédéral. Compte tenu du niveau actuel d'exposition aux inondations dans la province, il est probable que les particuliers propriétaires, de même que tous les ordres de gouvernement, subiront des coûts croissants du fait des inondations.

Le financement de l'infrastructure est un facteur important facilitant l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer. Les gouvernements fédéral et provincial ont, par le passé, conclu des partenariats pour financer des projets d'infrastructure offrant une protection contre les inondations à des collectivités de toute la Colombie-Britannique. Le Provincial Flood Protection Program (programme provincial de protection contre les inondations) et la catégorie intitulée « Infrastructures servant à l'atténuation des catastrophes » du nouveau Plan Chantiers Canada fédéral en sont de bons exemples. En Colombie-Britannique, le programme provincial de protection contre les inondations finance les projets d'infrastructure en fonction des demandes reçues des gouvernements locaux et, dans le passé, le financement de certains projets a été partagé également entre les gouvernements fédéral, provincial et locaux. Les collectivités de la Colombie-Britannique peuvent également avoir accès à du financement pour les infrastructures par l'intermédiaire du Fonds fédéral de la taxe sur l'essence, des services publics britanno-colombiens et d'organismes non gouvernementaux comme la Community Energy Association, BC Hydro et le BC Stewardship Council.

5.2 PERSPECTIVES COMMUNAUTAIRES

De récentes études et des conversations avec des fonctionnaires des gouvernements locaux couvrant toute la côte de la Colombie-Britannique ont révélé plusieurs préoccupations concernant l'élaboration et la mise en œuvre de mesures d'adaptation aux changements climatiques (p. ex. Burch, 2010; Burch *et al.*, 2010; Vadeboncoeur et Carlson, travaux en cours). Les préoccupations exprimées comprennent l'absence perçue de renseignements précis sur les impacts locaux du climat, le manque de capacité d'élaboration et de mise en œuvre de stratégies d'adaptation de même que les conséquences juridiques et politiques potentiellement négatives tant de l'action que de l'inaction. Ces préoccupations sont décrites ci-après.

5.2.1 BESOINS EN MATIÈRE DE DONNÉES LOCALES

L'élévation du niveau de la mer est un facteur qui n'a pas encore été intégrée dans de nombreuses cartes des plaines inondables et activités de planification existantes. Cette omission s'explique aussi bien par le peu de disponibilité des données que par la faible capacité d'analyse des données des gouvernements locaux. Par exemple, environ 25 % des collectivités côtières de la Colombie-Britannique n'ont pas accès à des données LiDAR pour effectuer une cartographie détaillée des inondations et un peu plus de la moitié (54 %) des collectivités ayant accès à des données géospatiales numériques (LiDAR ou orthophotographie) n'ont pas utilisé ces données aux fins de planification (Vadeboncoeur, 2015). La plupart de la population des côtes de la Colombie-Britannique (75 %) vit dans une zone où des données LiDAR sont disponibles, mais cette proportion est divisée asymétriquement entre Metro Vancouver et le District régional de la capitale (couverture à 98,8 %, en termes de population) et le reste des côtes (couverture à 39,1 %, en termes de population; Vadeboncoeur, 2015). Malgré les lignes directrices provinciales qui recommandent de s'adapter à une élévation du niveau de la mer d'un mètre d'ici l'an 2100 et de 2 m d'ici 2200, certains gouvernements locaux ont retardé la planification de l'adaptation jusqu'à ce que des renseignements plus détaillés soient disponibles sur l'ampleur locale prévue de l'élévation du niveau de la mer dans leur collectivité. De nouvelles données sur l'augmentation régionale du niveau de la mer (section 2.3 et voir le chapitre 2; James *et al.*, 2014) fournissent aux collectivités des estimations actualisées des changements locaux à long terme dans le niveau de la mer et ces dernières peuvent servir à prévoir les changements au niveau des possibilités d'inondations. Les régions côtières qui ne disposent pas de renseignements topographiques détaillés, comme des données LiDAR, pourraient profiter de nouveaux levés.

Les gouvernements locaux ont également exprimé des préoccupations quant aux impacts potentiels des fortes précipitations. On se préoccupe entre autres du besoin de données locales améliorées sur les précipitations intenses de même que sur les facteurs pouvant avoir un effet sur la stabilité des pentes et le potentiel de glissement de terrain. Les municipalités se préoccupent également du potentiel de pénurie d'eau potable.

Parmi les données et les outils à la disposition du public sur les changements climatiques potentiels et les impacts connexes en Colombie-Britannique, notons une base de données en ligne fournissant des cartes des plaines inondables, un modèle de bilan hydrique (www.bc.waterbalance.ca, en anglais seulement) et deux outils de planification en ligne pour aider les collectivités à comprendre les changements climatiques : *Plan2Adapt* (www.plan2adapt.ca, en anglais seulement) et la *BC Climate Action Toolkit* (www.toolkit.bc.ca, en anglais seulement). Les collectivités peuvent utiliser ces ressources de façon à en adapter les extraits à leur région géographique, obtenant ainsi une bonne caractérisation du niveau de risque potentiel auquel une collectivité peut s'attendre du fait des changements climatiques.

5.2.2 CONSÉQUENCES INVOLONTAIRES DE L'ADAPTATION

Les gouvernements locaux ont également exprimé des préoccupations quant à l'impact sur la valeur de la propriété de leurs électeurs de la désignation des plaines inondables. Les propriétés situées dans les plaines inondables désignées ont généralement une valeur moindre que les propriétés équivalentes qui ne sont pas dans une plaine inondable, en particulier après des tempêtes ayant causé des dommages (Bin et Polasky, 2004; Bin et Landry, 2013). Toutefois, on a observé que la réduction de la valeur s'estompe dans les 5 à 6 années suivant une tempête (Bin et Landry, 2013), ce qui laisse entendre que l'attrait des parcelles au bord de l'eau continue de faire augmenter la valeur des propriétés même lorsqu'elles sont sujettes à des dommages périodiques causés par les tempêtes (à condition que les dommages soient suivis d'une période de calme relatif). À ce jour, le marché immobilier en Colombie-Britannique ne semble pas attribuer une prime de risque d'inondation dans les zones de risque, ce qui laisse croire que les acheteurs sont soit mal informés des risques d'inondation soit, ce qui est plus probable, qu'ils ne s'en soucient guère.

Les gouvernements locaux se préoccupent de la responsabilité légale. Les questions de responsabilité pourraient apparaître sous forme d'accusations de négligence ou de nuisance si, par exemple, on peut prouver qu'ils n'ont pas fait preuve de diligence raisonnable à l'égard de leurs résidents. Ce sujet est abordé dans l'étude de cas 13.

ÉTUDE DE CAS 13

ADAPTATION ET RESPONSABILITÉ LÉGALE : PRÉOCCUPATIONS DES GOUVERNEMENTS LOCAUX

Le cadre juridique dans lequel les municipalités côtières évoluent peut influencer ou imposer certaines mesures d'adaptation parce que les responsabilités légales, démontrées aussi bien que perçues, peuvent s'avérer être pertinentes à l'égard de la planification. Comme ailleurs au Canada, les gouvernements locaux de la Colombie-Britannique tirent leurs pouvoirs et les tâches afférentes de la législation provinciale. Ils peuvent également être touchés par des exigences des gouvernements fédéral et provincial susceptibles d'imposer des décisions de planification au niveau local (p. ex. codes du bâtiment). Dans certains cas, cet exercice de la compétence fédérale ou provinciale peut correspondre aux politiques et aux objectifs des gouvernements locaux, ou les appuyer; dans d'autres cas, ces exigences peuvent constituer des entraves (Vadeboncoeur et Carlson, travaux en cours). En conséquence, des municipalités adjacentes dans une région peuvent avoir des approches très différentes par rapport au même ensemble d'enjeux.

Le risque de responsabilité légale, même s'il est loin d'être un moteur dominant en ce qui a trait aux mesures d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer adoptées par les gouvernements locaux, semble néanmoins être un facteur à prendre en considération, compte tenu de son impact financier potentiel. Cela s'explique par le fait que les gouvernements locaux sont assujettis à des précédents de common law tirés de décisions des tribunaux, à moins d'être protégés par l'immunité légale ou d'autres dispositions. Il y a des exemples de municipalités canadiennes visées par des recours collectifs qui ont pour but de recouvrer la valeur des dommages matériels causés par des phénomènes climatiques extrêmes.

Les gouvernements locaux peuvent être tenus responsables de phénomènes extrêmes, comme des inondations, dans le cadre d'accusations de négligence et de nuisance. Ces accusations peuvent être fondées sur des décisions et des actions des gouvernements locaux touchant la conception, la construction, l'exploitation et l'inspection d'infrastructures dans les cas où les infrastructures connaissent des défaillances ou s'avèrent, d'une manière ou d'une autre, dangereuses ou dommageables pour les personnes ou les propriétés. Compte tenu des renseignements actuellement disponibles concernant l'élévation du niveau de la mer, une inondation côtière peut être perçue comme un facteur dont les gouvernements locaux devraient tenir compte lors de la prise de décisions et la mise en œuvre d'actions opérationnelles, le cas échéant.

Les gouvernements locaux de la Colombie-Britannique jouissent d'une immunité légale en vertu de la *Local Government Act* (Loi sur les gouvernements locaux) lorsque les systèmes d'égout, les installations d'adduction d'eau ou de drainage, les digues ou les routes connaissent des bris ou des défaillances et nuisent à l'utilisation d'une propriété privée. Toutefois, les tribunaux de la Colombie-Britannique ont statué que cette immunité ne s'applique pas lorsque les dommages à la propriété découlent d'une conception qui ne convient pas à l'usage prévu d'une infrastructure. Les infrastructures construites aujourd'hui risquent d'être compromises par l'élévation du niveau de la mer à l'avenir et pourraient donner lieu à une responsabilité si l'on ne tient pas compte de cette élévation au moment de leur conception. Afin de minimiser la responsabilité et d'éviter les coûts d'investissement élevés qu'entraînent des mises à niveau ou des déplacements évitables, les gouvernements locaux exigent de bons renseignements techniques sur la vulnérabilité des infrastructures. Ces renseignements seront également pertinents lorsqu'il s'agit de déterminer l'emplacement de nouvelles infrastructures afin de minimiser les risques liés aux dommages causés par les inondations et les tempêtes.

Les risques de responsabilité légale liés à la défaillance possible d'une infrastructure peuvent constituer un facteur supplémentaire susceptible de motiver les gouvernements locaux à prendre les mesures nécessaires en vue de se préparer à faire face à l'élévation du niveau de la mer.

6 CONCLUSIONS

Les impacts actuels et prévus des changements climatiques sur les côtes de la Colombie-Britannique découlent à la fois des impacts directs des conditions atmosphériques changeantes et des modifications indirectes aux écosystèmes côtiers induites par le climat. Ces changements constituent à la fois des risques et des défis pour les gouvernements locaux et les Premières nations de même qu'un risque pour l'économie de la Colombie-Britannique en général. Les principales conclusions tirées de ce chapitre sont résumées ici.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ONT DÉJÀ UN IMPACT SUR LA CÔTE

Les données historiques sur le climat indiquent qu'il y a une tendance graduelle au réchauffement sur les côtes de la Colombie-Britannique depuis 1900, particulièrement en hiver. On a observé de plus fortes précipitations en hiver et à l'automne, alors que les pluies estivales moins fréquentes peuvent avoir une incidence sur les périodes de sécheresse saisonnière. Les températures hivernales plus élevées ont entraîné un déclin des précipitations sous forme de neige, qui se traduit par une augmentation du ruissellement et une diminution de la quantité d'eau stockée sous forme de neige et de glace en altitude, phénomènes qui aggravent les pénuries d'eau estivales dans certaines régions au cours de certaines années.

Les effets géologiques amplifieront ou atténueront les répercussions de l'élévation du niveau de la mer dans les collectivités côtières. Dans certaines régions, le soulèvement de la croûte terrestre fera paraître le niveau relatif de la mer moins élevé que la moyenne globale, alors que l'affaissement de la croûte terrestre dans d'autres régions se traduira par une élévation plus rapide du niveau de la mer. L'augmentation de l'activité orageuse aggravera le problème posé par l'élévation du niveau de la mer parce qu'une plus grande profondeur d'eau permet aux vagues d'acquérir plus de puissance, exposant les populations côtières à un plus grand risque d'inondations et de dommages causés par les tempêtes.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ACCENTUERONT LES PRESSIONS EXISTANTES EXERCÉES SUR LES PÊCHES DE COLOMBIE-BRITANNIQUE

Même si l'industrie des pêches a considérablement changé au cours des deux dernières décennies, en raison d'une certaine perte d'importance et de la croissance d'une grande composante de capture commerciale, elle demeure un élément important de l'identité sociale et culturelle de nombreux Britanno-Colombiens.

La répartition de la disponibilité de certaines espèces de poisson endémiques changera probablement à mesure que l'aire de répartition des espèces marines se déplace vers le nord. Il est possible que l'aire de répartition australe de stocks vigoureux de saumon décline alors que leur aire de répartition

boréale tendra à s'étendre. Si cela se produit, les espèces disponibles pour les pêcheurs conventionnels, sportifs et des Premières nations changeront, en particulier dans la partie sud de la province. Le saumon d'élevage ne sera probablement pas touché par ces changements dans la répartition, mais les activités de capture commerciale pourraient être touchées par les changements climatiques, du fait du risque accru de tempête (pouvant endommager les parcs en filet) et des eaux plus chaudes (qui peuvent accroître le risque de maladie).

Les mollusques et crustacés sont touchés par l'acidité accrue de l'océan. L'acidification combinée à l'augmentation de la température de l'eau porte atteinte aux mollusques et crustacés en limitant leur capacité de reproduction et en diminuant leur habitat (vertical).

La pêche de capture commerciale, ses régulateurs et le marché ont réagi aux déclinés marqués des populations de saumon et de hareng en augmentant l'utilisation d'autres espèces de poisson commerciales. Cet ajustement semble indiquer que l'industrie de la pêche en Colombie-Britannique peut composer avec la disponibilité changeante des espèces cibles. Bien que l'on dispose de peu de renseignements sur les pêches des Premières nations, l'importance culturelle primordiale du saumon (et des activités associées à sa capture, sa transformation et sa distribution) portent à croire que l'aptitude à s'adapter à des fluctuations soudaines ou à un déclin soutenu de la migration anadrome du saumon est limitée. Certaines communautés des Premières nations ont appuyé l'adaptation, mais les mesures proactives concrètes sont peu nombreuses.

DES INFRASTRUCTURES D'IMPORTANCE STRATÉGIQUE EN COLOMBIE-BRITANNIQUE DOIVENT RELEVER DES DÉFIS À COURT ET À LONG TERME DÉCOULANT DE LA VARIABILITÉ ET DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques présentent un ensemble de risques pour les infrastructures essentielles, comme le Port Metro Vancouver et l'Aéroport international de Vancouver, et l'infrastructure d'importance régionale, comme les routes, les lignes électriques et les conduites de gaz. L'expansion anticipée du développement du secteur des ressources primaires dans la province, et les besoins connexes en matière d'infrastructure, y compris des terminaux d'exportation le long de la côte Nord, accroîtront l'exposition aux impacts du climat. Même si peu de recherches connexes dans le domaine ont été entreprises, ces industries ont démontré leur compréhension des risques que posent les changements climatiques pour leurs exploitations et prennent les mesures qui s'imposent pour les contrer (p. ex. Aéroport international de Vancouver) ou sont satisfaites de leurs préparatifs actuels et possèdent les données requises pour procéder à une nouvelle évaluation des risques lorsqu'elles le jugeront propice (p. ex. Port Metro Vancouver).

LA VULNÉRABILITÉ PRÉSENTE DES DIFFÉRENCES À L'ÉCHELLE RÉGIONALE

La vulnérabilité aux changements climatiques reflète la diversité sociale, culturelle et géographique des côtes de la Colombie-Britannique. Par exemple, les pêcheurs de saumon de la partie sud de la province subiront les impacts des pressions accrues sur les stocks pêchés plus rapidement que les pêcheurs plus au nord. Les collectivités exposées à de vastes étendues d'eau libre courent plus de risques liés aux tempêtes que celles qui se trouvent dans des endroits plus abrités. Les peuples des Premières nations et les autres collectivités dont les revenus principaux reposent sur les pêches de salmonidés subiront les effets liés au déclin des prises commerciales comme les autres groupes, mais seront également touchés sur les plans culturel et social si leurs prises de subsistance déclinent elles aussi.

Il existe également des différences entre les collectivités rurales et urbaines. Les premières s'appuient souvent plus lourdement sur les ressources naturelles alors que les secondes ont des économies plus diversifiées et ont une plus grande capacité de réaction aux risques. Ainsi, l'adaptation rurale exige souvent d'insister davantage sur la gestion des impacts socioéconomiques des changements dans les économies axées sur les ressources et l'emplacement.

7 RÉFÉRENCES

- Abeysirigunawardena, D.S. et Walker, I.J. (2008) : Sea level responses to climatic variability and change in northern British Columbia; *Atmosphere-Ocean*, vol. 46, n° 3, p. 277–296. doi :10.3137/ao.460301
- Adger, W.N. et Kelly, P.M. (1999) : Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements; *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 4, n° 3–4, p. 253–266. doi :10.1023/A :1009601904210
- Administration de l'aéroport de Vancouver (2010) *Powered by people : Vancouver International Airport 2010 economic impact report*; Administration de l'aéroport de Vancouver, <http://www.yvr.ca/Libraries/Annual_report/2012_Full_Annual_and_Sustainability_Report.sflb.ashx>.
- Administration de l'aéroport de Vancouver (2012) : 2012 annual and sustainability report; Administration de l'aéroport de Vancouver, 81 p.
- Administration portuaire Vancouver-Fraser (2013) : 2013 Financial report; Administration portuaire Vancouver-Fraser, Vancouver, Colombie-Britannique, 64 p., <https://issuu.com/portmetrovanouver/docs/port_metro_vancouver_2013_financial?e=3721702/8134686>.
- Arlington Group Planning + Architecture Inc., Tetra Tech EBA, De Jardine Consulting et Sustainability Solutions Group (2013) : *Sea level rise adaptation primer : a toolkit to build adaptive capacity on Canada's south coasts*; BC Ministry of Environment, 149 p., <<http://www2.gov.bc.ca/gov/DownloadAsset?assetId=41DCFA1B26B4449D8F54FAA0A8C751A9&filename=slr-primer.pdf>>.
- Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia (2012) : *Professional practice guidelines – legislated flood assessments in a changing climate in BC*; Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia, BC Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations et Ressources naturelles Canada, 144 p., <<https://www.apeg.bc.ca/getmedia/18e44281-fb4b-410a-96e9-cb3ea74683c3/APEGBC-Legislated-Flood-Assessments.pdf.aspx>>.
- Ausenco Sandwell (2011a) : *Climate change adaptation guidelines for sea dikes and coastal flood hazard land use : draft policy discussion paper*; BC Ministry of Environment, 45 p., <http://www.env.gov.bc.ca/wsd/public_safety/flood/pdfs_word/draft_policy_rev.pdf>.
- Ausenco Sandwell (2011b) : *Climate change adaptation guidelines for sea dikes and coastal flood hazard land use : guidelines for management of coastal flood hazard land use*; BC Ministry of Environment, 22 p., <http://www.env.gov.bc.ca/wsd/public_safety/flood/pdfs_word/coastal_flooded_land_guidelines.pdf>.
- Ausenco Sandwell (2011c) : *Climate change adaptation guidelines for sea dikes and coastal flood hazard land use : sea dikes guidelines*; BC Ministry of Environment, 59 p., <http://www.env.gov.bc.ca/wsd/public_safety/flood/pdfs_word/sea_dike_guidelines.pdf>.
- Bailey, M., Sumaila, U.R. et Lindroos, M. (2010) : *Application of game theory to fisheries over three decades*; *Fisheries Research*, vol. 102, n° 1–2, p. 1–8.
- Barrie, J.V. et Conway, K.W. (2002) : *Rapid sea level change and coastal evolution on the Pacific Margin of Canada*; *Journal of Sedimentary Geology*, vol. 150, p. 171–183.
- Barron, S., Flanders, D., Pond, E., Tatebe, K., Canete, G., Sheppard, S., Carmichael, J. et Muir Owen, S. (2012) : *Delta-RAC sea level rise adaptation visioning study : policy report*; <http://www.fraserbasin.bc.ca/_Library/CCAQ_BCRAC/bcrac_delta_visioning-policy_4d.pdf>.
- Batten, S.D. et Mackas, D.L. (2009) : *Shortened duration of the annual *Neocalanus plumchrus* biomass peak in the Northeast Pacific*; *Marine Ecology Progress Series*, vol. 393, p. 189–198.
- BC Agriculture and Food (2013a) : *BC Agriculture and Climate Change Regional Adaptation Strategies Series : Delta*; BC Agriculture and Food, Climate Action Initiative, <<http://www.bcagclimateaction.ca/wp/wp-content/media/RegionalStrategies-Delta.pdf>>.
- BC Agriculture and Food (2013b) : *BC Agriculture climate change action plan 2010–2013*; BC Agriculture and Food, Climate Action Initiative, 55 p., <<http://www.bcagclimateaction.ca/wp/wp-content/media/BC-Agriculture-Climate-Change-Action-Plan.pdf>>.
- BC Assembly of First Nations (2007) : *BC First Nations fisheries action plan : preparing for transformative change in the BC fishery*; British Columbia Assembly of First Nations, First Nations Summit et Union of British Columbia Indian Chiefs, 30 p., <http://www.fns.bc.ca/pdf/FNLC_FisheriesActionPlan.pdf>.
- BC Ferries (2013) : *Just the facts*; British Columbia Ferry Services Inc., <http://www.bcferries.com/current_conditions/Stats.html>.
- BC Hydro (2015) : *Bridge River*; BC Hydro, In your Community, Recreation Areas, <http://www.bchydro.com/community/recreation_areas/bridge_river.html>.
- BC Ministry of Agriculture (2011) : *2011 British Columbia seafood industry year in review*; BC Ministry of Agriculture, <http://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/statistics/industry-and-sector-profiles/year-in-review/bcseafood_yearinreview_2011.pdf>.
- BC Ministry of Environment (2004) : *Flood hazard area land use management guidelines*; BC Ministry of Environment, 72 p., <http://www.env.gov.bc.ca/wsd/public_safety/flood/pdfs_word/guidelines2011.pdf>.
- BC Ministry of Environment (2007) : *Environmental trends in British Columbia : 2007*; BC Ministry of Environment, Environmental Reporting BC, 352 p., <https://www.th.gov.bc.ca/climate_action/documents/hwy16_BCYellowhead_Highway.pdf>.
- BC Ministry of Transportation and Infrastructure and Nodelcorp Consulting Inc. (2011) : *Climate change engineering vulnerability assessment : BC Yellowhead Highway 16 between Vanderhoof and Priestly Hill*; Public Infrastructure Engineering Vulnerability Committee, 103 p., <http://www.piev.ca/e/casedocs/bc-yellowhead/BCMOTI_Yellowhead_Highway_-_Vulnerability_Report.pdf>.
- BC Stats (2013a) : *Population estimates : annual population, July 1, 1867–2013*; BC Stats, <<http://www.bcstats.gov.bc.ca/StatisticsBySubject/Demography/PopulationEstimates.aspx>>.
- BC Stats (2013b) : *Sub-provincial population projections – P.E.O.P.L.E. 2103*; BC Stats, <<http://www.bcstats.gov.bc.ca/StatisticsBySubject/Demography/PopulationProjections.aspx>>.
- BC Stats (2013c) : *The British Columbia economic accounts*; BC Stats, <<http://www.bcstats.gov.bc.ca/StatisticsBySubject/Economy/EconomicAccounts.aspx>>.
- BC Stats (2014) : *BC gross domestic product at basic prices, 1997–2014 chained 2007\$*; Chiffrier Excel, BC Stats, <<http://www.bcstats.gov.bc.ca/StatisticsBySubject/Economy/EconomicAccounts.aspx>>.
- Beaugrand, G., Edwards, M., Brander, K., Luczak, C. et Ibanez, F. (2008) : *Causes and projections of abrupt climate-driven ecosystem shifts in the North Atlantic*; *Ecology Letters*, vol. 11, n° 11, p. 1157–1168. doi :10.1111/j.1461-0248.2008.01218.x
- Beaugrand, G., Reid, P.C., Ibanez, F., Lindley, J.A. et Edwards, M. (2002) : *Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate*; *Science*, vol. 296, n° 5573, p. 1692–1694. doi :10.1126/science.1071329
- Berkes, F. et Jolly, D. (2002) : *Adapting to climate change : social-ecological resilience in a Canadian western Arctic community*; *Conservation Ecology*, vol. 5, n° 2, art. 18, <<http://www.ecologyandsociety.org/vol5/iss2/art18/>>.

- Bertram, D.F. (2001) : Proceedings of the PICES/CoML/IPRC workshop on impact of climate variability on observation and prediction of ecosystem and biodiversity changes in the North Pacific : seabirds reflect changes in ocean climate; PICES Scientific Report 18, p. 179–202, <https://www.pices.int/publications/scientific_reports/Report18/Report18.pdf>.
- Bin, O. et Landry, C.E. (2013) : Changes in implicit flood risk premiums : empirical evidence from the housing market; *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 65, n° 3, p. 361–376.
- Bin, O. et Polasky, S. (2004) : Effects of flood hazards on property values : evidence before and after Hurricane Floyd; *Land Economics*, vol. 80, n° 4, p. 490–500.
- Bizikova, L., Neale, T. et Burton, I. (2008) : Canadian communities' guidebook for adaptation to climate change; Environnement Canada et l'Université de British Columbia, Vancouver, Colombie-Britannique, 100 p., <http://www.fcm.ca/Documents/tools/PCP/canadian_communities_guidebook_for_adaptation_to_climate_change_EN.pdf>.
- Bjerregaard, P. et Young, T.K. (1999) : The circumpolar Inuit : health of a population in transition; *Polar Bear*, vol. 35, n° 195, p. 355–357.
- Black, B.A., Sydeman, W.J., Frank, D.C., Griffin, D., Stahle, D.W., Garcia-Reyes, M., Rykaczewski, R.R. et Bogard, S.J. (2014) : Six centuries of variability and extremes in a coupled marine-terrestrial ecosystem; *Science*, vol. 345, n° 6203, p. 1498–1502.
- Blanchard, J., Jennings, S., Holmes, R., Harle, J., Merino, G., Allen, J.I., Holt, J., Dulvy, N.K. et Barange, M. (2012) : Potential consequences of climate change for primary production and fish production in large marine ecosystems; *Philosophical Transactions of the Royal Society, B : Biological Sciences*, vol. 367, n° 1605, p. 2979–2989. doi :10.1098/rstb.2012.0231
- Bolch, T., Menounos, B. et Wheate, R. (2010) : Landsat-based inventory of glaciers in western Canada, 1985–2005; *Remote Sensing of Environment*, vol. 114, p. 127–137.
- Bornhold, B.D. et Thomson, R.E. (2013) : Trends in sea level; dans *Climate Trends and Projections for the Pacific Large Aquatic Basin*, J.R. Christian and M.G.G. Foreman (éd.); Rapports techniques canadiens des sciences halieutiques et aquatiques, n° 3032, 113 p.
- Borsje, B.W., van Wesenbeeck, B.K., Dekker, F., Paalvast, P., Bouma, T.J., van Katwijk, M.M. et de Vries, M.B. (2011) : How ecological engineering can serve in coastal protection; *Ecological Engineering*, vol. 37, n° 2, p. 113–122.
- Borstad, G., Crawford, W., Hipfner, J.M., Thomson, R. et Hyatt, K. (2011) : Environmental control of the breeding success of rhinoceros auklets at Triangle Island, British Columbia; *Marine Ecology Progress Series*, vol. 424, p. 285–302.
- Brierley, A.S. et Kingsford, M.J. (2009) : Impacts of climate change on marine organisms and ecosystems; *Current Biology*, vol. 19, n° 14, p. R602–R614.
- Brodeur, R.D., Fisher, J.P., Emmett, R.L., Morgan, C.A. et Casillas, E. (2005) : Species composition and community structure of pelagic nekton off Oregon and Washington under variable oceanographic conditions; *Marine Ecology Progress Series*, vol. 298, p. 41–57.
- Brodeur, R.D., Pearcy, W.G. et Ralston, S. (2003) : Abundance and distribution patterns of nekton and micronekton in the northern California Current transition zone; *Journal of Oceanography*, vol. 59, n° 4, p. 515–535.
- Brodeur, R.D., Ralston, S., Emmett, R.L., Trudel, M., Auth, T.D. et Phillips, A.J. (2006) : Anomalous pelagic nekton abundance, distribution, and apparent recruitment in the northern California Current in 2004 and 2005; *Geophysical Research Letters*, vol. 33, n° 22, art. L22S08. doi :10.1029/2006GL026614
- Bryant, M.D. (2009) : Global climate change and potential effects on Pacific salmonids in freshwater ecosystems of southeast Alaska; *Climatic Change*, vol. 95, no. 1–2, p. 169–193.
- Bulleri, F. et Chapman, M.G. (2010) : The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments; *Journal of Applied Ecology*, vol. 47, n° 1, p. 26–35.
- Burch, S. (2010) : In pursuit of resilient, low carbon communities : an examination of barriers to action in three Canadian cities; *Energy Policy*, vol. 38, n° 12, p. 7575–7585.
- Burch, S. et Robinson, J. (2007) : A framework for explaining the links between capacity and action in response to global climate change; *Climate Policy*, vol. 7, n° 4, p. 304–316.
- Burch, S., Sheppard, S.R.J., Shaw, A., Flanders, D. et Cohen, S.J. (2010) : Planning for climate change in a flood-prone community : municipal barriers to policy action and the use of visualizations as decision-support tools; *Climate Impacts and Adaptation Science*, vol. 1, p. 93–121.
- Bush, E.J., Loder, J.W., James, T.S., Mortsch, L.D. et Cohen, S.J. (2014) : Un aperçu des changements climatiques au Canada, dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relative aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.); Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, p. 23–64.
- Callaway, D. (1995) : Resource use in rural Alaskan communities; dans *Human Ecology and Climate Change : People and Resources in the Far North*, D. Peterson et J.D. Johnson (éd.); Taylor & Francis, Washington, District de Columbia, p. 155–169.
- Campbell, I.D., Durant, D.G., Hunter, K.L. et Hyatt, K.D. (2014) : La production alimentaire; dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relative aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.); Gouvernement du Canada, Ottawa, ON, p. 99–134, <http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Chapitre4-Production-alimentaire_Fra.pdf>.
- Chan, F., Barth, J.A., Lubchenco, J., Kirincich, A., Weeks, H., Peterson, W.T. et Menge, B.A. (2008) : Emergence of anoxia in the California Current large marine ecosystem; *Science*, vol. 319, n° 5865, p. 920.
- Chavez, F., Hales, B., Hernandez, M., Gruber, N. et Ianson, D. (2007) : North America's Pacific coast; dans *North American Continental Margins : A Synthesis and Planning Workshop*, B. Hales, W.J. Cai, B.G. Mitchell, C.L. Sabine et O. Schofield (éd.); rapport préparé par le North American Continental Margins Working Group <a l'intention du United States Carbon Cycle Scientific Group et du Interagency Working Group, Washington, District de Columbia, p. 35–46, <<http://data.globalchange.gov/assets/48/3f/48c42b8c11bb5e3f5e442a72a7ae/north-american-continental-margins.pdf>>.
- Cheung, W.W.L., Lam, W.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R. et Pauly, D. (2009) : Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios; *Fish and Fisheries*, vol. 10, p. 235–251.
- Cheung, W.W.L., Lam, W.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R., Zeller, D. et Pauly, D. (2010) : Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change; *Global Change Biology*, vol. 16, n° 1, p. 24–35.
- Cheung, W.W.L., Zeller, D. et Pauly, D. (2011) : Projected species shifts due to climate change in the Canadian marine ecoregions; rapport préparé par le Fisheries Centre, Université de British Columbia, à l'intention de Environnement Canada, 46 p.
- Cheung, W.W.L., Pinnegar, J., Merino, G., Jones, M.C. et Barange, M. (2012) : Review of climate change impacts on marine fisheries in the UK and Ireland; *Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Ecosystems*, vol. 22, n° 3, p. 368–388.
- Cheung, W.W.L., Watson, R. et Pauly, D. (2013) : Signature of ocean warming in global fisheries catch; *Nature*, vol. 497, n° 7449, p. 365–368.
- Cheung, W.W.L., Okey, T.A., Brodeur, R.D. et Pauly, D. (en préparation) : Projecting future change in distributions of marine fishes along the west coast of North America; *Marine Ecology Progress Series*.
- Clark C.W. (1990) : *Mathematical Bioeconomics : The Optimal Management of Renewable Resources (Second Edition)*; Wiley, New York, New York, 386 p.
- Cooke, S.J., Hinch, S.G., Farrell, A.P., Lapointe, M.F., Jones, S.R.M., Macdonald, J.S., Patterson, D.A., Healey, M.C. et Van Der Kraak, G. (2004) : Abnormal migration timing and high en route mortality of sockeye salmon in the Fraser River, British Columbia; *Fisheries*, vol. 29, n° 2, p. 22–33.
- Cosgrove, J.A. (2005) : The first specimens of Humboldt squid in British Columbia; *PICES Press*, vol. 13, n° 2, p. 30–31.
- Craig-Smith, J., Tapper, R. et Font, X. (2006) : The coastal and marine environment; dans *Tourism and Global Environmental Change : Ecological, Social, Economic and Political Interrelationships*, S. Gössling et C.M. Hall; Routledge (éd.), Londres, Royaume-Uni, p. 107–127.
- Crawford, W.R., Cherniawsky, J., Foreman, M., et Chandler, P. (1999) : El Niño sea level signal along the west coast of Canada; *North Pacific Marine Science Organization (PICES), Scientific Report No. 10*.
- Crim, R.N., Harley, C.D.G. et Sunday, J.M. (2011) : Elevated seawater CO₂ concentrations impair larval development and reduce larval survival in endangered northern abalone (*Haliotis kamtschatkana*); *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 400, n° 1–2, p. 272–277.
- Crossin, G.T., Hinch, S.G., Cooke, S.J., Welch, D.W., Patterson, D.A., Jones, S.R.M., Lotto, A.G., Leggatt, R.A., Mathes, M.T., Shrimpton, J.M., Van Der Kraak, G. et Farrell, A.P. (2008) : Exposure to high temperature influences the behaviour, physiology, and survival of sockeye salmon during spawning migration; *Revue canadienne de zoologie*, vol. 86, n° 2, p. 127–140.
- Cunderlik, J.M. et Burn, D.H. (2002) : Local and regional trends in monthly maximum flows in southern British Columbia; *Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 27, n° 2, p. 191–212.

- Dawson, R.J., Dickson, M.E., Nicholls, R.J., Hall, J.W., Walkden, M.J.A., Stansby, P.K., Mokrech, M., Richards, J., Zhou, J., Milligan, J., Jordan, A., Pearson, S., Rees, J., Bates, P.D., Joukoulas, S. et Watkinson, A.R. (2009) : Integrated analysis of risks of coastal flooding and cliff erosion under scenarios of long term change; *Climatic Change*, vol. 95, n° 1–2, p. 249–288.
- Delcan (2012) : Cost of adaptation – sea dikes and alternative strategies – final report; BC Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations, 23 p., <http://www.env.gov.bc.ca/wsd/public_safety/flood/pdfs_word/cost_of_adaptation-final_report_oct2012.pdf>.
- Demarchi, D.A. (2011) : The British Columbia ecoregion classification (third edition); BC Ministry of Environment, <<http://www.env.gov.bc.ca/ecology/ecoregions/contents.html>>.
- Déry, S.J., Hernández-Henríquez, M.A., Owens, P.N., Parkes, M.W. et Petticrew, E.L. (2012) : A century of hydrological variability and trends in the Fraser River basin; *Environmental Research Letters*, vol. 7, n° 2, art. 024019. doi :10.1088/1748-9326/7/2/024019
- District régional de la capitale (2012) : Climate Action Program : 2012 annual report; District régional de la capitale (DRC), Climate Action Program, Victoria, Colombie-Britannique, 12 p., <<https://www.crd.bc.ca/docs/default-source/climate-action-pdf/2012-cap-annual-report.pdf?sfvrsn=0>>.
- Dugan, J.E., Hubard, D.M., Rodil, I.F., Revell, D.L. et Schroeter, S. (2008) : Ecological effects of coastal armouring on sandy beaches; *Marine Ecology*, vol. 29, suppl. s1, p. 160–170.
- Eggleton, J. et Thomas, K.V. (2004) : A review of factors affecting the release and bioavailability of contaminants during sediment disturbance events; *Environment International*, vol. 30, n° 7, p. 973–980.
- Elliott, J.M. (1994) : *Quantitative Ecology and the Brown Trout* (Oxford Series in Ecology and Evolution); Oxford University Press, Oxford, Royaume-Uni, 304 p.
- Évaluation de l'impact du changement climatique dans l'Arctique, Secrétariat, éditeur (2005) : Arctic Climate Impact Assessment, Évaluation de l'impact du changement climatique dans l'Arctique: Rapport scientifique; Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 1046 p., <<http://www.acia.uaf.edu/pages/scientific.html>>.
- Farrell, J. et Rose, A.H. (1967) : Temperature effects on micro-organisms; dans *Thermobiology*, A.H. Rose (éd.); Academic Press, Londres, Royaume-Uni, p. 147–218.
- Feely, R.A., Sabine, C.L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V.J. et Millero, F.J. (2004) : Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans; *Science*, vol. 305, p. 362.
- Finney, B.P., Gregory-Eaves, I., Douglas, M.S.V. et Smol, J.P. (2002) : Fisheries productivity in the northeastern Pacific Ocean over the past 2,200 years; *Nature*, vol. 416, no. 6882, p. 729–733.
- Fleming, S.W. et Whitfield, P.H. (2010) : Spatiotemporal mapping of ENSO and PDO surface meteorological signals in British Columbia, Yukon and southeast Alaska; *Atmosphere-Ocean*, vol. 48, n° 2, p. 122–131.
- Fleming, S.W., Whitfield, P.H., Moore, R.D. et Quilty, E.J. (2007) : Regime-dependent streamflow sensitivities to Pacific climate modes cross the Georgia-Puget transboundary ecoregion; *Hydrological Processes*, vol. 21, n° 24, p. 3264–3287. doi :10.1002/hyp.6544
- Forsberg, J.E. (2013) : Age distribution of Pacific halibut in the 2013 IPHC stock assessment setline survey; International Pacific Halibut Commission (IPHC) Report of Assessment and Research Activities 2013, p. 433–439, <http://www.iphc.int/publications/rara/2013/rara2013_29_2013surveyage.pdf>.
- Forseth, P. (2012) : Adaptation to sea level rise in Metro Vancouver : a review of literature for historical sea level flooding and projected sea level rise in Metro Vancouver; rapport préparé par P. Forseth à l'intention de l'Adaptation to Climate Change Team (ACT), Université Simon Fraser, Burnaby, Colombie-Britannique, 34 p., <http://act-adapt.org/wp-content/uploads/2011/06/ACT_SLR_Literature-Review_250212.pdf>.
- Freeland, H.J. (2013) : Evidence of change in the winter mixed layer in the northeast Pacific Ocean : a problem revisited; *Atmosphere-Ocean*, vol. 51, n° 1, p. 126–133.
- Freeland, H.J., Denman, K., Wong, C.S., Whitney, F. et Jacques, R. (1997) : Evidence of change in the winter mixed layer in the Northeast Pacific Ocean; *Deep-Sea Research*, Part I : Oceanographic Research Papers, vol. 44, n° 12, p. 2117–2129.
- Fry, F.E.J. (1967) : Responses of vertebrate poikilotherms to temperature; dans *Thermobiology*, A.H. Rose (éd.); Academic Press, Londres, Royaume-Uni, p. 375–409.
- Fulton, J.D. (1985) : Summary of unusual sightings of marine species off British Columbia during the 1982-82 El Niño; dans *El Niño North : Niño Effects in the Eastern Subarctic Pacific Ocean*, W.S. Wooster et D.L. Fluharty (éd.); Washington Sea Grant, Seattle, Washington, p. 248–252.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2000) : Rapport spécial sur les scénarios d'émissions; Groupe de travail III, N. Nakicenovic et R. Swart (éd.); Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 599 p., <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/emissions_scenarios.pdf>.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2013c). Résumé à l'intention des décideurs; dans *Changements climatiques 2013: les éléments scientifiques*, contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, p. 3–29, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf>.
- Hallegatte, S., Green, C., Nicholls, R.J. et Corfee-Morlot, J. (2013) : Future flood losses in major coastal cities; *Nature Climate Change*, vol. 3, p. 803–806.
- Harding, J.A., Ammann, A.J. et MacFarlane, R.B. (2011) : Regional and seasonal patterns of epipelagic fish assemblages from the central California Current; *Fishery Bulletin*, vol. 109, n° 3, p. 261–281.
- Harford, D. (2008) : Climate change adaptation : planning for BC; Pacific Institute for Climate Solutions (PICS), Université de Victoria, Victoria, Colombie-Britannique, *Adaptation Priorities*, 28 p., <http://pics.uvic.ca/sites/default/files/uploads/publications/WP_Adaptation_Planning_November2008.pdf>.
- Herrick, S., Hill, K. et Reiss, C. (2006) : An optimal harvest policy for the recently renewed United States Pacific sardine fishery; dans *Climate Change and the Economics of the World's Fisheries : Examples of Small Pelagic Stocks*, R. Hannesson, M. Barange, et S. Herrick (éd.); Edward Elgar, Glasgow, Royaume-Uni, p. 126–150.
- Hill, K.T., Lo, N.C.H., Macewicz, B.J. et Felix-Uraga, R. (2006) : Assessment of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caerulea*) population for U.S. management in 2006; United States Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Technical Memorandum, 75 p.
- Hill, P.R., Butler, R.W., Elnor, R.W., Houser, C., Kirwan, M.L., Lambert, A., Lintern, D.G., Mazzotti, S., Shaw, A., Sutherland, T., Levings, C., Morrison, S., Petersen, S. et Solomon, S. (2013) : Impacts of sea level rise on Roberts Bank (Fraser Delta, British Columbia); Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada, Dossier public 7259, 71 p., <<http://geogatis.gc.ca/api/en/nrcan-mcan/ess-sst/c4813e59-f100-599f-8899-685fd6a34369.html>>.
- Hinch, S.G. et Martins, E.G. (2011) : Examen des effets potentiels des changements climatiques sur la survie des saumons rouges du fleuve Fraser et analyse des tendances interannuelles de la mortalité en cours de migration et avant la fraye; Commission d'enquête Cohen sur les déclinés des populations de saumon rouge du fleuve Fraser, Rapport technique 9, 134 p., <<http://www.watershed-watch.org/wordpress/wp-content/uploads/2011/06/Exh-553-NonRT.pdf>>.
- Hipfner, J.M. (2008) : Matches and mismatches : ocean climate, prey phenology and breeding success in a zooplanktivorous seabird; *Marine Ecology Progress Series*, vol. 368, p. 295–304.
- Huppert, D.D., Moore, A. et Dyson, K. (2009) : Impacts of climate change on the coasts of Washington State; dans *The Washington Climate Change Impacts Assessment : Evaluating Washington's Future in a Changing Climate*; Climate Impacts Group, University of Washington, Seattle, Washington, p. 285–309, <<http://cse.washington.edu/db/pdf/wacciac8coasts651.pdf>>.
- Hyatt, K.D., Stockwell, M.M. et Rankin, D.P. (2003) : Impact and adaptation of Okanagan River sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* to climate variation and change effects during fresh water migration : stock restoration and fisheries management implications; *Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 28, n° 4, p. 689–713.
- Ianson, D. (2008) : Ocean acidification off the West Coast; dans *État des ressources physiques et biologiques et de certaines ressources des écosystèmes des eaux canadiennes du Pacifique*, J. Irvine et B. Crawford (éd.); Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche 2008/013, p. 37–38, <http://www.dfo-mpo.gc.ca/CSAS/Csas/Publications/ResDocs-DocRech/2008/2008_013_e.pdf>.
- Ianson, D. (2013) : The increase in carbon along the Canadian Pacific coast; dans *Climate Trends and Projections for the Pacific Large Area Basin*, J.R. Christian et M.G.G. Foreman (éd.); Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 3032, p. 57–66, <http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/mpo-dfo/Fs97-6-3032-eng.pdf>.

- Intervistas Consulting Inc. (2009) : 2008 Port Metro Vancouver economic impact study – final report; report prepared by Intervistas Consulting Inc. for Port Metro Vancouver, Vancouver, British Columbia, 103 p., <<http://www.metrovancouver.org/services/regional-planning/PlanningPublications/PMV-Economic-Impact-Study.pdf>>.
- Irvine, J.R. et Crawford W.R., éditeurs (2012) : État des ressources physiques et biologiques et de certaines ressources halieutiques des écosystèmes des eaux canadiennes du Pacifique en 2011; Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche 2012/072, 142 p., <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Csas-sccs/publications/resdocs-docre-ch/2012/2012_072-eng.pdf>.
- Irvine J.R. et Fukuwaka, M.A. (2011) : Pacific salmon abundance trends and climate change; ICES Journal of Marine Science, vol. 68, n° 6, p. 1122–1130.
- Ishimura, G., Herrick, S. et Sumaila, U.R. (2012) : Fishing games under climate variability : transboundary management of Pacific sardine in the California Current system; Environmental Economics and Policy, vol. 15, n° 2, p. 189–209.
- Ishimura, G., Herrick, S. et Sumaila, U.R. (2013) : Stability of cooperative management of the Pacific sardine fishery under climate variability; Marine Policy, vol. 39, p. 333–340.
- Jacob, C., McDaniels, T. et Hinch, S. (2010) : Indigenous culture and adaptation to climate change : sockeye salmon and the St'at'imc people; Mitigating Adaptation Strategies to Global Change, vol. 15, n° 8, p. 859–876.
- James, T.S., Henton, J.A., Leonard, L.J., Darlington, A., Forbes, D.L. et Craymer, M. (2014) : Relative sea level rise projections for Canada and the adjacent mainland United States; Commission géologique du Canada, Dossier public 7737, 67 p., <http://ftp2.cits.mcan.gc.ca/pub/geott/ess_pubs/295/295574/of_7737.pdf>.
- James, T.S., Henton, J.A., Leonard, L.J., Darlington, A., Forbes, D.L. et Craymer, M. (2015) : Tabulated values of relative sea-level projections in Canada and the adjacent mainland United States; Commission géologique du Canada, Dossier public 7942, 81 p. doi:10.4095/297048
- Kalnejais, L.H., Martin, W.R., Signell, R.P. et Bothner, M.H. (2007) : Role of sediment resuspension in the remobilization of particulate-phase metals from coastal sediments; Environmental Science & Technology, vol. 41, n° 7, p. 2282–2288.
- Kalnejais, L.H., Martin, W.R. et Bothner, M.H. (2010) : The release of dissolved nutrients and metals from coastal sediments due to resuspension; Marine Chemistry, vol. 121, n° 1–4, p. 224–235.
- Katsanevakis, S., Stelzenmuller, V., South, A., Sorensen, T.K., Jones, P.J.S., Kerr, S., Badalamenti, F., Anagnostou, C., Breen, P., Chust, G., D'Anna, G., Duijn, M., Filatova, T., Fiorentino, F., Hulsman, H., Johnson, K., Karageorgis, A.R., Kroncke, I., Mirto, S., Pipitone, C., Portelli, S., Qiu, W.F., Reiss, H., Sakellariou, D., Salomidi, M., van Hoof, L., Vassilopoulou, V., Fernandez, T.V., Voge, S., Weber, A., Zenetos, A. et ter Hofstede, R. (2011) : Ecosystem-based marine spatial management : review of concepts, policies, tools, and critical issues; Ocean & Coastal Management, vol. 54, n° 1, p. 807–820.
- Katz, J., Moyle, P.B., Quiñones, R.M., Israel, J. et Purdy, S. (2013) : Impending extinction of salmon, steelhead, and trout (Salmonidae) in California; Environmental Biology of Fishes, vol. 96, n° 10–11, p. 1169–1186. doi:10.1007/s10641-012-9974-8
- Klein, R.J.T. et Nicholls, R.J. (1999) : Assessment of coastal vulnerability to climate change; Ambio, vol. 28, n° 2, p. 182–187.
- Kleypas, J.A., Feely, R.A., Fabry, V.J., Langdon, C., Sabine, C.L. et Robbins, L.L. (2005) : Impacts of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers : a guide for future research; National Science Foundation (NSF), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et United States Geological Survey (USGS), p. 18–20, <<http://www.issse.ucar.edu/florida>>.
- Knowles, N., Dettlinger, M.D. et Cayan, D.R. (2006) : Trends in snowfall versus rainfall in the western United States; Journal of Climate, vol. 19, n° 18, p. 4545–4559.
- Kurihara, H., Kato, S. et Ishimatsu, A. (2007) : Effects of increased seawater pCO₂ on early development of the oyster *Crassostrea gigas*; Aquatic Biology, vol. 1, p. 91–98.
- Lancaster, S.T., Nolin, A.W., Copeland, E.A. et Grant, G.E. (2012) : Periglacial debris-flow initiation and susceptibility and glacier recession from imagery, airborne LiDAR, and ground-based mapping; Geosphere, vol. 8, n° 2, p. 417–430.
- La Presse canadienne (2009) : Giant squid wash up on Vancouver Island; nouvelles de la SRC, <<http://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/story/2009/08/05/bc-tofino-giant-squid.html>>.
- Lee, M. (2002) : The cooler ring : urban Alaska native women and the subsistence debate; Arctic Anthropology, vol. 39, n° 1–2, p. 3–9.
- MacDonald, J.S., Foreman, M.G.G., Farrell, T., Williams, I.V., Grout, J., Cass, A., Woodey, J.C., Enzenhofer, H., Clarke, W.C., Houtman, R., Donaldson, E.M. et Barnes, D. (2000) : 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, 117 p. <http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/mpo-dfo/Fs97-6-2326-eng.pdf>.
- Mackas, D.L., Batten, S. et Trudel, M. (2007) : Effects on zooplankton of a warmer ocean : recent evidence from the northeast Pacific; Progress in Oceanography, vol. 75, n° 2, p. 223–252.
- Mackas, D.L., Goldblatt, R. et Lewis, A.G. (1998) : Interdecadal variation in developmental timing of *Neocalanus plumchrus* populations at Ocean Station P in the subarctic north Pacific; revue canadienne des sciences halieutiques et aquatiques, vol. 55, n° 8, p. 1878–1893.
- Martins, E.G., Hinch, S.G., Patterson, D.A., Hague, M.J., Cooke, S.J., Miller, K.M., Lapointe, M.F., English, K.K. et Farrell, A.P. (2011) : Effects of river temperature and climate warming on stock-specific survival of adult migrating Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*); Global Change Biology, vol. 17, n° 1, p. 99–114.
- Matthews, D.R. (1993) : Controlling Common Property : Regulating Canada's East Coast Fishery; University of Toronto Press, Toronto, Ontario, 277 p.
- Matthews, D.R. (2003) : Using a social capital perspective to understand social and economic development in coastal British Columbia; Policy Research Initiative, Policy Horizons Canada, vol. 6, n° 3, p. 25–29, <<http://www.horizons.gc.ca/sites/default/files/Publication-alt-format/2003-0183-eng.pdf>>.
- Mazzotti, S., Jones, C. et Thomson, R.E. (2008) : Relative and absolute sea level rise in western Canada and northwestern United States from a combined tide gauge-GPS analysis; Journal of Geophysical Research; Oceans, vol. 113, art. C11019. doi:10.1029/2008JC004835
- Mazzotti, S., Lambert, A., Van der Kooij, M. et Mainville, A. (2009) : Natural and anthropogenic subsidence of the Fraser River Delta; Geology, vol. 37, n° 9, p. 771–774, doi:10.1130/G25640A.1
- McGrath-Hanna, N., Greene, D.M., Tavernier, R.J. et Bult-Ito, A. (2003) : Diet and mental health in the arctic : is diet an important risk factor for mental health in circumpolar peoples? – a review; International Journal of Circumpolar Health, vol. 62, n° 3, p. 228–241.
- McKinnell, S.M., Curchitser, E., Groot, C., Kaeriyama, M. et Myers, K.W. (2011) : The decline of Fraser River sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Steller, 1743) in relation to marine ecology; Commission d'enquête Cohen sur les déclinés des populations de saumon rouge du fleuve Fraser, Rapport technique 4, 195 p., <<http://www.watershed-watch.org/wordpress/wp-content/uploads/2011/10/Exh-1291-CCI001134.pdf>>.
- McMichael, G.A. et Kaya, C.M. (1991) : Relations among stream temperature, angling success for rainbow trout and brown trout, and fisherman satisfaction; North American Journal of Fisheries Management, vol. 11, n° 2, p. 190–199.
- McRae, D.M. et Pearce, P.H. (2004) : Treaties and transition : toward a sustainability fishery policy on Canada's Pacific Coast; Ministère des Pêches et Océans Canada, 59 p., <<http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/publications/pdfs/jtf-eng.pdf>>.
- Melzner, F., Stange, P., Trübenbach, K., Thomsen, J., Casties, I., Panknin, U., Gorb, S.N. et Gutowska, M.A. (2011) : Food supply and seawater pCO₂ impact calcification and internal shell dissolution in the blue mussel *Mytilus edulis*; Plos One, vol. 6, n° 9, art. e24223. doi:10.1371/journal.pone.0024223
- Mesquita, M.S., Atkinson, D.E. et Hodges, K.I. (2010) : Characteristics and variability of storm tracks in the north Pacific, Bering Sea, and Alaska; Journal of Climate, vol. 23, n° 2, p. 294–311.
- Miller, A.W., Reynolds, A.C., Sobrino, C. et Riedel, G.F. (2009) : Shellfish face uncertain future in high CO₂ world : influence of acidification on oyster larvae calcification and growth in estuaries; Plos One, vol. 4, n° 5, art. e5661. doi:10.1371/journal.pone.0005661
- Miller, K., Munro, G.R. et Bjoerndal, T. (2004) : Climate, competition and the management of shared fish stocks; Institute for Research in Economics and Business Administration, Bergen, Norvège, Working Paper 33, 14 p., <http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/165578/A33_04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Moody, M. et Pitcher, T. (2010) : Eulachon (*Thaleichthys pacificus*) : past and present; Fisheries Centre Research Reports, vol. 18, n° 2, 197 p., <http://publications.oceans.ubc.ca/webfm_send/144>.
- Moore, R.D. et Demuth, M.N. (2001) : Mass balance and streamflow variability at Place Glacier, Canada, in relation to recent climate fluctuations; Hydrological Processes, vol. 15, n° 18, p. 3473–3486.

- Moore, R.D., Fleming, S.W., Menounos, B., Wheate, R., Fountain, A., Stahl, K., Holm, K. et Jakob, M. (2009) : Glacier change in western North America : influences on hydrology, geomorphic hazards and water quality; *Hydrological Processes*, vol. 23, n° 1, p. 42–61.
- Moore, R.D., Spittlehouse, D., Whitfield, P. et Stahl, K. (2010) : Weather and climate; dans *Compendium of Forest Hydrology and Geomorphology in British Columbia*, R.G. Pike, T.E. Redding, R.D. Moore, R.D. Winkler et K.D. Bladon (éd.); *Land Management Handbook 66*, vol. 1, p. 47–84, <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Lmh/Lmh66/Lmh66_ch03.pdf>.
- Morrill, J.C., Bales, R.C. et Conklin, M.H. (2005) : Estimating stream temperature from air temperature : implications for future water quality; *Journal of Environmental Engineering*, vol. 131, n° 1, p. 139–146.
- Morrison, J., Foreman, M.G.G. et Masson, D. (2012) : A method for estimating monthly freshwater discharge affecting British Columbia coastal waters; *Atmosphere-Ocean*, vol. 50, n° 1, p. 1–8.
- Morrison, J., Quick, M.C. et Foreman, M.G.G. (2002) : Climate change in the Fraser River watershed : flow and temperature predictions; *Journal of Hydrology*, vol. 263, n° 1–4, p. 230–244.
- Mote, P.W. (2003) : Trends in snow water equivalent in the Pacific Northwest and their climatic causes; *Geophysical Research Letters*, vol. 30, n° 12, art. 1601. doi :10.1029/2003GL017258
- Mote, P.W., Hamlet, A.F., Clark, M.P. et Lettenmaier, D.P. (2005) : Declining mountain snowpack in western North America; *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 86, n° 1, p. 39–49.
- MPO [Pêches et Océans Canada] (2011a) : L'enquête de 2010 sur la pêche récréative au Canada; Pêches et Océans, <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/rec/can/2010/section4-fra.htm>>.
- MPO [Pêches et Océans Canada] (2011b) : État de l'océan Pacifique 2010; Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Avis scientifique 2011/032, 23 p., <http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/SAR-AS/2011/2011_032-fra.pdf>.
- Munro, G. (2007) : Internationally shared fish stocks, the high seas, and property rights in fisheries; *Marine Resource Economics*, vol. 22, n° 4, p. 425–443.
- Nations Unies (1982) : Convention on the conservation and management of highly migratory fish stocks in the western and central Pacific Ocean; Nations Unies, Article 63(1).
- Nemcek, N., Ianson, D. et Tortell, P.D. (2008) : A high-resolution survey of DMS, CO₂, and O₂/Ar distributions in productive coastal waters; *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 22, n° 2, GB2009. doi :10.1029/2006GB002879
- Norton, J.G. et Mason, J.E. (2005) : Relationship of California sardine (*Sardinops sagax*) abundance to climate scale ecological changes in the California Current ecosystem; *California Cooperative Oceanic Fisheries*, vol. 46, p. 83–92.
- Nuttall, M. (2001) : Indigenous peoples and climate change research in the Arctic; *Indigenous Affairs*, vol. 4/01, p. 26–35, <http://www.iwgia.org/iwgia_files_publications_files/IA_4-01.pdf>.
- Okey, T.A., Alidina, H.M., Lo, V. et Jessen, S. (2014) : Effects of climate change on Canada's Pacific marine ecosystems : a summary of scientific knowledge; *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 24, n° 2, p. 519–599.
- Okey, T.A., Alidina, H.M., Montenegro, A., Lo, V. et Jessen, S. (2012) : Climate change impacts and vulnerabilities in Canada's Pacific marine ecosystems; *Canadian Parks and Wilderness Society–British Columbia Chapter (CPAWS BC) et World Wild Fund–Canada (WWF–Canada)*, Vancouver, «colombie-Britannique, 156 p., <http://awsassets.wwf.ca/downloads/climate_change_impacts_and_vulnerabilities_in_canadas_pacific_marine_ecosystems.pdf>.
- Orsi, J.A., Harding, J.A., Pool, S.S., Brodeur, R.D., Halderson, L.J., Murphy, J.M., Moss, J.H., Farley, E.V., Sweeting, R.M., Morris, J.F.T., Trudel, M., Beamish, R., Emmett, R.L. et Ferguson, E.A. (2007) : Epipelagic fish assemblages associated with juvenile Pacific salmon in neritic waters of the California Current and the Alaska Current; *American Fisheries Society Symposium*, vol. 57, p. 105–155.
- Overland, J.E. et Wang, M. (2007) : Future climate of the north Pacific Ocean; *Eos, Transactions American Geophysical Union*, vol. 88, n° 16, p. 178–182.
- Pauly, D. (2010) : If you didn't like overfishing, you sure won't like global warming (thème central du symposium); dans *Proceedings of the 62nd Meeting of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, Cumaná, Venezuela, novembre 2009, A. Acosta et L. Creswell (éd.); *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, vol. 62, 6 p., <http://www.gcfi.org/proceedings/sites/default/files/procs/gcfi_62-3.pdf>.
- PCIC [Pacific Climate Impacts Consortium] (2013a) : Atmospheric rivers state of knowledge report; Pacific Climate Impacts Consortium, Université de Victoria, Victoria, Colombie-Britannique, 16 p., <<http://www.pacificclimate.org/sites/default/files/publications/Atmospheric%20Report%20Final%20Revised.pdf>>.
- PCIC [Pacific Climate Impacts Consortium] (2013b) : Climate summary for South Coast Region – part of a series on the resource regions of British Columbia; Pacific Climate Impacts Consortium, Université de Victoria, Victoria, Colombie-Britannique, 4 p., <http://www.pacificclimate.org/sites/default/files/publications/Climate_Summary-South_Coast.pdf>.
- PCIC [Pacific Climate Impacts Consortium] (2013c) : Climate summary for West Coast Region – part of a series on the resource regions of British Columbia; Pacific Climate Impacts Consortium, Université de Victoria, Victoria, Colombie-Britannique, 4 p., <http://www.pacificclimate.org/sites/default/files/publications/Climate_Summary-West_Coast.pdf>.
- Peterman, R.M. et Dorner, B. (2011) : Fraser River sockeye production dynamics; Commission d'enquête Cohen sur les déclinés des populations de saumon rouge du fleuve Fraser, Rapport technique 10, 134 p., <<http://www.watershed-watch.org/wordpress/wp-content/uploads/2011/07/Exh-748-Final.pdf>>.
- Peterman, R.M. et Dorner, B. (2012) : A widespread decrease in productivity of sockeye salmon populations in western North America; *Revue canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 69, n° 8, p. 1255–1260.
- Powell A.M. et Xu, J. (2011) : Abrupt climate regime shifts, their potential forcing and fisheries impacts; *Atmospheric and Climate Sciences*, vol. 1, n° 2, p. 33–47.
- Ralph, F.M. et Dettinger, M.D. (2012) : Historical and national perspectives on extreme west coast precipitation associated with atmospheric rivers during December 2010; *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 93, n° 6, p. 783–790.
- Rand, P.S., Hinch, S.G., Morrison, J., Foreman, M.G.G., MacNutt, M.J., Macdonald, J.S., Healey, M.C., Farrell, A.P. et Higgs, D.A. (2006) : Effects of river discharge, temperature, and future climates on energetics and mortality of adult migrating Fraser River sockeye salmon; *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 135, n° 3, p. 655–667.
- Reed, T., Schindler, D., Hague, M., Patterson, D., Meir, E., Waples, R. et Hinch, S. (2011) : Time to evolve? Potential evolutionary responses of Fraser River sockeye salmon to climate change and effects on persistence; *Plos One*, vol. 6, n° 6, art. e20380. doi :10.1371/journal.pone.0020380
- Reuter, K.E., Lotterhos, K.E., Crim, R.N., Thompson, C.A. et Harley, C.D.G. (2011) : Elevated pCO₂ increases sperm limitation and risk of polyspermy in the red sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*; *Global Change Biology*, vol. 17, n° 7, p. 2512–2512.
- Richardson, G.R.A. et Otero, J. (2012) : Outils d'aménagement locaux pour l'adaptation aux changements climatiques; Gouvernement du Canada, Ottawa, 38 p., <http://publications.gc.ca/site/archivée-archived.html?url=http://publications.gc.ca/collections/collection_2013/rncan-rncan/M4-106-2012-fra.pdf>.
- Ries, J.B., Cohen, A.L. et McCorkle, D.C. (2009) : Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO₂-induced ocean acidification; *Geology*, vol. 37, n° 12, p. 1131–1134.
- Roberts, D.A. (2012) : Causes and ecological effects of resuspended contaminated sediments (RCS) in marine environments; *Environment International*, vol. 40, p. 230–243.
- Robinson, C.L.K. et Ware, D.M. (1999) : Simulated and observed response of the southwest Vancouver Island pelagic ecosystem to oceanic conditions in the 1990s; *Revue canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 56, n° 12, p. 2433–2443.
- Rodenhuis, D., Bennett, K.E., Werner, A.T., Murdock, T.Q. et Bronaugh, D. (2009) : Climate overview 2007 : hydro-climatology and future climate impacts in British Columbia; Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC), Université de Victoria, Victoria, Colombie-Britannique, 132 p., <http://www.pacificclimate.org/sites/default/files/publications/Rodenhuis_ClimateOverview.Mar2009.pdf>.
- Rogers, L.A. et Schindler, D.E. (2011) : Scale and the detection of climatic influences on the productivity of salmon populations; *Global Change Biology*, vol. 17, n° 8, p. 2546–2558.
- Rogers-Bennett, L. (2007) : The ecology of *Strongylocentrotus franciscanus* and *Strongylocentrotus purpuratus*; *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, vol. 37, p. 393–425.
- Schiefer, E., Menounos, B. et Wheate, R. (2007) : Recent volume loss of British Columbian glaciers, Canada; *Geophysical Research Letters*, vol. 34, n° 16, art. L16503. doi :10.1029/2007GL030780
- Schiel, D.R., Steinbeck, J.R. et Foster, M.S. (2004) : Ten years of induced ocean warming causes comprehensive changes in marine benthic communities; *Ecology*, vol. 85, n° 7, p. 1833–1839.

- Schnorbus, M., Werner, A. et Bennett, K. (2014) : Impacts of climate change in three hydrologic regimes in British Columbia, Canada; *Hydrological Processes*, vol. 28, n° 3, p. 1170–1189.
- Sécurité publique Canada (2013) : Base de données canadienne sur les catastrophes (critères de recherche : lieu, Colombie-Britannique, type d'événement, tous les événements météorologiques, normalisation–indice des prix à la consommation, 2010); Sécurité publique Canada, <<http://bdc.securitepublique.gc.ca/srchpg-fra.aspx?dynamic=false>>.
- Selbie, D.T., Sweetman, J.N., Ethernon, P., Hyatt, K.D., Rankin, D.P., Finney, B.P. et Smol, J.P. (2011) : Climate change modulates structural and functional lake ecosystem responses to introduced anadromous salmon; *Revue canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 68, n° 4, p. 675–692.
- Shabbar, A., Bonsal, B. et Khandekar, M. (1997) : Canadian precipitation patterns associated with the Southern Oscillation; *Journal of Climate*, vol. 10, n° 12, p. 3016–3027.
- Shaw, A.D., Lintern, D.G., Hill, P. et Houser, D. (2006) : Factors controlling tidal flat response to sea level rise : Roberts Bank, British Columbia, Canada; *Coastal Dynamics 2005*, p. 1–12. doi :10.1061/40855(214)40
- Shrestha, R.R., Schnorbus, M.A., Werner, A.T. et Berland, A.J. (2012) : Modelling spatial and temporal variability of hydrologic impacts of climate change in the Fraser River basin, British Columbia, Canada; *Hydrological Processes*, vol. 26, n° 12, p. 1840–1860.
- Smit, B. et Wandel, J. (2006) : Adaptation, adaptive capacity and vulnerability; *Global Environmental Change*, vol. 16, n° 3, p. 282–292.
- Snyder, M.A., Sloan, L.C., Diffenbaugh, N.S. et Bell, J.L. (2003) : Future climate change and upwelling in the California Current; *Geophysical Research Letters*, vol. 30, n° 15, art. 1823. doi :10.1029/2003GL017647
- Stahl, K. et Moore, R.D. (2006) : Influence of watershed glacier coverage on summer streamflow in British Columbia, Canada; *Water Resources Research*, vol. 42, n° 6, art. W06201. doi :10.1029/2006WR005022
- Stahl, K., Moore, R.D., Shea, J.M., Hutchinson, D. et Cannon, A.J. (2008) : Coupled modelling of glacier and streamflow response to future climate scenarios; *Water Resources Research*, vol. 44, n° 2, art. W02422. doi :10.1029/2007WR005956
- Stewart, I.T. (2009) : Changes in snowpack and snowmelt runoff for key mountain regions; *Hydrological Processes*, vol. 23, n° 1, p. 78–94.
- Stewart, I.T., Cayan, D.R. et Dettinger, M.D. (2005) : Changes toward earlier streamflow timing across western North America; *Journal of Climate*, vol. 18, n° 8, p. 1136–1155.
- Stroemer, T. et Wilson, M. (2013) : British Columbia's fisheries and aquaculture sector, 2012 edition; rapport préparé par BC Stats à l'intention de Pêches et Océans Canada, 98 p., <http://www.bcstats.gov.bc.ca/aboutus/news/13-01-29/British_Columbia_s_Fisheries_and_Aquaculture_Sector.aspx>.
- Sumaila, U.R. (1999) : A review of game theoretic models of fishing; *Marine Policy*, vol. 23, n° 1, p. 1–10.
- Sumaila, U.R. (2013) : Game Theory and Fisheries : Essays on the Tragedy of Free for All Fishing; Routledge, Londres, Royaume-Uni, 178 p.
- Swanson, D. et Bhadwal, S., editors (2009) : Creating Adaptive Policies : A Guide for Policy-making in an Uncertain World; Institut international du développement durable, Energy and Resources Institute et le Centre de recherches pour le développement international, 168 p., <<http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/40245/1/IDL-40245.pdf>>.
- Thomas, D.S. et Twyman, C. (2005) : Equity and justice in climate change adaptation amongst natural-resource-dependent societies; *Global Environmental Change*, vol. 15, n° 2, p. 115–124.
- Thomson, R.E., Bornhold, B.D. et Mazzotti, S. (2008) : An examination of the factors affecting relative and absolute sea level in coastal British Columbia; *Rapports techniques canadiens sur l'hydrographie et les sciences océaniques 260*, 49 p., <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/335209.pdf>>
- Trudel, M., Gillespie, G., Cosgrove, J. et Wing, B. (2006) : Warm water species in British Columbia and Alaska; dans *State of the Pacific Ocean 2005*; Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Rapport sur l'état de l'océan 2006/001, p. 53, <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/324625.pdf>>.
- Vadeboncoeur, N. (2014) : Knowing climate change : modeling, understanding and managing risk; thèse de doctorat, Université de British Columbia, Vancouver, Colombie-Britannique, 301 p., <<https://circle.ubc.ca/handle/2429/50777>>.
- Vadeboncoeur, N. (2015) : British Columbia Coastal Geodata and Flood Planning Inventory; Fraser Basin Council, Vancouver, Colombie-Britannique.
- Ville de Courtenay (2014) : Integrated flood management strategy; Ville de Courtenay, Flood Management Study, <<http://www.courtenay.ca/EN/main/departments/engineering/flood-management-study.html>>.
- Ville de Vancouver (1990) : Clouds of change : final report of the City of Vancouver task force on atmospheric change; Office of the City Clerk, Vancouver, Colombie-Britannique, 183 p.
- Wade, N.L., Martin, J. et Whitfield, P.H. (2001) : Hydrologic and climatic zonation of Georgia Basin, British Columbia; *Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 26, n° 1, p. 43–70.
- Walker, I.J. et Sydneysmith, R. (2008) : Colombie-Britannique; dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.); Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, p. 329–386, <http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2007/pdf/ch8_e.pdf>.
- Ward, J.V. (1992) : Aquatic Insect Ecology, Biology and Habitat; Wiley, New York, New York, 456 p.
- Ware, D.M. et Thomson, R.E. (2000) : Interannual to multidecadal timescale climate variations in the northeast Pacific; *Journal of Climate*, vol. 13, no. 18, p. 3209–3220.
- Webb, B.W., Hannah, D.M., Moore, R.D., Brown, L.E. et Nobilis, F. (2008) : Recent advances in stream and river temperature research; *Hydrological Processes*, vol. 22, n° 7, p. 912–918.
- Weinstein, M.S. et Morrell, M. (1994) : Need is not a number : report of the Kwakiutl marine food fisheries reconnaissance survey; Kwakiutl Territorial Fisheries Commission, Campbell River, Colombie-Britannique, 113 p.
- Welch, D.W., Ishida, Y. et Nagasawa, K. (1998) : Thermal limits and ocean migrations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) : long term consequences of global warming; *Revue canadienne des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 55, n° 4, p. 937–948.
- Wenzel, G.W. (1991) : Animal Rights, Human Rights : Ecology, Economy and Ideology in the Canadian Arctic; University of Toronto Press, Toronto, Ontario, 206 p.
- Whitfield, P.H. et Taylor, E. (1998) : Apparent recent changes in hydrology and climate of coastal British Columbia; dans *Mountains to Sea : Human Interaction with the Hydrologic Cycle*, Proceedings of the Canadian Water Resources Association 51st Annual Conference, Victoria, Colombie-Britannique, p. 22–29.
- Whitney, F.A., Freeland, H.J. et Robert, M. (2007) : Persistently declining oxygen levels in the interior waters of the eastern subarctic Pacific; *Progress in Oceanography*, vol. 75, n° 2, p. 179–199.
- Widdicombe, S. et Spicer, J.I. (2008) : Predicting the impact of ocean acidification on benthic biodiversity : what can animal physiology tell us?; *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 366, n° 1–2, p. 187–197.
- Wing, B.L. (2006) : Unusual observations of fish and invertebrates from the Gulf of Alaska, 2004–2005; PICES Press, vol. 14, n° 2, p. 26–28.
- Wright, C.A., Dallimore, A., Thomson, R.E., Patterson, R.T. et Ware, D.M. (2005) : Late Holocene paleofish populations in Effingham Inlet, British Columbia, Canada; *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 224, n° 4, p. 367–384.
- Yin, Y. (2001) : Designing an integrated approach for evaluating adaptation options to reduce climate change vulnerability in the Georgia Basin; *Ressources naturelles Canada*, 50 p., <http://act-adapt.org/wp-content/uploads/2012/10/evaluating_adapt_Georgia_Basin.pdf>.
- Young, N. (2006) : New economic spaces and practices in coastal British Columbia; thèse de doctorat, Université de British Columbia, Vancouver, Colombie-Britannique, 298 p., <<http://circle.ubc.ca/handle/2429/18501>>.
- Zacherl, D., Gaines, S.D. et Lonhart, S.I. (2003) : The limits to biogeographical distributions : insights from the northward range extension of the marine snail, *Kelletia kelletii* (Forbes, 1852); *Journal of Biogeography*, vol. 30, n° 6, p. 913–924.
- Zhai L., Greenan, B., Hunter, J., James, T.S., Han, G., Thomson, R. et MacAulay, P. (2014) : Estimating sea-level allowances for the coasts of Canada and the adjacent United States using the Fifth Assessment Report of the IPCC; Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques, vol. 300, 146 p., <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/353519.pdf>>.

ANNEXE A

PRÉVISIONS DU NIVEAU DE LA MER À DES ENDROITS CHOISIS DE LA RÉGION DE LA CÔTE OUEST

Les changements prévus dans niveau relatif de la mer jusqu'en 2100 sont indiqués ici pour 19 endroits, montrés sur la carte jointe (figure A1), pour la région de la côte Ouest (selon James *et al.*, 2014, sous presse; section 2.4 et voir le chapitre 2 pour obtenir des détails sur les prévisions). Les prévisions du niveau de la mer (figure A2) sont fondées sur le Cinquième rapport d'évaluation du GIEC (Church *et al.*, 2013a, b) et ont été produites en tenant compte du déplacement vertical de la croûte terrestre tiré d'observations GPS.

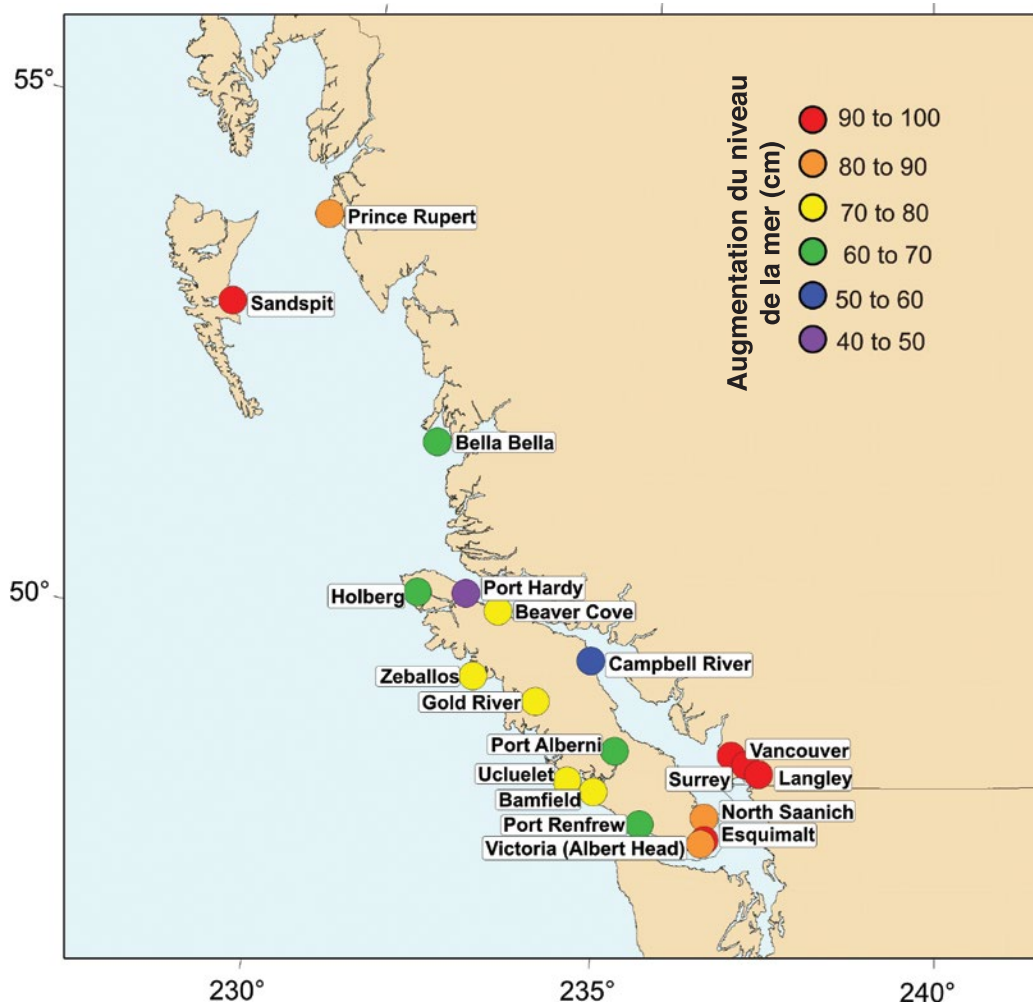


FIGURE A1 : Endroits pour lesquels les prévisions du niveau de la mer sont fournies pour tout le XXI^e siècle (figure A2). Les points sont chromocodés de façon à indiquer le changement prévu du niveau de la mer en 2100 pour le 95^e centile du scénario à émissions élevées (RCP8.5: selon James *et al.*, 2014, sous presse).

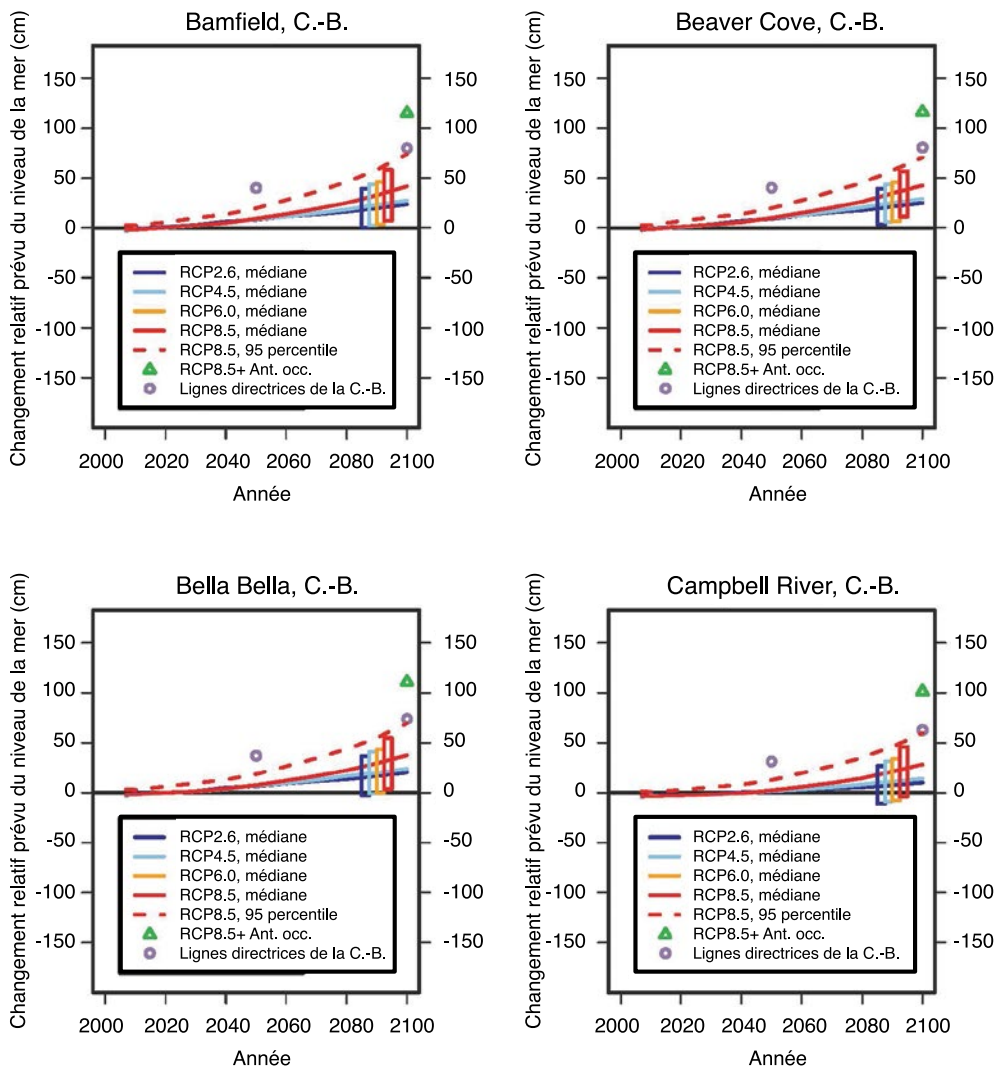
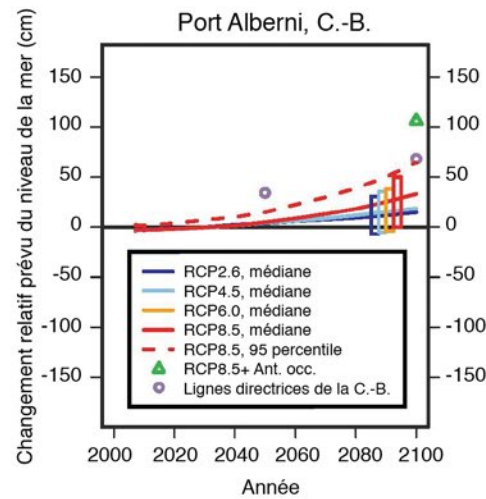
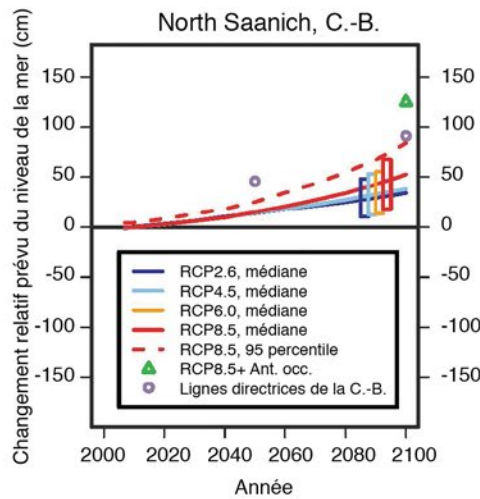
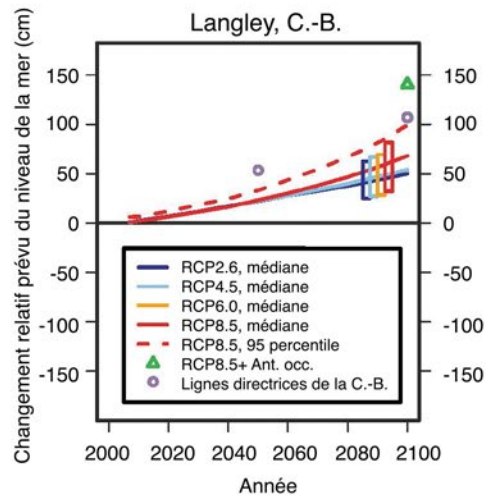
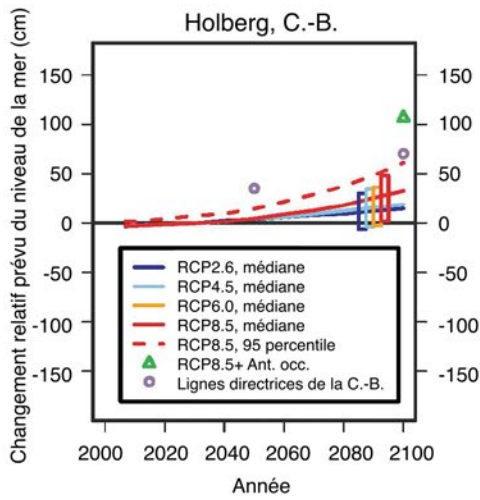
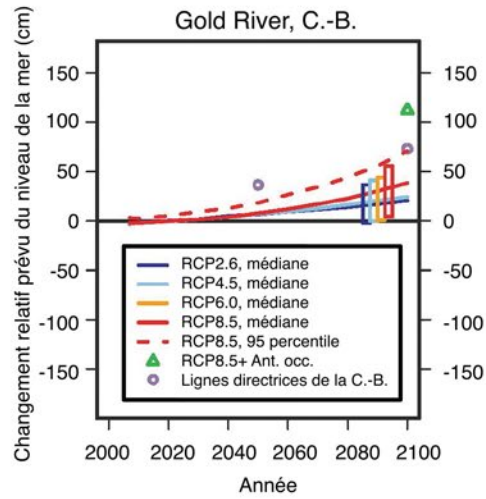
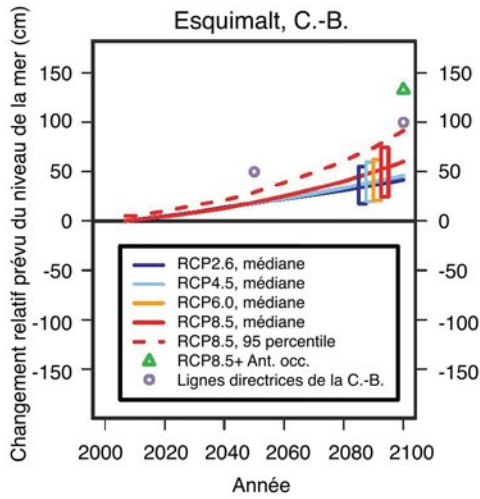
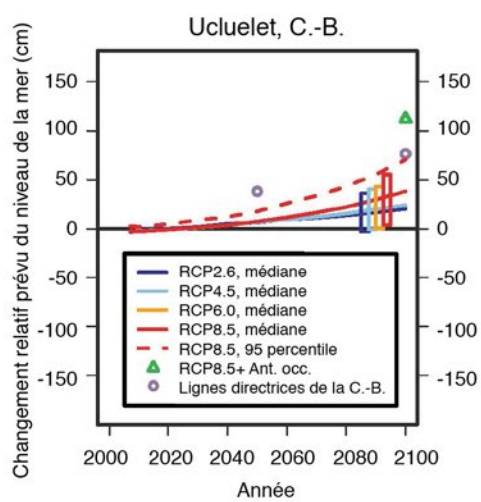
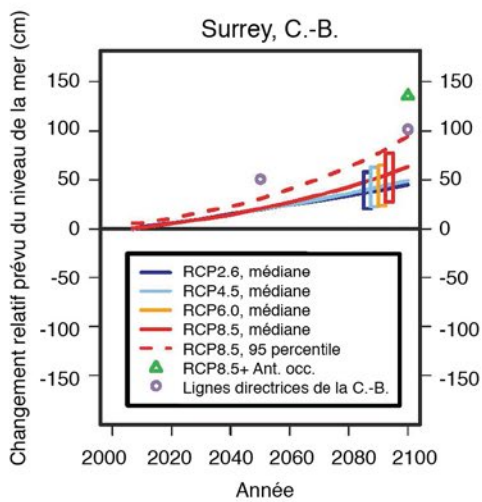
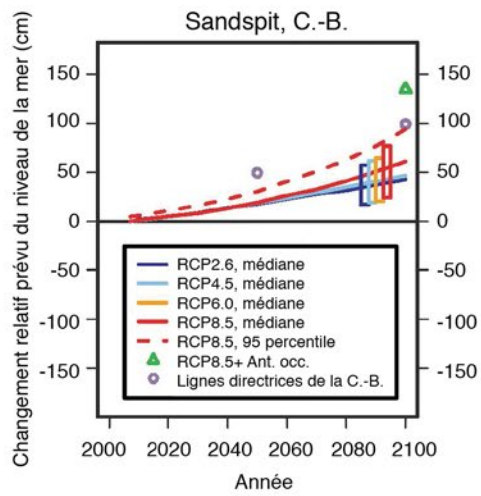
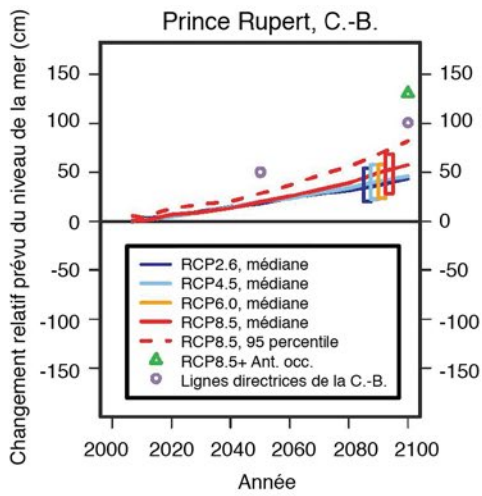
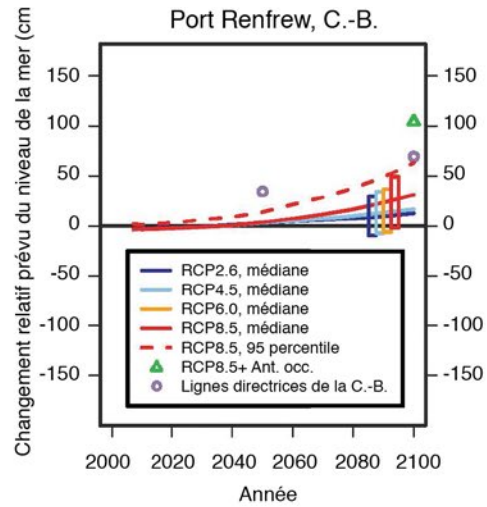
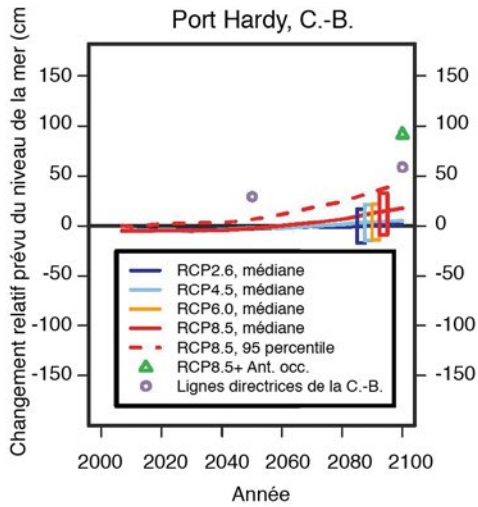


FIGURE A2 : Changement prévu du niveau relatif de la mer pendant tout le XXI^e siècle à des endroits choisis dans la région de la côte Ouest (selon James et al., 2014, sous presse). Le RCP2.6 est le scénario à émissions faibles, le RCP4.5 est un scénario à émissions modérées et le RCP8.5 est le scénario à émissions élevées. La valeur prévue pour 2100 est également indiquée pour le scénario à émissions élevées plus la réduction de l'inlandsis de l'Antarctique dans lequel l'Antarctique occidental apporte une contribution supplémentaire de 65 cm à la valeur moyenne prévue du scénario à émissions élevées (RCP8.5+Ant. occ.; triangle vert). Les rectangles montrent l'intervalle de confiance de 90 % (de 5 à 95 %) de la prévision moyenne pour la période s'étendant de 2081 à 2100 et comprennent le RCP6.0. La ligne pointillée rouge indique la valeur du 95^e centile pour le scénario à émissions élevées. Les provisions pour l'élévation du niveau de la mer (BC Guidance) spécifiées par le gouvernement de la Colombie-Britannique sont aussi indiquées (Ausenco Sandwell, 2011b).

suite à la page suivante



suite à la page suivante



suite à la page suivante

