

CHAPITRE 7 : FOIRE AUX QUESTIONS

Rédacteurs :

Fiona J. Warren et Donald S. Lemmen (*Ressources naturelles Canada*)

Notation bibliographique recommandée :

Warren, F.J. et D.S. Lemmen « Foire aux questions », 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. 257–280.

TABLE DES MATIÈRES

NOTE DE LA RÉDACTION	259	FAQ 8 : QUEL SERA L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES SECTEURS DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES?	270
FAQ 1 : QU'EST-CE QU'UNE ÉVALUATION CÔTIÈRE, ET POURQUOI ET COMMENT LE PRÉSENT RAPPORT A-T-IL ÉTÉ PRODUIT?	259	FAQ 9 : QUE FAIT-ON POUR S'ADAPTER AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES DU CANADA?	272
FAQ 2 : QU'EST-CE QUE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET QUEL LIEN CELA A-T-IL AVEC L'ATTÉNUATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES?	260	FAQ 10 : QUI EST RESPONSABLE DE L'ADAPTATION DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES?	274
FAQ 3 : QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET UN CHANGEMENT DANS LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES?	261	FAQ 11 : COMMENT LES COÛTS DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SE COMPARENT-ILS AUX COÛTS DE L'ADAPTATION?	276
FAQ 4 : LES RÉCENTS PHÉNOMÈNES EXTRÊMES CONSTATÉS DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES SONT-ILS ATTRIBUABLES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES?	262	FAQ 12 : OÙ PUIS-JE TROUVER DES RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES SUR L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES?	278
FAQ 5 : COMMENT LE CLIMAT CHANGERA-T-IL DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES DU CANADA, ET COMMENT CES PRÉVISIONS SONT-ELLES DÉTERMINÉES?	263		
FAQ 6 : COMMENT LE NIVEAU DE LA MER CHANGERA-T-IL AU CANADA ET COMMENT DÉTERMINE-T-ON LE CHANGEMENT PRÉVU?	266		
FAQ 7 : QUELLE INCIDENCE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER AURONT-ILS SUR LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS?	268		

NOTE DE LA RÉDACTION

Ce chapitre présente une série de questions souvent posées (Foire aux questions ou FAQ) concernant la compréhension des impacts des changements climatiques et de l'adaptation aux changements climatiques dans les régions côtières du Canada. Les chapitres régionaux établissent clairement que le climat évolue, les régions côtières connaissant des changements dans la température de l'air et de l'eau, dans les schémas de précipitation, dans les tempêtes, dans le niveau de la mer et dans la couverture de glace de mer. Les impacts de ces changements sur les écosystèmes, les collectivités et les secteurs différeront à l'intérieur des régions et entre elles en raison d'un certain nombre de facteurs, comme la nature du littoral, la présence de protections naturelles et bâties (p. ex. plages, marais, ouvrages longitudinaux, digues et digues à la mer) et la capacité d'adaptation.

Ces FAQ visent à fournir des réponses concises aux questions que posent les décideurs qui cherchent à mieux comprendre les répercussions des changements climatiques au niveau des régions côtières du Canada. Elles ne sont pas complètes et ne fournissent pas d'explications détaillées. Elles s'efforcent plutôt de souligner des exemples pertinents et d'encourager les lecteurs à consulter les chapitres complets du volume *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, de même que les ressources énumérées à la FAQ 12, pour obtenir de plus amples renseignements.

FAQ 1 : QU'EST-CE QU'UNE ÉVALUATION CÔTIÈRE, ET POURQUOI ET COMMENT LE PRÉSENT RAPPORT A-T-IL ÉTÉ PRODUIT?

Auteur : Fiona J. Warren (*Ressources naturelles Canada*)

Les évaluations scientifiques sont des synthèses des renseignements existants, réalisées en vue de présenter l'état des connaissances sur des enjeux particuliers. La présente évaluation côtière, *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, met l'accent sur les impacts des changements climatiques et l'adaptation aux changements climatiques dans les régions côtières maritimes du Canada. Tenant compte à la fois de l'environnement naturel et de l'environnement bâti, le rapport vise à fournir des réponses à des questions comme « De quelle façon le climat change-t-il dans les régions côtières? », « Quelle incidence ces changements ont-ils sur le trait de côte physique, les collectivités, les écosystèmes et les secteurs économiques? » et « Comment les Canadiens s'adaptent-ils à ces changements afin de réduire les risques ou de profiter des possibilités éventuelles? ».

Les rapports d'évaluation visent à être pertinents eu égard à des enjeux stratégiques (c.-à-d. aborder des questions préoccupantes pour les décideurs) mais pas à imposer des politiques. Ainsi, la présente évaluation ne fait état d'aucune recommandation stratégique et ne prescrit aucune mesure particulière; elle met plutôt en lumière le savoir qui servira de base à la prise de décisions éclairées. Les évaluations scientifiques antérieures qui complètent le présent rapport comprennent les publications canadiennes suivantes : *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation* (2014) et *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007* (2008; figure 1), ainsi que des rapports internationaux comme ceux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Dans le présent rapport, *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, les principaux chapitres présentent les perspectives régionales (Est, Nord et Ouest). Dans ces chapitres, les auteurs décrivent les régions puis discutent des changements observés et prévus au niveau du climat, de même que des risques, des possibilités et des approches d'adaptation liés au climat. Les chapitres secondaires — « Un littoral dynamique dans un contexte de climat en mutation » (chapitre 2) et « Le défi côtier » (chapitre 3) — mettent en contexte les discussions régionales en présentant des aperçus à l'échelle nationale d'enjeux comme la diversité des côtes maritimes, le changement du niveau de la mer et les approches d'adaptation. Dans tous les cas, le contenu du chapitre reflète les renseignements disponibles et accessibles alors que l'avis d'expert des équipes d'auteurs apporte une valeur ajoutée au sommaire des connaissances existantes.

L'objectif premier du rapport est de fournir une source de renseignements fiable et à jour qui éclaire le processus décisionnel, la planification et l'élaboration de politiques :

- en décrivant l'état actuel des connaissances pertinentes relatives à la façon dont les changements climatiques touchent actuellement et continueront de porter atteinte à l'environnement naturel et bâti dans les régions côtières maritimes du Canada;
- en consolidant l'information pertinente au processus de prise de décisions en matière d'adaptation dans les régions côtières, y compris l'expérience acquise avec les mesures d'adaptation pratiques.



FIGURE 1 : Évaluations scientifiques canadiennes récentes sur les impacts des changements climatiques et l'adaptation aux changements climatiques.

La préparation de l'évaluation côtière a exigé les contributions d'une équipe de réviseurs, de 12 auteurs principaux et de 44 auteurs collaborateurs. Les travaux ont été supervisés par un Comité consultatif de 14 personnes comprenant des experts et des spécialistes pluridisciplinaires issus des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, du milieu universitaire et du secteur privé. Ce comité a participé à tout le processus d'évaluation, y compris à la planification initiale de façon à garantir que le rapport répondait aux bonnes questions et était organisé de manière à répondre aux besoins en matière d'information des décideurs. Au cours du processus de rédaction, les auteurs ont rassemblé, évalué et résumé des renseignements issus de revues universitaires, de rapports et de présentations de même que des connaissances locales et des connaissances de spécialistes en vue de produire l'ébauche des chapitres. Les ébauches révisées ont été examinées par des experts dans le domaine (74 au total pour le rapport). Les auteurs des chapitres ont alors utilisé les quelque 2500 commentaires reçus dans le cadre de ce processus d'examen pour rédiger leur ébauche finale.

FAQ 2 : QU'EST-CE QUE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET QUEL LIEN CELA A-T-IL AVEC L'ATTÉNUATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES?

Auteure : Fiona J. Warren (*Ressources naturelles Canada*)

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) définit l'adaptation comme « le processus d'ajustement au climat réel ou prévu et à ses effets » [traduction] (GIEC, 2012). L'adaptation exige d'apporter des changements à nos activités et à nos décisions afin de réduire les préjudices causés par les impacts négatifs des changements climatiques et de profiter de tout impact positif. Ainsi, l'adaptation est un concept général qui englobe une grande variété d'actions possibles. Ces actions peuvent être aussi simples que l'installation de valves d'arrêt dans les maisons afin de réduire le risque de refoulement d'égout entraînant une inondation du sous-sol lors des fortes pluies, ou aussi complexes que la planification et la mise en œuvre d'une stratégie de protection du littoral afin de réduire les risques d'inondation causée par l'élévation du niveau de la mer. Peu importe l'échelle, l'adaptation est entreprise afin d'aider à garantir que nos vies, nos collectivités et notre économie soient mieux préparées aux changements climatiques, maintenant comme à l'avenir.

Sans une planification minutieuse, le risque de *mauvaise adaptation* augmente. La mauvaise adaptation désigne les mesures qui mènent à une augmentation plutôt qu'à une diminution de la vulnérabilité.

Même si l'adaptation peut être entreprise spontanément en réaction à des événements particuliers, comme des phénomènes météorologiques extrêmes, le présent rapport, *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, met l'accent sur l'adaptation planifiée, qui comprend la modification des activités, l'introduction de nouvelles technologies, la modification des lignes directrices et des approches en matière de planification de même que la révision des pratiques, des règlements et des lois en matière d'investissement. Ces changements exigent souvent une planification et une collaboration minutieuses guidées à la fois par la recherche scientifique et par une solide compréhension des systèmes touchés. Ils dépendent en outre de la capacité locale et de la disponibilité des ressources. Nombre des approches d'adaptation abordées dans le présent rapport visent à composer avec l'élévation du niveau de la mer et comprennent des mesures susceptibles de réduire les risques d'inondation. Toutefois, l'adaptation dans les régions côtières exige également de gérer d'autres impacts, comme le réchauffement des températures, la modification des schémas de précipitation, la réduction de la glace de mer et les changements au niveau de l'hydrologie continentale (p. ex. écoulement des rivières), ainsi que de composer avec le risque de manifestation de phénomènes météorologiques extrêmes, comme les ouragans et les autres grosses tempêtes.

L'adaptation est un complément nécessaire à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (atténuation) lorsqu'il s'agit de réagir aux changements climatiques. Les mesures d'atténuation diminuent la quantité de gaz à effet de serre qui entrent dans l'atmosphère de deux manières. La première est de parvenir à réduire les émissions de dioxyde de carbone, de méthane, d'oxyde d'azote et d'autres gaz à effet de serre, et la seconde consiste à mettre en place des mesures qui permettent d'améliorer les puits de gaz à effet de serre, comme les forêts et les terres humides. L'atténuation réduit à la fois l'ampleur et la rapidité des changements climatiques. Par exemple, les scénarios étudiés par le GIEC dans son plus récent rapport d'évaluation semblent indiquer que, pour la période de 2081 à 2100, la température moyenne mondiale à la surface pourrait augmenter de moins de 2 °C au-dessus des niveaux préindustriels grâce à des mesures d'atténuation radicales, mais pourrait également augmenter de plus de 4,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels en cas d'efforts d'atténuation très limités. En fonction de ces mêmes scénarios, la plage probable d'élévation du niveau mondial de la mer est de 26 à 82 cm pour la période de 2081 à 2100. Par conséquent, l'importance et la quantité des mesures d'adaptation nécessaires dépendent de la réussite des efforts d'atténuation. Sans efforts visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, certains systèmes naturels et gérés seraient submergés et incapables de s'adapter. Des mesures d'atténuation rigoureuses et couronnées de succès donneront plus de temps pour planifier et mettre en œuvre les mesures d'adaptation, puisque le changement se produira de manière plus graduelle et moins marquée.

Ces deux réactions aux changements climatiques peuvent engendrer des avantages connexes, ou des synergies, lorsque les mesures prises pour s'adapter servent également à réduire les émissions de gaz à effet de serre, ou lorsque les mesures d'atténuation réduisent également le degré de vulnérabilité aux changements climatiques (Figure 2). Par exemple, les toits verts (soit la pratique consistant à

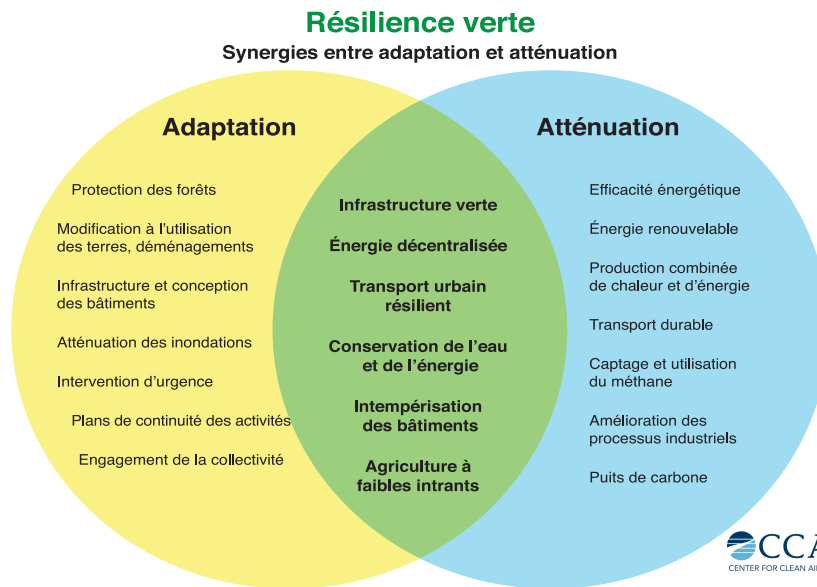


FIGURE 2 : Exemples d'adaptation, d'atténuation et de chevauchement entre les deux approches. Image gracieuseté de Centre for Clean Air Policy, 2016.

planter et entretenir de la végétation sur les toitures des bâtiments) présentent à la fois des avantages en matière d'adaptation (p. ex. atténuation de l'écoulement des eaux pluviales, réduction de l'effet d'îlot thermique urbain et amélioration de la qualité de l'air) et une valeur d'atténuation (p. ex. réduction de la consommation d'énergie, réduction des émissions de gaz à effet de serre et amélioration de l'absorption de dioxyde de carbone). Il existe toutefois une possibilité de conflit entre l'adaptation et l'atténuation, lorsque les choix en matière d'adaptation peuvent engendrer une augmentation des émissions de gaz à effet de serre. L'emploi de climatiseurs pour composer avec l'augmentation de la température, par exemple, est associé à une augmentation de la consommation d'énergie et des émissions afférentes. Ces exemples soulignent la nécessité d'avoir recours à des réponses stratégiques coordonnées.

RÉFÉRENCE

GIÉC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2012) : Glossary of Terms; dans *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor et P.M. Midgley (éd.); rapport spécial des Groupes de travail I et II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, p. 555–564.

FAQ 3 : QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET UN CHANGEMENT DANS LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES?

Auteur : Kevin Anderson (*Environnement Canada*)

La météo désigne l'état de l'atmosphère à un moment donné. Par exemple, à un moment donné d'une journée donnée à Halifax, il peut faire 20 °C et le ciel peut être ensoleillé avec des vents qui soufflent de l'est. Mais ces conditions ne seront probablement pas les mêmes 12 heures plus tard ou dans six mois. La météo change constamment — au cours d'une même journée et d'une saison à l'autre. Il s'agit d'une conséquence normale de l'état perpétuellement changeant de l'atmosphère et de l'océan.

On peut penser au climat comme à la « météo moyenne ». De manière plus rigoureuse, on peut définir le climat comme étant l'expression statistique des conditions météorologiques, y compris la moyenne et la variabilité, sur une période variant de quelques saisons à des décennies, voire des milliers d'années. Lorsque deux zones distinctes connaissent des conditions météorologiques moyennes différentes à long terme, on dit qu'elles ont des climats différents. Par exemple, la majeure partie de l'Australie ne reçoit habituellement pas de neige et ses étés peuvent être très chauds. Ces conditions sont très différentes de la météo que nous connaissons généralement au Canada, alors nous disons que le Canada a un climat différent de l'Australie. Même à l'intérieur du Canada, on peut dire que Toronto a un climat différent de Vancouver (en raison des étés généralement plus secs et des hivers généralement beaucoup plus humides et doux de Vancouver) même si, à un moment particulier, ces deux villes peuvent connaître une météo semblable.

Le climat de la Terre varie d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre. Par exemple, certains hivers sont plus froids et ont plus de neige que d'autres, alors que certains étés sont plus chauds et plus secs que d'autres. On appelle cela la variabilité naturelle du climat et

cela se produit à l'échelle mondiale, régionale et locale. En plus de cette variabilité naturelle du climat, toutefois, le régime climatique général de la Terre a changé en raison de la quantité croissante de gaz à effet de serre rejetés dans l'atmosphère.

L'augmentation de la température moyenne mondiale (connue sous le nom de « réchauffement planétaire »; figure 3) n'est qu'un indicateur de l'ampleur du changement dans le climat que subit la Terre. Beaucoup d'autres changements sont également associés à ce réchauffement du climat, comme les schémas de précipitation changeants, la fonte généralisée de la neige et de la glace, le dégel du pergélisol et l'augmentation de la fréquence de certaines conditions météorologiques rigoureuses partout dans le monde (GIEC, 2013). Afin de parvenir à une meilleure compréhension de la façon qu'évolue le climat, les chercheurs étudient les changements totaux sur une période donnée (p. ex. à des échelles temporelles variant de décennies à des siècles, voire même plus) de même que la manière dont chaque indicateur du régime climatique (p. ex. température, pluie, neige) change d'une saison ou d'une année à l'autre à l'intérieur de cette période plus longue.

À mesure que le climat change, les conditions météorologiques générales changent aussi. Cela signifie que nous pouvons connaître des conditions météorologiques moyennes différentes de celles auxquelles nous étions habitués. Par exemple, une journée d'hiver que nous estimons aujourd'hui comme étant très froide dans différentes parties du Canada n'est généralement pas aussi froide ni aussi fréquente qu'elle ne l'était il y a 50 ans. Ce phénomène est attribuable à l'augmentation de la température hivernale.

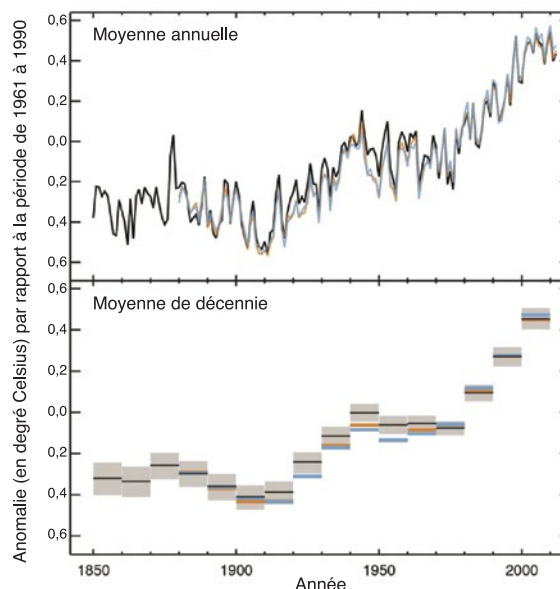


FIGURE 3 : Moyenne mondiale combinée des anomalies constatées dans la température à terre et à la surface de l'océan entre 1850 et 2012 (GIEC, 2013).

RÉFÉRENCE

GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2013) : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis (contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation 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, 1535 p., <http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf>.

FAQ 4 : LES RÉCENTS PHÉNOMÈNES EXTRÊMES CONSTATÉS DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES SONT-ILS ATTRIBUABLES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES?

Auteur : Kevin Anderson (*Environnement Canada*)

On peut s'attendre à ce que l'évolution du climat engendre des changements dans les extrêmes climatiques et météorologiques. Par exemple, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2013) a fait remarquer que le nombre de journées et de nuits chaudes et la fréquence des vagues de chaleur dans certaines parties du monde (de grandes parties de l'Europe, de l'Asie et de l'Australie) ont augmenté depuis environ 1950 et que les régions où le nombre de fortes précipitations au sol a augmenté sont plus nombreuses que les régions où ce nombre a diminué. Il est toutefois difficile d'associer un seul phénomène extrême à une cause particulière (comme l'augmentation des gaz à effet de serre) parce qu'un vaste éventail de phénomènes extrêmes pourrait se produire même dans un climat qui ne subit aucun changement, et parce que les phénomènes extrêmes sont habituellement provoqués par une combinaison de facteurs. Au moment de la publication du présent rapport, les phénomènes extrêmes constatés dans les régions côtières du Canada n'ont pas été attribués à une cause particulière. Malgré cela, il est possible de formuler un énoncé d'attribution sur un événement météorologique particulier en analysant comment une cause particulière peut avoir changé la probabilité d'occurrence ou l'ampleur de l'événement en question.

L'attribution de phénomènes extrêmes à des causes est un domaine de recherche actif au sein de la communauté scientifique mondiale. À l'échelle planétaire, beaucoup d'événements ont été étudiés de façon suffisamment rigoureuse pour déterminer s'il y a eu ou non influence humaine (Herring et al., 2014). Les études établissent clairement l'effet de l'influence humaine dans le cas de certains événements mais manquent de preuves à l'appui d'une telle influence dans le cas d'autres phénomènes. Par exemple, l'influence humaine peut avoir au moins doublé les probabilités qu'une vague de chaleur semblable à celle ayant sévi en Europe en 2003 se reproduise (Stott et al., 2004) et, bien que la variabilité naturelle du climat puisse engendrer une vague de chaleur de l'importance de celle de 2010 en Russie, les chances que cette vague de chaleur se produise ont été considérablement accrues par le biais de l'influence humaine (Otto et al., 2012).

Les études sur les phénomènes météorologiques extrêmes au Canada ne portent que de façon générale sur le sujet. Par exemple, des changements dans certains extrêmes ont été indubitablement constatés dans de nombreuses régions du Canada : le nombre de journées et de nuits chaudes a augmenté alors que les extrêmes de froid (p. ex. le nombre de journées et de nuits froides) ont diminué (Wang *et al.*, 2013). En ce qui concerne les extrêmes côtiers au Canada, les recherches démontrent que la hauteur extrême des vagues de surface dans l'Atlantique Nord a augmenté aux latitudes élevées (p. ex. la côte de Terre-Neuve et le Nord) mais a diminué aux latitudes moyennes (Wang *et al.*, 2009). Cette tendance présente une réaction décelable à la combinaison d'influences anthropiques (p. ex. gaz à effet de serre) et naturelles (p. ex. éruption volcanique). Ces changements sont conformes aux changements attendus en raison de l'augmentation de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Si on se tourne vers l'avenir, on prévoit que les changements climatiques auront une incidence à la fois sur l'intensité et sur la fréquence de nombreux types de phénomènes extrêmes. Des modèles climatiques à la fine pointe de la technologie prévoient une augmentation des extrêmes de chaleur, une diminution des extrêmes de froid et une intensification du cycle hydrologique mondial qui engendra des épisodes plus concentrés de pluie et de neige entrecoupés de périodes sèches plus longues, le tout associé à une augmentation des températures mondiales, attribuable à l'augmentation constante de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. À partir de ces constatations, nous pouvons nous attendre à ce que des changements au niveau de phénomènes extrêmes comme les vagues de chaleur, les fortes précipitations et les sécheresses se produisent.

RÉFÉRENCES

- Herring, S.C., Hoerling, M.P., Peterson, T.C. et Stott, P.A., éditeurs (2014) : Explaining extreme events of 2013 from a climate perspective; special supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 95, no 9, p. S1–S96, <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477-95.9.S1.1>>.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2013) : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis (contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation 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, 1535 p., <http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf>.
- Otto, F.E.L., Massey, N., van Oldenborgh, G.J., Jones, R.G. et Allen, M.R. (2012) : Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave; Geophysical Research Letters, vol. 39, no 4, <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011GL050422/full>>.
- Stott, P.A., Stone, D.A. et Allen, M.R. (2004) : Human contribution to the European heatwave of 2003; Nature, vol. 432, p. 610–614, <<http://www.nature.com/nature/journal/v432/n7017/abs/nature03089.html>>.
- Wang, X.L., Feng, Y. et Vincent, L.A. (2013) : Observed changes in one-in-20 year extremes of Canadian surface air temperatures; Atmosphere-Ocean, vol. 52, no 3, p. 222–231, <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07055900.2013.818526>>.
- Wang, X.L., Swail, V.R., Zwiers, F.W., Zhang, X. et Feng, Y. (2009) : Detection of external influence on trends of atmospheric storminess and northern oceans wave heights; Climate Dynamics, vol. 32, p. 189–203, <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00382-008-0442-2>>.

FAQ 5 : COMMENT LE CLIMAT CHANGERA-T-IL DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES DU CANADA, ET COMMENT CES PRÉVISIONS SONT-ELLES DÉTERMINÉES?

Auteur : Thomas James (*Ressources naturelles Canada*)

Pour comprendre les risques que posent les changements climatiques pour les côtes canadiennes, il faut entre autres disposer de renseignements sur les changements susceptibles de s'opérer au niveau des paramètres climatiques. Ces renseignements peuvent être obtenus de modèles informatiques complexes qui simulent le système climatique terrestre, en s'appuyant sur les observations de la variabilité climatique antérieure. Les extraits de ces modèles sont souvent abordés du point de vue des changements dans la température, les schémas de précipitation, l'étendue de la glace de mer et le niveau de la mer à l'échelle mondiale. Toutefois, la gestion des risques côtiers exige également d'acquérir des connaissances au niveau d'autres paramètres climatiques comme le vent, les vagues, le brouillard et le changement du niveau de la mer à l'échelle régionale (*voir le chapitre 2*). En général, le niveau de confiance qu'inspirent les changements climatiques prévus est le plus élevé en ce qui a trait aux prévisions touchant la température, est sensiblement moins élevé dans le cas des prévisions touchant les précipitations et le niveau de la mer, et est le plus faible en ce qui concerne les facteurs comme le vent, les vagues et le brouillard.

On prévoit que les températures de l'air au Canada augmenteront pendant tout le XXI^e siècle, les plus importantes augmentations ayant lieu en hiver (de décembre à février) et dans la région de la côte Nord. Si on dresse une moyenne à l'échelle pancanadienne pour la période s'étendant de 2081 à 2100, on prévoit que les températures hivernales augmenteront d'aussi peu que 1,5 à 3,4 °C dans le cas du scénario à émissions faibles (RCP2.6) jusqu'à une valeur de 7,2 à 10,8 °C dans celui du scénario à émissions élevées (RCP8.5), par rapport à la période de 1986 à 2005¹ (encadré 1; GIEC, 2013; Environnement Canada, 2015). Les augmentations prévues de la température sont généralement moins importantes pour les littoraux des régions de la côte Est et de la côte Ouest que celles pour les régions non côtières (figure 4a, b).

1 Les plages sont tirées des 25^e et 75^e centiles.

ENCADRÉ 1

MODÈLES ET SCÉNARIOS CLIMATIQUES

Les prévisions climatiques sont produites à partir de modèles informatiques du climat fondés sur les lois physiques et chimiques fondamentales qui régissent le transfert et le déplacement de la chaleur (énergie) et de la masse à l'intérieur des composantes du système climatique et entre elles et qui sont évaluées en fonction des observations. Même si les premiers modèles (modèles de circulation générale ou MCG) mettaient l'accent sur l'atmosphère, les océans du monde jouent également un rôle essentiel au niveau du climat (p. ex. un dépôt de chaleur et de certains constituants de l'atmosphère). Par conséquent, des modèles de circulation des océans ont été mis au point et couplés aux MCG afin de mieux simuler le système climatique (modèles de circulation générale couplé atmosphère-océan ou AOGCM). Un modèle climatique mondial (MCM) contemporain est constitué d'un AOGCM et tient également compte des interactions de l'atmosphère avec la surface solide de la Terre, y compris le sol, la végétation et la cryosphère (glaciers et inlandsis, pergélisol, glace de mer et d'eau douce et neige). Des modèles de transport chimique peuvent également être couplés à un modèle climatique mondial en vue de mieux suivre, par exemple, l'itinéraire suivi par le carbone d'origine anthropique dans l'atmosphère et les océans ou le progrès de la réparation prévue du trou dans la couche d'ozone. Le modèle du système terrestre (MST) est un terme général servant à décrire les modèles informatiques qui ajoutent les processus biophysiques et géochimiques au système climatique physique couplé, ce qui leur permet donc, par exemple, de prévoir l'acidification des océans dans le cadre de la réaction du système climatique à l'augmentation de la quantité de gaz à effet de serre.

Les MCM et les MST utilisent des scénarios* des concentrations atmosphériques futures de gaz à effet de serre en vue de prévoir les changements au niveau du système climatique. Les prévisions** résumées dans le Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat étaient fondées sur quatre scénarios de profils représentatifs d'évolution de concentration (Representative Concentration Pathways ou RCP; voir le chapitre 2). Cela contraste avec le Quatrième rapport d'évaluation, qui s'appuyait sur les scénarios du *Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (Special Report on Emissions Scenarios ou SRES)*. Les prévisions rapportées dans le Cinquième rapport d'évaluation et dans le présent rapport découlent d'une comparaison et d'une synthèse internationales des prévisions des modèles climatiques, appelée le projet d'intercomparaison de modèles couplés, phase 5 (Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5 ou CMIP5). La contribution canadienne aux modèles du CMIP5 a été fournie par la seconde génération du modèle du système terrestre canadien (Canadian Earth System Model ou CanESM2), mis au point par le Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique d'Environnement Canada.

Environnement Canada offre un service Web, le « Réseau canadien des scénarios de changements climatiques », qui fournit des cartes, des tracés et des tableaux des changements prévus dans la température et les précipitations pour le Canada (Environnement Canada, 2015). Les valeurs comprennent les valeurs médianes prévues ainsi que les valeurs des 25^e et 75^e centiles, ce qui donne un indice du degré d'incertitude accompagnant ces prévisions. L'information est disponible pour différentes périodes et des statistiques sommaires sont disponibles pour les provinces et les territoires. On peut accéder au service à l'adresse <http://ccds-dscc.ec.gc.ca/?page=main>. Les prévisions du Cinquième rapport d'évaluation sont disponibles dans le menu CMIP5. Un guide à l'intention des spécialistes de l'adaptation sur la manière d'utiliser les prévisions climatiques (Charron, 2014) est disponible à l'adresse http://www.ouranos.ca/media/publication/351_GuideCharron_FR.pdf.

* Un scénario est une « description vraisemblable de ce qui peut se produire à l'avenir, fondée sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales relations et forces motrices en jeu (p. ex. rythme des changements technologiques, prix). Il est à remarquer que les scénarios ne sont ni des prédictions, ni des prévisions, mais sont utiles puisqu'ils fournissent un aperçu des répercussions des développements et des actions. » [traduction] (GIEC, 2014).

** Une prévision climatique est la réaction simulée du système climatique à un scénario d'émissions ou de concentrations futures de gaz à effet de serre et d'aérosols, généralement élaborées à partir de modèles climatiques (GIEC, 2014).

On prévoit que les précipitations au Canada augmenteront dans la plupart des régions et des saisons, à l'exception notable de certaines parties du sud du Canada en été, où l'on prévoit peu de changement ou une diminution des précipitations. Les plus importantes augmentations prévues des précipitations en pourcentage auront lieu dans la région de la côte Nord en hiver. Ici, on prévoit une augmentation des précipitations médianes de 10 à 30 % pour le scénario à émissions faibles et de plus de 50 % dans la majeure partie de la région pour le scénario à émissions élevées entre 2081 et 2100, par rapport aux niveaux de 1986 à 2005 (figure 4c, d). On prévoit des changements absolus plus importants dans les précipitations (exprimés en quantité réelle plutôt qu'en pourcentage) dans les régions de la côte Est et de la côte Ouest, par comparaison avec la région de la côte Nord.

Les prévisions régionales des températures des océans sont moins certaines, mais on s'attend à ce que les températures moyennes augmentent dans le kilomètre supérieur de l'océan dans tous les scénarios et à toutes les latitudes d'ici la fin du siècle (Collins *et al.*, 2013). Une diminution prévue de la superficie maximale de la glace de mer (figure 4e, f; voir les chapitres 2, 4 et 5) est liée à l'augmentation des températures de l'air et de l'eau des océans. On prévoit également que le moment de l'englacement (apparition de la glace de mer) sera retardé. On prévoit que l'océan Arctique sera essentiellement libre de glaces au moment de l'étendue de glace minimale (septembre) d'ici le milieu du siècle (GIEC, 2013).

On s'attend à ce qu'une diminution du nombre de phénomènes météorologiques extrêmes par temps froid et une augmentation du nombre de phénomènes météorologiques extrêmes par temps chaud accompagnent les augmentations de température prévues, même si le nombre d'événements variera selon les régions. La variabilité et la dynamique naturelles du climat jouent un rôle important dans la détermination des phénomènes extrêmes. L'oscillation australe El Niño (El Niño/Southern Oscillation ou ENSO) et l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) apportent une contribution importante aux phénomènes extrêmes dans la région de la côte Ouest (voir les chapitres

2 et 6). Les augmentations prévues du nombre de phénomènes extrêmes associés à l'ENSO (Cai *et al.*, 2014) peuvent contribuer à une augmentation des phénomènes de niveau d'eau extrême dans la région de la côte Ouest (Barnard *et al.*, 2015). On s'attend à une augmentation de l'activité orageuse à l'échelle mondiale à l'avenir. Toutefois, l'activité orageuse à un endroit particulier peut augmenter ou non, selon sa position relative aux régions sources de tempêtes et aux itinéraires des tempêtes. Les prévisions de l'activité orageuse et des ondes de tempête connexes propres à une région inspirent un faible niveau de confiance (voir le chapitre 2; GIEC, 2013).

À l'échelle mondiale, la vitesse du vent et la hauteur des vagues ont augmenté au cours des dernières décennies (Young *et al.*, 2011). Dans la majeure partie de l'Arctique, y compris dans la mer de Beaufort, on prévoit que la hauteur des vagues

augmentera à l'avenir en raison des effets combinés des vents et de la diminution de la concentration de glace de mer (voir le chapitre 2; Khon *et al.*, 2014). On s'attend également à une augmentation de la hauteur des vagues en hiver dans certaines parties de la région de la côte Est, augmentation associée à la diminution de la concentration de glace de mer au cours des décennies à venir. Les vagues plus grosses ont tendance à avoir un pouvoir d'érosion plus important.

Il y a très peu de doute que l'élévation prévue du niveau relatif moyen de la mer (FAQ 6) et la diminution de la glace de mer entraîneront une augmentation de la fréquence et de l'importance des niveaux d'eau extrêmes (GIEC, 2013) dans certaines parties de la région de la côte Est et du littoral de la mer de Beaufort. La région de la côte Ouest est également susceptible à l'augmentation du nombre de phénomènes de niveau d'eau extrême découlant de l'élévation prévue du niveau de la mer.

RÉFÉRENCES

- Barnard, P.L., Short, A.D., Harley, M.D., Splinter, K.D., Vitousek, S., Turner, I.L., Allan, J., Banno, M., Bryan, K.R., Doria, A., Hansen, J.E., Kato, S., Kuriyama, Y., Randall-Goodwin, E., Ruggiero, P., Walker, I.J. et Heathfield, D.K. (2015) : Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Niño/Southern Oscillation; *Nature Geoscience*, vol. 8, p. 801–808. doi:10.1038/ngeo2539
- Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, M., van Rensch, P., Collins, M., Vecchi, G., Timmermann, A., Santos, A., McPhaden, M.J., Wu, L., England, M.H., Wang, G., Guilyardi, E. et Jin, F.-F. (2014) : Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming; *Nature Climate Change*, vol. 4, p. 111–116. doi:10.1038/nclimate2100
- Charron, I. (2014) : Guide sur les scénarios climatiques : utilisation de l'information climatique pour guider la recherche et la prise de décision en matière d'adaptation; Ouranos, 86 p., <http://www.ouranos.ca/media/publication/351_GuideCharron_FR.pdf>.
- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J. et Wehner, M. (2013) : Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility; chapitre 12 dans *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation 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. 1029–1106, <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>>.
- Environnement Canada (2015) : Réseau canadien des scénarios de changements climatiques; Environnement Canada, <<http://ccds-dscc.ec.gc.ca/index.php?page=main&lang=fr>>.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2013) : Résumé à l'intention des décideurs; dans *Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques* (contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation 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_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf>.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2014) : Glossary; dans *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (contribution du Groupe de travail II au Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White (éd.); Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, p. 1–32, <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/drafts/fd/WGIIAR5-Glossary_FGD.pdf>.
- Khon, V.C., Mokhov, I.I., Pogarskiy, F.A., Babanin, A., Dethloff, K., Rinke, A. et Matthes, H. (2014) : Wave heights in the 21st century Arctic Ocean simulated with a regional climate model; *Geophysical Research Letters*, vol. 41, p. 2956–2961. doi:10.1002/2014GL059847
- Young, I.R., Zieger, S. et Babanin, A.V. (2011) : Global trends in wind speed and wave height; *Science*, vol. 332, p. 451–455. doi:10.1126/science.1197219

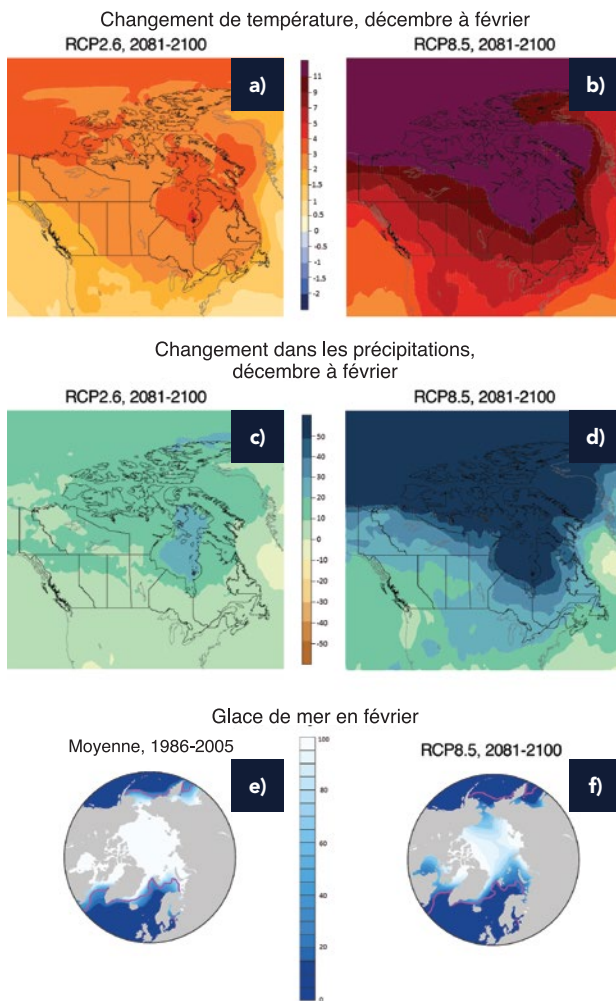


FIGURE 4 : Changements prévus de la température médiane au cours des mois d'hiver en fonction des scénarios **a)** à émissions faibles; et **b)** à émissions élevées pour la période de 2081 à 2100, par rapport à la période de 1986 à 2005 (GIEC, 2013 : Environnement Canada, 2015). Changements prévus des précipitations médianes au cours des mois d'hiver en fonction des scénarios **c)** à émissions faibles et **d)** à émissions élevées pour la période de 2081 à 2100, par rapport à la période de 1986 à 2005 (GIEC, 2013; Environnement Canada, 2015). Étendue observée **e)**; moyenne pour la période de 1986 à 2005 et prévue **f)**; scénario à émissions élevées pour la période de 2081 à 2100 de la glace de mer dans l'Arctique en février (tiré de Collins *et al.*, 2013, figure 12.29). La ligne rouge représente la limite de concentration de 15 % notée pendant la période de 1986 à 2005.

FAQ 6 : COMMENT LE NIVEAU DE LA MER CHANGERA-T-IL AU CANADA ET COMMENT DÉTERMINE-T-ON LE CHANGEMENT PRÉVU?

Auteur : Thomas James (*Natural Resources Canada*)

À l'échelle mondiale, on prévoit que le niveau moyen de la mer s'élèvera de dizaines de centimètres, et peut-être de plus d'un mètre, d'ici 2100 (figure 5a; voir le chapitre 2; GIEC, 2013). Les principales causes de l'élévation du niveau de la mer à l'échelle mondiale sont le réchauffement de la couche supérieure des océans (effet stérique) ainsi que les contributions en eau de fonte et en décharge d'icebergs issues des glaciers, des calottes glaciaires et des inlandsis ancrés. L'Antarctique a le potentiel d'apporter une contribution supplémentaire de dizaines de centimètres à l'élévation du niveau de la mer d'ici 2100. L'importance et le moment de cette contribution potentielle sont inconnus et il est peu probable que cela se produise (GIEC, 2013), mais il se peut que l'on doive en tenir compte dans les cas où la tolérance au risque d'élévation du niveau de la mer est faible (voir le chapitre 3). L'élévation du niveau de la mer a le potentiel de contribuer à une augmentation de l'érosion côtière et du nombre de phénomènes de niveau d'eau extrême qui provoquent des inondations côtières.

Le changement prévu du niveau relatif de la mer varie d'une région à l'autre en raison de nombreux facteurs (voir le chapitre 2; Milne et al., 2009). Parmi ces facteurs, le déplacement vertical des terres (soulèvement et subsidence) a un effet dominant au Canada. Le changement du niveau relatif de la mer est le changement du niveau de l'eau observé sur la terre ferme. Il s'agit du résultat combiné des changements dans le niveau mondial (absolu) de la mer et du déplacement vertical des terres. Le soulèvement des terres réduit le taux d'élévation du niveau relatif de la mer prévu à un endroit donné, alors que la subsidence des terres l'accroît. Dans les cas où le taux de soulèvement des terres est important, on peut prévoir une diminution du niveau relatif de la mer même si on prévoit une élévation du niveau mondial de la mer.

La plus importante élévation du niveau relatif de la mer prévue vise certaines parties de la région de la côte Est (voir les chapitres 2 et 4). On prévoit une élévation du niveau de la mer ailleurs dans la région de la côte Est, dans l'ensemble de la région de la côte Ouest et sur le littoral de la mer de Beaufort dans la région de la côte Nord (figure 5b-d; voir les chapitres 2, 4, 5 et 6). Par contre, on prévoit une diminution du niveau de la mer dans la baie d'Hudson et dans la majeure partie de l'archipel Arctique canadien de la région de la côte Nord (figure 5b-d; voir les chapitres 2 et 5), où les terres se soulèvent rapidement. Dans l'ensemble, ces schémas généraux de changement prévu du niveau relatif de la mer reflètent le déplacement vertical des terres.

Dans la majeure partie du Canada, l'ajustement isostatique glaciaire (AIG, également appelé « relèvement postglaciaire ») est la principale source de déplacement vertical des terres (voir le chapitre 2). De gros inlandsis recouvraient presque toute la masse terrestre du Canada au cours de la dernière ère glaciaire et pesaient sur la surface de la Terre, pression qui a provoqué un lent fléchissement de la couche visqueuse à grande profondeur à l'intérieur de la Terre. Pendant et après la déglaciation, la surface déprimée des terres a commencé à se relever vers son point d'élévation original. Dans les régions au bord et à l'extérieur des anciens inlandsis, les terres se sont soulevées en raison du déplacement de la couche visqueuse à l'intérieur de la Terre pendant la glaciation, mais ces régions s'enfoncent actuellement. L'intérieur de la Terre réagit sur une échelle temporelle de milliers d'années, et le déplacement vertical des terres induit par l'AIG se poursuit aujourd'hui, des milliers d'années après la déglaciation.

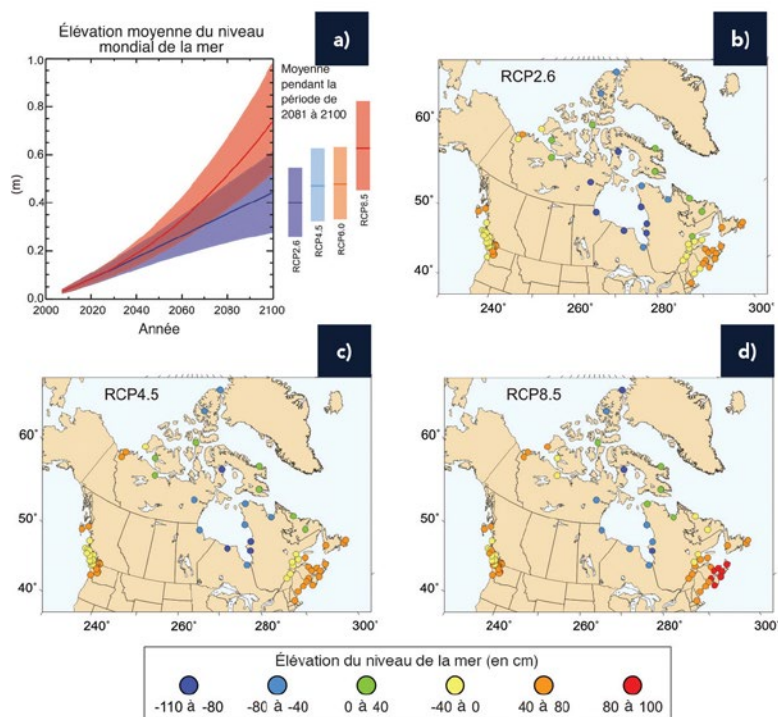


FIGURE 5 : a) Élévation prévue du niveau mondial de la mer au cours du XXI^e siècle en fonction des scénarios à émissions faibles (RCP2.6) et à émissions élevées (RCP8.5; GIEC, 2013, figure SPM.9). L'élévation moyenne prévue du niveau mondial de la mer au cours de la période de 2081 à 2100 (rectangles au panneau a) comprennent les prévisions en fonction des scénarios à émissions intermédiaires RCP4.5 et RCP6.0. L'élévation prévue du niveau relatif de la mer en 2100 (tracé des valeurs médianes) est indiquée pour certaines localités du Canada et des États-Unis continentaux adjacents pour b) le scénario à émissions faibles, c) le scénario à émissions modérées (RCP4.5) et d) le scénario à émissions élevées. Les prévisions sont formulées par rapport à la période de 1986 à 2005 et s'appuient sur le Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Church et al., 2013a, b), modifié afin de tenir compte du déplacement vertical de la croûte terrestre mesuré en certains endroits au moyen du Système mondial de localisation (Global Positioning System ou GPS; James et al., 2014, 2015). Les prévisions médianes et les intervalles de confiance de 5 à 95 % connexes englobent la plage probable de changement du niveau de la mer, laquelle est définie comme ayant une probabilité de 66 à 100 % (GIEC, 2013).

Les terres se soulèvent dans la baie d'Hudson et dans une grande partie de l'archipel Arctique canadien en raison de l'AIG. Certaines parties de la région de la côte Est et du littoral de la mer de Beaufort dans la région de la côte Nord s'enfoncent. Ailleurs, les terres se soulèvent, mais plus lentement. Dans les deltas des fleuves Fraser et Mackenzie, la consolidation des sédiments engendre une subsidence locale qui contribue à l'élévation du niveau relatif de la mer. Dans la région de la côte Ouest, l'activité tectonique découlant de l'interaction des plaques du Pacifique et de Juan de Fuca avec la plaque nord-américaine contribue également au déplacement vertical des terres.

Les réductions prévues de la masse de glace ancrée attribuables à la fonte et à la décharge d'icebergs s'ajoutent au niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale, mais réduisent l'élévation prévue du niveau relatif de la mer dans les régions de la côte Ouest et de la côte Nord. L'effet est considérable dans la partie nord-est de la région de la côte Nord, qui abrite les glaciers et les calottes glaciaires de l'archipel Arctique canadien et est située près de l'inlandsis du Groenland. On prévoit que toutes ces masses de glace connaîtront d'importantes réductions de leur masse tout au long du siècle en cours. Cela entraînera un soulèvement des terres et contribuera à la réduction du taux d'élévation locale du niveau de la mer. En outre, l'attraction gravitationnelle réduite des masses de glace qui s'ameublissent fera baisser la surface de l'océan. Presque partout, les changements du niveau relatif de la mer prévus sont plus importants pour les scénarios du GIEC (2013) présentant des émissions plus élevées et des taux plus élevés de changement du niveau mondial de la mer prévu. Il y a une exception à Alert, au Nunavut, où la plus grande réduction de la masse de glace prévue par le scénario à émissions plus élevées entraîne un soulèvement plus important de la croûte terrestre et un taux plus élevé de diminution du niveau de la mer prévue.

On se fonde sur les prévisions du niveau moyen de la mer décrites ici pour envisager les changements futurs aux phénomènes de niveau d'eau extrême et à leurs conséquences, soit les inondations et l'érosion côtière (voir les chapitres 2 à 6). À court terme (de quelques années à quelques décennies), la variabilité et la dynamique naturelles du climat provoqueront des fluctuations du niveau de la mer qui devraient dominer les phénomènes de niveau d'eau extrême. Dans la région de la côte Ouest en particulier, l'oscillation australe El Niño et l'oscillation décennale du Pacifique engendrent des cycles de changements de plusieurs dizaines de centimètres dans le niveau de la mer sur des périodes de plusieurs années (Thomson *et al.*, 2008). À plus long terme, la lente élévation d'arrière-plan du niveau moyen de la mer prévue pour de nombreux endroits au Canada entraînera une augmentation de la fréquence des phénomènes de niveau d'eau extrême. L'effet peut être marqué dans des endroits comme Halifax et Tuktoyaktuk, où l'élévation prévue du niveau relatif de la mer est importante. À ces endroits, on prévoit que les phénomènes de niveau d'eau extrême caractérisés par une période de récurrence de plusieurs décennies se produiront à une fréquence de quelques années, voire même plus fréquemment, d'ici la fin du siècle (voir le chapitre 2; Forbes *et al.*, 2009; Lamoureux *et al.*, 2015).

Bref, le changement prévu du niveau relatif de la mer au Canada varie considérablement en raison de différences dans le taux de déplacement vertical des terres et d'autres facteurs. En certains endroits de la région de la côte Est, l'élévation prévue du niveau relatif de la mer dépasse les valeurs prévues à l'échelle mondiale, mais le changement du niveau relatif de la mer prévu dans la plupart des endroits est inférieur à la valeur mondiale (James *et al.*, 2014 [figure 9], 2015). Dans de grandes parties de la région de la côte Nord, on prévoit que le niveau relatif de la mer continuera de diminuer en raison du soulèvement des terres.

RÉFÉRENCES

- Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M.A., Milne, G.A., Nerem, R.S., Nunn, P.D., Payne, A.J., Pfeffer, W.T., Stammer, D. et Unnikrishnan, A.S. (2013a) : Sea level change; chapitre 13 dans *Climate Change 2013 : The Physical Science Basis* (contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation 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. 1137–1216, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf>.
- Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M.A., Milne, G.A., Nerem, R.S., Nunn, P.D., Payne, A.J., Pfeffer, W.T., Stammer, D. et Unnikrishnan, A.S. (2013b) : Sea level change supplementary material; dans *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation 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. 13SM-1–13SM-8, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/supplementary/WG1AR5_Ch13SM_FINAL.pdf>.
- Forbes, D.L., Manson, G.K., Charles, J., Thompson, K.R. et Taylor, R.B. (2009) : Halifax harbour extreme water levels in the context of climate change: scenarios for a 100-year planning horizon; Commission géologique du Canada, Dossier public 6346, 22 p., <http://ftp2.cits.mcan.gc.ca/pub/geott/ess_pubs/248/248196/of_6346.pdf>.
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2013) : Résumé à l'intention des décideurs; dans *Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques* (contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation 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_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf>.
- James, T.S., Henton, J.A., Leonard, L.J., Darlington, A., Forbes, D.L. et Craymer, M. (2014) : Relative sea-level projections in 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., <http://ftp2.cits.mcan.gc.ca/pub/geott/ess_pubs/297/297048/of_7942.pdf>.
- Lamoureux, S., Forbes, D.L., Bell, T., Manson, G.K., Rudy, A.C.A., Lalond, J., Brown, M., Smith, I.R., James, T.S., Couture, N.J., Whalen, D.J.R. et Fraser, P.R. (2015) : The impact of climate change on infrastructure in the western and central Canadian Arctic; chapitre 7 dans *From Science to Policy in the Western and Central Canadian Arctic: An Integrated Regional Impact Study (IRIS) of Climate Change and Modernization*, G.A. Stern et A. Gaden (éd.); ArcticNet, Québec, Québec.
- Milne, G.A., Gehrels, W.R., Hughes, C.W. et Tamisiea, M.E. (2009) : Identifying the causes of sea-level change; *Nature Geoscience*, vol. 2, p. 471–478. doi: 10.1038/ngeo544
- 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; Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques 260, 49 p., <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/335209.pdf>>.

FAQ 7 : QUELLE INCIDENCE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET L'ÉLEVATION DU NIVEAU DE LA MER AURONT-ILS SUR LES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS?

Authors : Colleen S.L. Mercer Clarke (*Université d'Ottawa, Université de Waterloo*), Christopher D.G. Harley (*Université de British Columbia*), Paul V.R. Snelgrove (*Université Memorial*) et Liette Vasseur (*Université Brock*)

Les environnements côtiers du Canada englobent un éventail complexe d'écosystèmes terrestres, aquatiques et marins interreliés. Dans une grande partie du pays, le peu d'information disponible sur les tendances en matière de santé des écosystèmes côtiers, en particulier dans les milieux éloignés des populations humaines, entrave la poursuite d'une planification efficace en vue du changement. Depuis l'arrivée des colons européens, la couverture terrestre et les schémas d'utilisation le long des côtes méridionales du Canada sont passées de terres en grande partie boisées à des terres principalement agricoles et urbanisées. Ces changements en matière de diversité et de services écosystémiques peuvent avoir une forte incidence sur la capacité des écosystèmes de réagir et de s'adapter à tout changement.

Les changements climatiques au Canada contribuent déjà aux changements se produisant dans les écosystèmes côtiers et provoquent la perte d'habitats, la migration d'espèces, des modifications au niveau de la productivité, des changements dans les fonctions et services écosystémiques et une sensibilité croissante aux nutriments et aux polluants. Le réchauffement de l'environnement compromet la survie de certaines espèces sauvages, à moins que celles-ci ne puisse migrer plus vers le nord. Dans certaines régions de la côte, les changements prévus dans l'environnement physique, causés par l'augmentation du niveau de la mer ou d'autres phénomènes liés au climat, peuvent se produire à un rythme dépassant la capacité d'adaptation des espèces et des écosystèmes. À l'inverse, dans certaines régions, les changements que subit le climat peuvent mener à une amélioration des conditions dans le cas de certaines espèces et rendre possible la création de services écosystémiques nouveaux ou améliorés. Garantir la durabilité des écosystèmes et des services écosystémiques exige une bonne compréhension des effets cumulatifs des changements climatiques et des conditions météorologiques de plus en plus violentes, de même que des rapports entre les forêts, les rivières, les eaux marines et les gens.

Les chercheurs éprouvent des difficultés à prévoir quelles espèces et quelles collectivités des écosystèmes côtiers courront les plus grands risques, et où et quand on atteindra les points de basculement (le moment où débute un changement rapide et catastrophique). Cependant, un corpus croissant de documents canadiens et internationaux aborde les effets négatifs et, parfois, positifs des changements dans la température de l'air et de l'eau, des changements dans les schémas de précipitation, de l'élévation du niveau de la mer et des événements météorologiques violents sur la faune et la flore des régions côtières. Les principales conclusions au sujet de ces effets au Canada sont les suivantes :

- Les changements dans la productivité des écosystèmes terrestres (p. ex. forêts et terres humides) auront une incidence sur la capacité de survie des espèces indigènes et peuvent améliorer les conditions pour les espèces envahissantes. Les périodes de chaleur et de sécheresse prolongées créeront des conditions favorables aux feux de friches. Les changements dans la végétation, combinés aux augmentations ou aux diminutions dans les charges de précipitations saisonnières dans les bassins hydrographiques, se solderont par un changement du moment auquel le débit fluvial maximal se produira, et des inondations ou des sécheresses porteront atteinte aux écosystèmes aquatiques, en modifiant les espèces et les habitats. Les taux d'érosion accrus des cours d'eau découlant des débits de pointe plus élevés, les changements dans la charge et mise en place des sédiments et les modifications dans les charges de nutriments apportées par les eaux de ruissellement auront des répercussions sur la productivité des eaux littorales de même que sur la santé physique et biologique et le fonctionnement des marais salés.
- Dans les eaux littorales maritimes, les températures marines plus élevées auront une incidence sur les relations prédateurs-proies dans le réseau trophique en favorisant de manière disproportionnée certaines espèces (c.-à-d. prédateurs ou proies) et en changeant le moment de la disponibilité des aliments. Les eaux plus chaudes peuvent accroître la concurrence pour la nourriture et l'habitat chez certaines espèces, à mesure que les espèces australes déplacent leur aire de répartition vers le nord et que de nouvelles espèces sont introduites. Par exemple, des preuves incontestables révèlent déjà un déplacement vers le nord du crabe des neiges, ce qui l'éloigne encore davantage des collectivités côtières peuplées. Les températures plus élevées de l'eau augmentent également la fréquence et l'importance des épidémies de maladies chez les populations de poissons, de mollusques et de crustacées sauvages et de culture. Les températures de l'eau plus chaudes associées à une réduction du débit d'eau des rivières peuvent compromettre la survie ou la reproduction d'espèces de poisson d'eau froide comme la truite et le saumon.
- L'acidification de l'eau de mer découlant des concentrations croissantes de dioxyde de carbone constitue elle aussi une préoccupation importante. Dans certains secteurs des trois côtes, des eaux déjà jugées corrosives pour certaines formes de calcium menacent

l'intégrité des coquilles et des squelettes. Le taux plus élevé d'acidité mène à une réduction de la croissance et de la capacité de survie d'espèces de mollusques comme la palourde et l'huître et réduira probablement le nombre de prises réalisées dans d'importantes pêches en mer (p. ex. huître, moule, oursin). L'acidification de l'océan peut également avoir des effets sur le rendement du saumon rose dans les eaux douces aussi bien que littorales. L'acidité de l'océan continuera de croître au cours du XXI^e siècle, et il importe de remarquer que certaines des solutions géotechniques qui ont été proposées pour limiter l'augmentation des températures ne réduiront pas l'acidification de l'océan.

- Les concentrations croissantes de nutriments dans les eaux côtières découlant du ruissellement agricole et de l'urbanisation (de même que des précipitations plus intenses) stimuleront de plus en plus la prolifération de végétaux planctoniques, qui sombreront et se décomposeront éventuellement, épuisant du même coup l'oxygène de l'eau. Une telle eutrophisation peut entraîner une hypoxie (épuisement de l'oxygène) des eaux côtières, créant des zones mortes où les poissons et les invertébrés luttent pour survivre. L'hypoxie progressive des eaux profondes du golfe du Saint-Laurent, dans certaines régions en particulier, chasse de nombreuses espèces de poissons, de mollusques et de crustacés, y compris la morue.
- L'élévation du niveau de la mer dans certaines parties du pays et les ondes de tempête plus élevées augmenteront les taux d'érosion et modifieront les schémas de sédimentation. Les températures plus élevées à la surface de la mer réduiront également la couverture de glace sublittorale, augmentant l'exposition aux ondes de tempête hivernales et à de plus grosses vagues et accélérant le processus d'érosion sur certaines rives, ce qui aura pour conséquence de modifier la topographie locale, la profondeur de l'eau et les courants. L'exposition accrue et les tempêtes plus violentes peuvent également promouvoir la remise en suspension de sédiments contaminés dans les eaux et les ports côtiers peu profonds.
- L'élévation du niveau de la mer et de la fréquence des tempêtes peuvent entraîner l'érosion ou l'inondation des marais salés, des formations dunaires et des lits de zostères vulnérables, les repoussant vers l'intérieur des terres ou les éliminant totalement ou en partie. Les marais salés, les lits de zostère, les plages et les autres écosystèmes seront menacés aux endroits où la topographie du littoral ou des structures techniques comme des digues empêchent une migration vers les terres. Par exemple, le banc Roberts de la Colombie-Britannique, une zone essentielle du point de vue écologique, abrite plus de 300 espèces d'oiseaux et plus de 80 espèces de poissons, de mollusques et de crustacés. Des digues construites au début du XX^e siècle dans le but de stabiliser le littoral empêchent maintenant les zones végétalisées intertidales, y compris les marais côtiers, de migrer en réaction à l'élévation du niveau de la mer, éliminant ainsi un habitat marécageux essentiel (figure 6). Les changements dans les précipitations saisonnières auront également un effet sur la santé des marais salés en modifiant l'apport en nutriments et en augmentant le nombre d'épisodes de sécheresse et d'inondation.
- Dans le Nord du Canada, les écosystèmes terrestres éprouveront des difficultés liées aux changements dans la saisonnalité, à la perte de neige et de glace et au dégel du pergélisol. Les littoraux deviendront plus instables et seront modifiés par une érosion accrue, des changements dans les schémas de sédimentation et d'inondations, soit des phénomènes qui tous auront un effet sur les écosystèmes locaux et sur le bien-être des collectivités humaines qui dépendent de la chasse et de la pêche traditionnelles. La diminution de la glace de mer entraînera une réduction de l'habitat pour la mise bas et nuira aux activités de chasse d'espèces comme l'ours polaire, le phoque et le morse. Un accès accru aux eaux de l'Arctique augmentera également les possibilités au niveau des activités humaines, comme le transport maritime et la production pétrolière et gazière, de même que la probabilité de pollution, de contamination et d'introduction d'espèces associée à ces activités. Compte tenu de la fragilité de ces écosystèmes côtiers arctiques et de la difficulté d'y assurer la prestation de services d'intervention en cas d'urgence en raison de leur éloignement, la pollution peut devenir généralisée et irréversible, ce qui aura de graves conséquences au niveau de la productivité et la biodiversité.

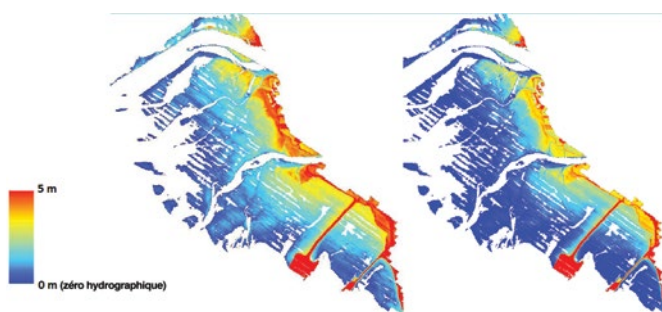


FIGURE 6 : Effet d'une élévation du niveau de la mer de 0,88 m sur le banc Roberts. Les zones en cyan et en bleu indiquent les zones qui se trouvent sous le niveau d'eau moyen, les zones végétalisées plus élevées étant illustrées en jaune et en orange (Hill et al., 2013). Le résultat est une diminution considérable de l'étendue des zones végétalisées supérieures, qui comprennent des marais très salés. Les terminaux de Port Metro Vancouver et du traversier Tsawwassen, les deux structures linéaires indiquées en orange, se prolongent sur le banc.

L'état actuel des connaissances scientifiques ne permet pas de prévoir avec certitude les effets des changements climatiques sur les environnements côtiers du Canada en raison du peu de connaissances dont on dispose au sujet de la rapidité avec laquelle les organismes peuvent s'adapter ou de la manière exacte dont différentes variables environnementales interagiront avec la vie océanique. Même si certains changements positifs peuvent se produire pour des espèces qui prospèrent dans des eaux plus chaudes ou pour différents mélanges d'espèces, beaucoup de changements auront une incidence négative par rapport à la situation qui existait dans les océans de par le passé et que l'on constate encore aujourd'hui. Un bouleversement en profondeur des océans est la seule certitude associée aux changements climatiques.

RÉFÉRENCE

Hill, P.R., Butler, R.W., Elner, 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); Commission géologique du Canada, Dossier public 7259, 58 p., <<http://geoscan.nrcan.gc.ca/starweb/geoscan/servlet.starweb?path=geoscan/download.web&search1=R=292672>>.

POUR OBTENIR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Ainsworth, C.H., Samhoury, J.F., Busch, D.S., Cheung, W.W., Dunne, J. et Okey, T.A. (2011) : Potential impacts of climate change on Northeast Pacific marine food webs and fisheries; ICES Journal of Marine Science, vol. 68, no 6, p. 1217–1229. doi :10.1093/icesjms/fsr043

Cheung, W.W.L., Zeller, D. et Pauly, D. (2011). Projected species shifts due to climate change in the Canadian marine ecoregions; rapport rédigé par Sea Around Us Project à l'intention d'Environnement Canada, 46 p., <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.228.3988&rep=rep1&type=pdf>>.

Hutchings, J.A., Côté, I.M., Dodson, J.J., Fleming, I.A., Jennings, S., Mantua, N.J., Peterman, R.M., Riddell, B.E. et Weaver, A.J. (2012) : Climate change, fisheries, and aquaculture : trends and consequences for Canadian marine biodiversity; Environmental Review, vol. 20, p. 220–311. doi :10.1139/a2012-011

Nantel, P., Pellatt, M.G., Keenleyside, K. et Gray, P.A. (2014) : Biodiversité et aires protégées; dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.); Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, p. 159–190.

FAQ 8 : QUEL SERA L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES SECTEURS DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES?

Auteure : Fiona J. Warren (*Ressources naturelles Canada*)

Les industries et les entreprises des régions côtières sont confrontées à un éventail de possibilités et de défis associés aux changements climatiques. En plus de l'augmentation des températures et des modifications dans les schémas de précipitations, elles doivent composer avec le changement du niveau de la mer, l'érosion côtière, les inondations et, dans les régions nordiques, d'importantes réductions dans la couverture de glace de mer de même que la dégradation du pergélisol. Ces impacts peuvent avoir des conséquences économiques majeures : les études révèlent que d'ici 2020, les dommages économiques annuels découlant de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête au Canada pourraient totaliser entre 2,6 et 5,4 milliards de dollars et pourraient atteindre 48,1 milliards de dollars d'ici 2080 (Stanton *et al.*, 2010). La présente foire aux questions (FAQ) donne des exemples d'impacts sur des secteurs particuliers, en mettant l'accent sur quatre secteurs (pêches, tourisme, énergie et transports) dont l'exploitation dépend de l'environnement côtier. Les chapitres régionaux (*voir les chapitres 4 à 6*) de même que le chapitre 3 (« Le défi côtier ») du présent rapport renferment de plus amples détails sur le sujet.

PÊCHES

Les pêches marines du Canada jouent un rôle important du point de vue économique et culturel dans les régions côtières. Les impacts des changements climatiques seront principalement ressentis par leurs effets sur des espèces particulières (p. ex. santé, populations et répartition) et sur l'infrastructure des pêches (p. ex. ports, quais, jetées), l'ampleur et l'importance des effets variant en fonction de la région, de la sous-région et du type de pêche (p. ex. commerciale, aquaculture, pêche traditionnelle et pêche sportive).

La plupart des espèces de poissons sont sensibles aux changements dans leur environnement. Par exemple, une étude sur les stocks de poissons au large de la côte orientale de l'Amérique du Nord a déterminé que 26 espèces de poissons (sur 36) s'étaient déplacées vers le nord en réaction à l'augmentation des températures de l'eau entre 1968 et 2007 (Nye *et al.*, 2009). Les changements de ce type ont des répercussions aussi bien négatives que positives sur le moment de la saison de la pêche et sur les espèces disponibles pour la pêche. Dans le Nord, par exemple, il existe des possibilités potentielles de nouvelles pêches commerciales découlant du déplacement vers le Nord de l'aire de répartition de la morue et d'autres espèces (*voir le chapitre 5*).

Les changements climatiques sont également associés à l'augmentation de l'acidité de l'océan et à la diminution de la teneur en oxygène de l'eau (hypoxie). Les mollusques et crustacés ayant une valeur commerciale sur les côtes est et ouest sont vulnérables à

l'acidification pendant les nombreuses étapes de leur développement. L'hypoxie peut entraîner une réduction des stocks de poissons à nageoires et de crustacés par ses impacts sur le taux de mortalité, le développement et la croissance des poissons. L'industrie des mollusques et crustacés est également vulnérable aux augmentations du nombre d'invasions par les espèces exotiques, lesquelles se produisent en raison du réchauffement des eaux, de même qu'aux fermetures de la pêche pour motif de contamination biologique. Par exemple, les fermetures de la pêche de mollusques et crustacés le long de la côte de la Nouvelle-Écosse ne cessent d'augmenter depuis les années 1940 et, en 2000, 60 % (277 sites de récolte) des zones de pêche de mollusques et crustacés ont été fermées (CBCL Limited, 2009).

Les pêches sont également touchées par les effets des phénomènes météorologiques extrêmes, de l'élévation du niveau de la mer et de l'érosion sur les infrastructures côtières. Les dommages liés aux changements climatiques subis par les ports, les quais et les jetées est une préoccupation courante cernée par Pêches et Océans Canada.

TOURISME

Le tourisme dans les régions côtières dépend lourdement de l'environnement naturel et des services qu'il offre (p. ex. visites à la plage, pêche, navigation de plaisance et randonnée). Même si peu de recherches sur la relation entre les changements climatiques et le tourisme au Canada ont été effectuées, celles dont on dispose portent à croire qu'il y aura des impacts positifs aussi bien que négatifs.

Les avantages dans les régions de la côte Est et de la côte Ouest tendent à être liés à la prolongation des saisons se prêtant aux visites touristiques et aux activités de loisir estivales (p. ex. golf et pêche). Toutefois, l'élévation du niveau de la mer et l'impact des conditions météorologiques extrêmes posent des risques en ce qui a trait à l'infrastructure touristique (p. ex. les quais et les propriétés côtières), les ressources culturelles (p. ex. Haida Gwaii et L'Anse-aux-Meadows) et les plages (p. ex. parc national de l'Île-du-Prince-Édouard). Les eaux plus chaudes peuvent également rendre les plages moins attrayantes si elles s'accompagnent d'une augmentation de la prolifération d'algues et d'une diminution de la qualité de l'eau.

Dans le Nord, on s'attend à de plus grandes possibilités de tourisme en navire de croisière en raison de la réduction de la glace de mer (*voir la section « Transports »*), les tendances indiquant que cela a déjà commencé (*voir le chapitre 5*). Dans le sud de la région de la baie d'Hudson, toutefois, les croisières et les autres activités touristiques peuvent diminuer à mesure que les espèces qui attirent les visiteurs, comme l'ours polaire, se déplacent vers le Nord (*voir le chapitre 5*).

ÉNERGIE

Dans le Nord, la réduction de la glace de mer et la prolongation de la saison navigable peuvent présenter des possibilités pour l'industrie pétrolière et gazière en matière d'exploration et de mise en valeur. On a estimé que les réserves extracôtières potentielles dans l'ouest de l'Arctique pourraient atteindre 150 000 milliards de pieds cubes de gaz naturel et plus de 15 milliards de barils de pétrole (Government of the Northwest Territories, 2015). Les compagnies pétrolières ont manifesté de l'intérêt par rapport à la mise en valeur de nouvelles plateformes pétrolières extracôtières, comme dans la mer de Beaufort (*voir le chapitre 5*).

En Colombie-Britannique, l'infrastructure énergétique existante et prévue le long de la côte du Pacifique a été évaluée à plus de 100 milliards de dollars (*voir le chapitre 6*), et l'intérêt récent pour la mise en valeur de l'énergie et la marine marchande ont engendré une certaine croissance dans certaines collectivités de la côte nord de la Colombie-Britannique. Dans ces collectivités, les impacts préoccupants des changements climatiques sont liés à l'élévation du niveau de la mer et de l'activité orageuse, qui peuvent avoir une incidence sur les terminaux d'exportation côtiers et engendrer des conditions dangereuses pour la marine marchande.

Les dommages accrus aux infrastructures de transmission d'énergie sont un enjeu pour toutes les régions. Dans le Nord, par exemple, on se préoccupe de l'impact des augmentations potentielles du nombre d'épisodes de précipitations verglaçantes et de tempêtes plus fortes sur les fils électriques (*voir le chapitre 5*). Les changements dans les régimes d'écoulement fluvial peuvent porter atteinte à la production d'hydroélectricité de manière positive ou négative (Lemmen *et al.*, 2014).

TRANSPORTS

Dans l'ensemble du Canada (y compris dans les régions côtières), la plupart des infrastructures de transport, y compris les routes, les chemins de fer, les ponts, les ports et les aéroports, n'ont pas été construites de manière à résister aux extrêmes climatiques futurs et à l'érosion côtière. Pour le secteur des transports, les impacts potentiels comprennent la perturbation des services de traversier et d'aéroport, la fermeture des routes et des dommages coûteux aux infrastructures (figure 7). Il existe également des possibilités potentielles pour le secteur, principalement pour la marine marchande, qui sont associées à la réduction de la glace de mer et à la présence d'eaux plus profondes dans les ports.

Des réseaux de transport fiables sont nécessaires pour le commerce et la compétitivité économique de même que pour assurer la résilience et la sécurité des collectivités. Dans la région de la côte Est, de grandes quantités de biens circulent en train et en camion entre



FIGURE 7 : Dommages causés par l'ouragan Igor à l'autoroute et au pont près de Port Rexton, à Terre-Neuve-et-Labrador. Photo gracieuseté des Services des incendies et des urgences de Terre-Neuve-et-Labrador.

même que par les dommages causés par les tempêtes (aux quais ou aux routes qui donne accès aux gares maritimes). Ces perturbations préoccupent beaucoup de petites collectivités de l'île de Vancouver et de plusieurs secteurs de la région de la côte Est.

Avec la réduction de la glace de mer, on s'attend à une plus importante circulation maritime dans le Nord, et les ports nordiques pourraient devenir plus viables (voir le chapitre 5). Cela présente des possibilités pour le tourisme en navire de croisière (avec des possibilités d'emploi et d'activités génératrices de revenus), le transport maritime de marchandises (p. ex. pour les activités liées aux ressources, l'approvisionnement des collectivités et le déplacement des ressources vers le sud) de même que la mise en valeur des industries des ressources naturelles comme l'exploitation minière. Les itinéraires maritimes nordiques permettent également des déplacements plus courts entre l'Europe et l'Asie, lesquels pourraient permettre à l'industrie du transport maritime de réaliser d'importantes économies. Toutefois, des risques y sont associés (p. ex. les dommages causés par la glace et les autres dangers maritimes) et la région de la côte Nord ne dispose actuellement que de peu de cartes nautiques et d'une capacité limitée en matière d'opérations de recherche et de sauvetage.

RÉFÉRENCES

- CBCL Limited (2009) : Nos côtes : vie, travail, loisir, protection (Rapport récapitulatif de 2009 sur l'état des côtes de la Nouvelle-Écosse); rapport rédigé par la CBCL Limited à l'intention de la province de Nouvelle-Écosse, 21 p., <http://www.novascotia.ca/coast/documents/state-of-the-coast/WEB_Summary_FR.pdf>.
- Government of the Northwest Territories (2015) : Arctic Oil and Gas Symposium – discours du sous-ministre adjoint, Ressources minérales et pétrolières, 10 mars 2015; Government of the Northwest Territories, Department of Industry, Tourism and Investment, <<http://www.iti.gov.nt.ca/news/arctic-oil-and-gas-symposium-assistant-deputy-minister-minerals-and-petroleum-resources-speech>>.
- Lemmen, D.S., Johnston, M., Ste-Marie, C. et Pearce, T. (2014) : Ressources naturelles; chapitre 3 dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, F.J. Warren et D.S. Lemmen (éd.); Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, p. 65-98, <http://www.mcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf>.
- Nye, J.A., Link, J.S., Hare, J.A. et Overholtz, W.J. (2009) : Changing spatial distribution of fish stocks in relation to climate and population size on the northeast United States continental shelf; *Marine Ecology Progress Series*, vol. 393, p. 111-129. doi:10.3354/meps08220
- Stanton, E.A., Davis, M. et Fencl, A. (2010) : Costing climate impacts and adaptation: a Canadian study on coastal zones; rapport rédigé par le Stockholm Environment Institute à l'intention de la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, Somerville, Massachusetts, 106 p., <http://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/Climate-mitigation-adaptation/Economics_of_climate_policy/sei-canada-coastal-zones-june-2010.pdf>.

FAQ 9 : QUE FAIT-ON POUR S'ADAPTER AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES DU CANADA?

Auteure : Fiona J. Warren (*Ressources naturelles Canada*)

Comme on le voit clairement dans les chapitres régionaux du présent rapport, toutes les régions côtières du Canada prennent actuellement des mesures d'adaptation. Les types d'adaptation comprennent des plans et des stratégies, des changements institutionnels (comme la mise à jour des politiques, des lois et des règlements) et la mise en œuvre sur le terrain de mesures visant à réduire la vulnérabilité (p. ex. alimentation des plages et restauration des terres humides). La présente foire aux questions (FAQ) souligne certaines des activités exécutées dans chacune des régions côtières du Canada afin de réduire la

vulnérabilité actuelle et future aux changements climatiques. Elle donne un aperçu et des exemples; on peut trouver de plus amples renseignements sur les mesures d'adaptation particulières dans les chapitres régionaux du rapport (voir les chapitres 4 à 6), alors que le sujet de l'adaptation en général est abordé au chapitre 3 (« Le défi côtier »).

RÉGION DE LA CÔTE EST (CHAPITRE 4)

Un inventaire des évaluations de la vulnérabilité réalisées depuis la fin des années 1990 dans la région de la côte Est a dénombré 226 études distinctes, dont la plupart mettaient l'accent sur l'érosion côtière, les inondations et la restauration des écosystèmes (voir le chapitre 4). Cela démontre l'importance des travaux exécutés en vue de cartographier et de comprendre les vulnérabilités aux changements climatiques ainsi que pour se sensibiliser aux risques posés par l'élévation du niveau de la mer et les dommages causés par les tempêtes.

Les mesures de protection structurelles, comme les perrés, les ouvrages longitudinaux et les épis, font partie des approches les plus courantes adoptées en vue de réduire les risques posés par l'érosion côtière dans la région. Même si l'utilisation de telles mesures de protection structurelles augmente, elles peuvent finir par accroître plutôt que réduire la vulnérabilité, en particulier pour les terres adjacentes, si elles ne sont pas conçues et disposées de manière convenable ou entretenues correctement. Les risques comprennent une accélération de l'érosion, la perte de plages et la compression côtière des habitats et des écosystèmes. Les mesures de protection non structurelles (comme l'utilisation de sable propre de dragage pour regarnir les plages) constituent des alternatives aux approches structurelles.

Certaines municipalités ont employé des approches qui visent à réduire les risques posés par les inondations. Par exemple, la stratégie de planification municipale et le règlement sur l'utilisation des terres pour le secteur du front de mer du centre-ville d'Halifax exige que le rez-de-chaussée de tout développement se trouve à au moins 2,5 m au-dessus de la ligne des hautes eaux ordinaire. Des stratégies d'évitement et de retrait ont également été utilisées dans la région en vue de réduire la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer. Dans le parc national de l'Île-du-Prince-Édouard, par exemple, on a pris la décision d'abandonner certains terrains de camping et de déménager la principale route côtière vers l'intérieur des terres pour composer avec l'érosion côtière.

RÉGION DE LA CÔTE NORD (CHAPITRE 5)

Le Nord s'est réchauffé beaucoup plus rapidement que le reste du Canada, et on constate déjà des impacts graves et généralisés. En conséquence, on a porté une grande attention à l'adaptation aux changements climatiques dans la région, et beaucoup de plans et d'initiatives d'adaptation sont en place. Tous les ordres de gouvernement sont actifs en matière d'adaptation. Par exemple, Affaires autochtones et Développement du Nord Canada a un programme visant à réduire la vulnérabilité de l'infrastructure communautaire aux changements climatiques, les gouvernements territoriaux du Nunavut et du Yukon ont tous deux des stratégies d'adaptation officielles en place et plusieurs collectivités ont dressé des plans d'adaptation qui mettent l'accent sur l'amélioration de la résilience de l'environnement bâti.

Une grande partie des travaux d'adaptation dans la région mettait l'accent sur le fait de composer avec les changements se manifestant dans le pergélisol et la glace de mer. Par exemple, de nouvelles normes tenant compte des changements climatiques ont été élaborées afin d'éclairer les décisions prises en matière de construction sur le pergélisol. Une étude dans trois peuplements côtiers des Territoires du Nord-Ouest a conclu que le recours à une « adaptation éclairée » pouvait réduire le coût des impacts de la dégradation du pergélisol d'un tiers par rapport au coût si aucune mesure n'est prise (voir le chapitre 5). Afin de s'adapter aux schémas changeants de la glace de mer, de nouvelles technologies sont utilisées pour échanger des renseignements sur l'épaisseur de la glace de mer et sur d'autres caractéristiques de surface afin de réduire les risques liés à la sécurité (associés par exemple aux déplacements sur la glace de mer). Par exemple, le système de surveillance et d'information en temps réel sur la glace de mer pour les environnements côtiers (Sea-Ice Monitoring And Real-Time Information for Coastal Environments ou SmartICE) est un système de cueillette et de diffusion d'information sur la glace de mer mis à l'essai avec des collectivités du Nunatsiavut et du Nunavut.

L'accès à l'information est un obstacle à l'adaptation abordé par de nombreuses initiatives, y compris un portail en ligne élaboré sous l'égide du Conseil de l'Arctique. Ce portail d'information sur l'adaptation a été mis au point en vue de faciliter l'échange de connaissances sur l'adaptation aux changements climatiques dans le nord circumpolaire et sert de pôle d'information pour les intervenants responsables de la prise de décisions sur les enjeux (p. ex. collectivités, chercheurs, secteurs public et privé). On accède au portail par le site Web Arctic Adaptation Exchange (<http://www.arcticadaptationexchange.com>).

RÉGION DE LA CÔTE OUEST (CHAPITRE 6)

Dans la région de la côte Ouest, les risques associés à l'élévation du niveau de la mer et aux inondations côtières ont fait l'objet d'une attention considérable de la part des gouvernements provinciaux et locaux. Plusieurs gouvernements locaux ont commencé à planifier en fonction de l'élévation du niveau de la mer. Parmi les projets d'adaptation récents, on note par exemple une évaluation du coût de la mise

à niveau du système de digues de Metro Vancouver, une évaluation des risques posés par l'élévation du niveau de la mer dans le District régional de la capitale Victoria et la disposition de blocs rocheux sous la ligne de marée basse sur la côte de West Vancouver afin d'atténuer l'impact des ondes de tempête. Les pôles économiques importants (p. ex. l'Aéroport international de Vancouver et le Port de Metro Vancouver) travaillent également avec les municipalités avoisinantes sur des mesures d'adaptation.

Au niveau provincial, la Colombie-Britannique a mis à jour les lignes directrices en matière de développement dans les zones inondables, et les municipalités commencent à incorporer l'élévation du niveau de la mer dans les mesures en matière de construction au-dessus du niveau d'inondation. En 2013, Vancouver est devenue la première ville de Colombie-Britannique à adopter officiellement la prise en considération d'une élévation du niveau de la mer d'un mètre relative aux exigences de mise en valeur et de planification, et la Ville évalue actuellement de nombreuses autres options de planification du développement. Des lignes directrices ont été mises au point en vue d'appuyer l'adoption d'approches techniques à l'adaptation (p. ex. structures de protection côtière comme les digues) et des travaux sont en cours dans la région sur des approches de protection non conventionnelles et prometteuses, comme l'atténuation des vagues.

FAQ 10 : QUI EST RESPONSABLE DE L'ADAPTATION DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES?

Auteur : Patricia Manuel (*Université Dalhousie*)

L'adaptation aux changements climatiques dans les régions côtières est une responsabilité partagée qui exige des mesures par tous les ordres de gouvernement, les organismes communautaires, le secteur privé, les universités et les particuliers. La présente FAQ illustre les rôles et les responsabilités des différents groupes en matière de préparation des régions côtières aux changements climatiques en général, plutôt que d'aborder des impacts climatiques particuliers.

Dans les régions côtières, les gouvernements utilisent un éventail d'outils et de mécanismes en vue de protéger la santé et la sécurité publiques, d'orienter et de réglementer l'utilisation des terres et des eaux côtières et de protéger la qualité de l'environnement. Les gouvernements étoffent également les connaissances sur les changements climatiques et ses impacts sur les milieux côtiers en menant et en appuyant des recherches de même qu'en fournissant des renseignements et des conseils. Les gouvernements peuvent donner le bon exemple par leur propre réaction aux changements climatiques : ils peuvent démontrer les pratiques exemplaires touchant le lieu et la méthode à privilégier pour la construction, la mise en valeur ou l'exploitation dans des endroits côtiers afin de minimiser les impacts sur les systèmes côtiers et de protéger l'investissement public.

Le gouvernement fédéral, par l'entremise d'une grande variété de ministères, joue de multiples rôles à l'échelle nationale, entre autres l'acquisition et le transfert de connaissances, la prestation de cadres d'action coordonnée, la mise en œuvre et le soutien de l'adaptation y compris les mesures prises par les communautés autochtones, de même que la réglementation de l'accès aux eaux côtières et au plancher océanique et de leur utilisation, y compris la zone intertidale (la zone entre la marée haute et la marée basse). Le gouvernement fédéral établit en outre les exigences, les règles et les règlements nationaux qui protègent la santé et la sécurité publiques, de même que les codes et les normes pour la conception et la construction des infrastructures. Les conditions sur la côte sont difficiles, voire même extrêmes (p. ex. ondes de tempête, ouragans, formation d'embâcles et chevauchement des glaces) et évoluent constamment (p. ex. accélération de l'érosion, perte de glace de mer et dégel du pergélisol). La révision au besoin des codes et des normes fait partie de l'adaptation aux changements touchant l'environnement côtier.

Les gouvernements provinciaux et territoriaux étoffent eux aussi les connaissances sur les changements climatiques et l'adaptation propres aux systèmes côtiers, aux utilisations des côtes et aux schémas de mise en valeur dans leur compétence. Les gouvernements provinciaux régissent la qualité environnementale de la terre, de l'air et de l'eau douce et jouent un rôle dans l'établissement des codes et des normes en matière de conception et de choix de l'emplacement des infrastructures. Avec le gouvernement fédéral, ils partagent la responsabilité de la réglementation de l'environnement côtier intertidal et de la préparation aux situations d'urgence (avec les gouvernements municipaux). En outre, ils gèrent et régissent la mise en valeur des terres et des ressources, établissent des politiques et adoptent des lois sur l'endroit et la manière de mettre les terres en valeur et sont en mesure de protéger les terres et les environnements spéciaux contre les activités de développement (p. ex. terres humides et plages côtières). Grâce à des politiques et des règlements sur l'utilisation des terres, en particulier, ils peuvent définir le type et l'intensité d'utilisation des terres dans les régions côtières sur l'ensemble de leur territoire et peuvent éloigner de la côte les activités de mise en valeur afin de protéger les gens et les investissements contre les dangers côtiers, et protéger les milieux côtiers contre les impacts du développement. Les deux stratégies — la protection des gens et la protection des milieux — sont des objectifs clés de l'adaptation.

Les gouvernements locaux (les gouvernements des villes et villages, des régions et des districts ruraux) sont souvent les mieux placés pour influencer sur l'utilisation des terres côtières et pour mettre les mesures d'adaptation en place. Les gouvernements provinciaux délèguent généralement la planification et la réglementation de l'utilisation des terres aux gouvernements locaux au moyen de lois habilitantes. Les gouvernements locaux peuvent prendre les politiques et les cadres provinciaux plus généraux, le cas échéant, et les raffiner de façon à ce qu'ils répondent aux exigences du contexte local, ou peuvent créer leurs propres règles de planification et de mise en valeur (en maintenant au moins les exigences provinciales minimales). Ainsi, les gouvernements locaux peuvent contrôler les détails afférant à l'utilisation et à la mise en valeur des terres dans les régions côtières de leur compétence par le recours à la planification et à la réglementation, et au moyen d'activités de planification et de conception propres au site. Toutefois, les gouvernements locaux ont différents niveaux de capacité (c.-à-d. ressources humaines et financières) lorsqu'il s'agit d'aborder ces enjeux, et ils ne choisissent pas tous de pratiquer la planification de l'utilisation des terres et le contrôle de la mise en valeur des terres. Lorsqu'il n'existe pas de planification ou de contrôle au niveau local, les politiques et règlements provinciaux demeurent en vigueur.

L'industrie privée et les propriétaires et exploitants d'entreprises, ainsi que les propriétaires fonciers privés, se doivent de respecter les exigences, les normes, les lois et les règlements qui régissent le développement et l'activité dans les régions côtières. Ils doivent en outre garantir la résilience de leurs bâtiments et de leurs structures par une conception et un entretien convenables, et ils doivent mettre en place les mesures de protection appropriées (p. ex. assurances, protection contre les inondations, plans d'urgence) pour composer avec les phénomènes météorologiques extrêmes. Il est important de comprendre que les règles qui protègent le secteur privé (et ses investissements) contre les dangers côtiers servent également à protéger l'environnement contre les activités d'utilisation des côtes dont il peut être responsable. Là où les règles n'ont pas encore été élaborées ou mises à jour pour refléter les conditions environnementales en pleine mutation, le fait de porter attention à ce qui se passe sur la côte et de se tenir au courant des meilleures approches en matière de mise en valeur aidera les exploitants et les propriétaires fonciers privés à prendre des décisions durables à long terme.

Les organismes communautaires, non gouvernementaux et professionnels et les établissements d'enseignement ont également des rôles à jouer en matière d'adaptation dans les régions côtières. Les organismes communautaires et non gouvernementaux représentent les intérêts spéciaux des citoyens. Dans le contexte de l'adaptation des régions côtières, ces organismes aident à sensibiliser le public aux changements climatiques et à ses impacts et font la promotion de l'adaptation grâce, par exemple, à la protection de l'environnement côtier et à l'amélioration des pratiques en matière de planification et de mise en valeur des terres. Les associations professionnelles adoptent des codes de pratique et fournissent des conseils à leurs membres sur la façon de fonctionner dans les régions côtières. Par exemple, le génie, l'architecture et la planification sont des professions jouant un rôle dans l'élaboration ou la promotion de normes de pratiques exemplaires en matière de construction, de conception et de mise en valeur dans les régions côtières. Les professions de l'immobilier et des assurances complètent cet effort en encourageant les gens (par la divulgation de renseignements, la disponibilité des assurances et les primes) à faire de bons choix en ce qui concerne l'achat de propriétés côtières et l'endroit où bâtir lorsqu'ils achètent des terres côtières. Les établissements d'enseignements, en particulier les universités et les collèges, sont particulièrement aptes à renforcer l'acquisition de connaissances au sujet des changements climatiques et du milieu côtier et à assurer le transfert généralisé de ces connaissances afin de garantir les normes les plus élevées d'adaptation dans les régions côtières et d'aider à instruire et informer le public sur le milieu côtier et les changements climatiques.

Dans les régions côtières, la complexité de l'environnement, la diversité des intérêts et la grande variété de règlements et de contrôles signifie qu'une approche de l'adaptation coordonnée et à multiples intervenants est nécessaire. Une compréhension commune des défis, de même que des objectifs communs appuyés par des normes, des règles, des renseignements et des cadres rigoureux, aideront à garantir que les différents groupes peuvent travailler ensemble de manière efficace à s'adapter aux changements climatiques dans les régions côtières.

POUR OBTENIR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS :

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=41DCF41B26B4449D8F54FAA0A8C751A9&filename=slr-primer.pdf>>.

Stewart, P.L., R.J. Rutherford, H.A. Levy et Jackson, J.M. (2003) : A guide to land use planning in coastal areas of the Maritime Provinces; Rapport technique canadien sur les sciences halieutiques et aquatiques 2443: x + 165 pages.

FAQ 11 : COMMENT LES COÛTS DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SE COMPARENT-ILS AUX COÛTS DE L'ADAPTATION?

Auteurs : Jimena Eyzaguirre (ESSA Technologies Ltd.) et Gerett Rusnak (Ressources naturelles Canada)

COMPARAISON DES RÉSULTATS DE DIVERSES ÉTUDES

Il est difficile de comparer les résultats d'études estimant les coûts des changements climatiques en raison des variations dans la portée, les présomptions et les méthodes. Les variations dans la portée comprennent les différences dans le type et le nombre de dangers climatiques examinés (p. ex. inondations côtières, érosion côtière, ondes de tempête) de même que les différences dans le degré auquel les estimations des coûts reflètent les impacts physiques pertinents directs (p. ex. dommages aux propriétés privées et aux infrastructures publiques, perte d'habitat) et indirects (p. ex. perturbation des transports et des affaires, perte de productivité économique, changements au niveau des salaires et des prix, effets sur la santé mentale). Les différentes présomptions quant à l'avenir (rythme et importance des changements dans les conditions climatiques, taux de croissance de la population et de l'économie) et quant à l'importance des mesures d'adaptation déjà prises contribuent également aux variations dans les estimations. Les méthodes varient considérablement et vont de techniques d'établissement des coûts directes de base à la modélisation à l'échelle de l'économie entière.

Les coûts sociaux, économiques et environnementaux des impacts des changements climatiques et des mesures d'adaptation dans les régions côtières maritimes du Canada sont très peu connus. Quelques études, à différentes échelles, ont été entreprises au cours des dernières années. Ces études brossent un portrait partiel et ne saisissent généralement qu'une petite partie des coûts complets. Elles différencient rarement le coût ajouté par les changements climatiques futurs à des systèmes côtiers déjà touchés par les risques liés au climat actuel. Néanmoins, prises collectivement, ces études laissent entendre que les mesures d'adaptation peuvent engendrer des avantages dont la valeur dépasse les coûts en réduisant les dommages causés par les impacts côtiers liés au climat. Toutefois, pour certains endroits et certaines mesures, les coûts de l'adaptation peuvent dépasser la valeur des avantages. Les études indiquent également que les coûts et avantages relatifs de différents types de mesures d'adaptation — comme les mesures de protection naturelles et artificielles, les mesures de protection contre les inondations et les déménagements — peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre.

Une analyse à l'échelle nationale réalisée par la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (TRNEE) a estimé le coût des dommages causés aux maisons par les inondations attribuables à l'élévation du niveau de la mer et aux ondes de tempête le long du littoral canadien (TRNEE, 2011), en fonction de divers scénarios futurs d'évolution du climat et de croissance de l'économie et de la population, à entre 4 et 17 milliards de dollars par an (en dollars de 2008, non actualisés) d'ici le milieu du siècle. Cela représente entre 0,2 et 0,3 % des niveaux du PIB annuel prévus, et les changements climatiques sont responsables de 20 à 49 % de ces dommages. La même étude a révélé que plus de 90 % des dommages causés par les inondations côtières à l'échelle nationale se produiront en Colombie-Britannique, où la concentration de personnes et d'actifs vulnérables à l'élévation du niveau de la mer et aux ondes de tempête est la plus élevée du Canada. Une étude nationale récente, qui incorporait un éventail de coûts plus grand mais employait des scénarios de croissance démographique et économique future plus pessimistes à partir de l'étude de la TRNEE,² estimait le coût combiné de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête dans les provinces et territoires côtiers du Canada pendant la période de 2009 à 2054 à un total cumulatif de 53,7 à 108,7 milliards de dollars (exprimés en termes de PIB en valeur actuelle, indiquée en dollars de 2008, actualisés à 4 %), selon l'ampleur des changements climatiques futurs (Withey *et al.*, 2015).³ Au niveau local, quelques études à l'échelle communautaire ont été réalisées en vue d'estimer la valeur des propriétés ou des terres menacées par l'élévation du niveau de la mer, les ondes de tempête ou l'érosion aggravée par les changements climatiques. Les estimations des coûts varient considérablement d'un cas à l'autre, mais peuvent être de l'ordre de millions, voire de milliards, de dollars pour certaines collectivités (McCulloch *et al.*, 2002; BGC Engineering Inc., 2009; Hallegatte *et al.*, 2013; AECOM, 2015). À part les différences dans la portée, les présomptions et les méthodes, les variations dépendent de la mesure dans laquelle les collectivités sont vulnérables aux changements climatiques (p. ex. nombre et valeur des actifs et des services exposés aux dangers climatiques).

Les études qui comparent les coûts des impacts côtiers liés aux changements climatiques avec et sans adaptation semblent indiquer que l'adaptation planifiée peut réduire considérablement les coûts. Une analyse présentée par la TRNEE (2011) a révélé que l'interdiction

2 Withey *et al.* (2015) ont employé les estimations des coûts des dommages directs causés aux résidences, aux terres agricoles et aux terres forestières dans les régions côtières du Canada par l'élévation du niveau de la mer et les ondes de tempête, estimations tirées de Stanton *et al.* (2010), en vue de modéliser les coûts indirects de ces dommages attribuables aux changements dans les prix et les salaires associés à la perte de terrain et de capital, dans l'ensemble de l'économie des six provinces côtières (les provinces de l'Atlantique, le Québec et la Colombie-Britannique) et des trois territoires au moyen de modèles à l'échelle de l'économie (« modèles d'équilibre général programmables »). L'étude excluait les impacts sur les valeurs non marchandes (comme les valeurs des écosystèmes et les activités de loisir), le coût des dommages aux infrastructures publiques (p. ex. ports, routes et chemins de fer) et aux propriétés commerciales (p. ex. usines, magasins et marinas); ainsi que les pertes attribuables à l'interruption des activités commerciales.

3 Le bas de cette fourchette correspond au scénario climatique de « Stabilisation rapide » du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et le haut de cette fourchette correspond au scénario climatique du « Statu quo » du GIEC (GIEC, 2000).

de nouvelles résidences dans les secteurs que l'on prévoit être à risque d'inondation d'ici 2100, et le déménagement des résidences des secteurs à risque après une inondation, entraînent une réduction de 96 à 97 % des dommages cumulatifs totaux. Une autre étude a découvert que dans le cas des terrains très sensibles à l'élévation du niveau de la mer, l'investissement dans la protection du littoral des sommes nécessaires pour assurer l'atténuation de tout impact de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête actuelles et futures causées par le climat est économiquement profitable pour toutes les provinces côtières (Withey et al., 2015).

Au niveau local, on commence à entreprendre des analyses coûts-avantages (ACA) des options d'adaptation visant à réduire l'érosion et l'inondation des collectivités côtières. L'une de ces analyses, réalisée pour la Municipalité de Sept-Îles (voir le chapitre 4; TecSult Inc., 2008; ÉcoRessources, 2013), a établi que la stratégie d'adaptation à privilégier, du point de vue des coûts et avantages, engendrerait des avantages nets pour la collectivité d'une valeur actuelle nette estimée à plus de 850 000 \$ (en dollars de 2008) pendant la période évaluée de 25 ans. Cette stratégie d'adaptation comprenait une combinaison de mesures de déménagement proactif et d'alimentation en sable du littoral afin de ralentir l'érosion (une forme de « ravitaillement des plages »). En adoptant cette stratégie, la municipalité pourrait éviter des pertes de 15,8 millions de dollars (en dollars de 2008) en termes de valeur actuelle nette qui se seraient produites en fonction du scénario de base (ne rien faire avant que le déménagement ne devienne nécessaire).

Les études qui évaluent les options d'adaptation révèlent également les stratégies qui peuvent être les plus bénéfiques ou les moins coûteuses pour les petites collectivités et les endroits localisés. « Protéger le fort » au moyen de structures d'ingénierie lourde est la stratégie la moins sensée du point de vue économique dans certaines études ACA de niveau local, surtout lorsqu'elles tiennent compte des valeurs sociales et écologiques. L'ACA pour la Municipalité de Sept-Îles, par exemple, a démontré que la stratégie d'adaptation la plus bénéfique du point de vue économique exige le ravitaillement des plages de six des treize sites côtiers évalués de même qu'un déménagement proactif dans six autres de ces sites. Par contraste, il a été démontré que les deux options qui mettaient l'accent sur les solutions d'ingénierie lourde (p. ex. cordons et digues à la mer le long du littoral) étaient plus coûteuses que le scénario de base dans le cas de tous les sites évalués.

Les premiers résultats d'une ACA pour l'emplacement riverain du village historique de Percé, au Québec, révèlent que toutes les options d'adaptation évaluées permettraient d'éviter des coûts liés aux changements climatiques et seraient généralement bénéfiques pour la collectivité en termes de coûts et d'avantages économiques, sociaux et environnementaux.⁴ Par exemple, l'option la plus bénéfique à dans le cas d'un site de cette région est le ravitaillement de la plage en gros galets, alors que l'option la moins bénéfique exige la construction d'un ouvrage longitudinal en béton doté d'un déflecteur.

Une étude de la Colombie-Britannique dressant le profil de trois sites côtiers au niveau local a évalué les mesures de protection « non structurelle » (p. ex. ravitaillement de la plage et ajout de rochers sublittoraux) par rapport aux mesures de protection « structurelle » (p. ex. élévation d'un ouvrage longitudinal et construction d'une digue à la mer) en fonction de critères en matière d'écologie, d'économie et d'efficacité de l'adaptation (Lamont et al., 2014). L'étude a révélé que, dans le cas des options de protection structurelle et non structurelle offrant le même niveau de protection contre les inondations en fonction d'un scénario d'élévation du niveau de la mer attribuable aux changements climatiques, les mesures de protection non structurelle offraient des économies de 30 à 70 % supérieures aux options de protection structurelle.

La présence de propriétés de grande valeur, d'infrastructures majeures, d'aménagements ou de grosses populations dans les zones exposées aux impacts côtiers peut militer en faveur des options de protection structurelle (voir le chapitre 6; McCulloch et al., 2002; Withey et al., 2015). Le coût estimé de l'adaptation pour la mise à niveau des 250 km de littoral endigué et de secteurs de faible élévation de Metro Vancouver afin de protéger les populations actuelles et les actifs de grande valeur contre une élévation du niveau de la mer d'un mètre et une inondation du type se répétant une fois tous les 500 ans est de 9,47 milliards de dollars (en dollars de 2012; Delcan Corporation, 2012). À titre comparatif, on estime à 33 milliards de dollars la valeur des actifs qui sont actuellement exposés à une inondation dont la période de récurrence est d'une fois tous les 100 ans à Vancouver (Hallegatte et al., 2013). Des recherches visant à estimer les coûts qu'il est possible d'éviter ou de réduire grâce à une meilleure protection contre les inondations dans les basses terres continentales de la Colombie-Britannique sont en cours, mais les analyses antérieures semblent indiquer que les coûts évités pourraient être considérables. Par exemple, l'évaluation des risques d'inondation de 2009 de la Ville de Chilliwack a déterminé que la valeur des dommages et des pertes associées à un seul événement de brèche dans la digue pourrait dépasser le milliard de dollars (BGC Engineering Inc., 2009).

Même si une analyse coûts-avantages de base s'avère être un outil utile pouvant servir à éclairer les décisions en matière d'adaptation, il est important de reconnaître que la meilleure option d'adaptation peut ne pas être celle qui semble l'être suite à une simple comparai-

⁴ Ces travaux font partie d'une paire d'études économiques régionales réalisées par Ouranos et l'Université de Prince Edward Island, dans le cadre desquelles des études de cas d'ACA ont été réalisées sur onze sites côtiers au Québec et dans les provinces de l'Atlantique. De plus amples renseignements sont disponibles auprès d'Ouranos (2014).

son des coûts et des avantages. Les options d'adaptation plus souples et réversibles peuvent offrir une valeur ajoutée, compte tenu des incertitudes relatives à l'ampleur et au moment des dommages et à l'efficacité des options d'adaptation. Une analyse économique qui incorpore la valeur de la souplesse peut aider à éclairer les stratégies en matière de gestion des risques côtiers de manière adaptative eu égard à l'incertitude (Gersonius *et al.*, 2012).⁵ En outre, la répartition des coûts et des avantages de l'adaptation parmi les groupes de la société peut être inégale (p. ex. tous les contribuables peuvent contribuer à la protection du littoral mais seul un petit groupe de propriétaires fonciers en profite). En séparant les résultats par zone géographique ou par groupe social, l'analyse économique peut aider les décideurs à aborder les questions touchant l'équité des options d'adaptation (p. ex. Boyd *et al.*, 2012).

RÉFÉRENCES

- AECOM (2015) : Capital Region District coastal sea level rise risk assessment; rapport rédigé à l'intention du District régional de la capitale, janvier 2015, <<https://www.crd.bc.ca/docs/default-source/climate-action-pdf/coastal-sea-level-rise-risk-assessment-report.pdf?sfvrsn=0>>.
- BGC Engineering Inc. (2009) : Quantitative flood risk analysis; report prepared for the City of Chilliwack, BC Ministry of Environment, BC Ministry of Transportation, Kinder Morgan Pipelines, Terasen Gas et Seabird Island Band, janvier 2009.
- Boyd, R., Gados, A. et Maynes, T. (2012) : Economic guide for the appraisal and prioritization of adaptation actions; rapport rédigé à l'intention de Ressources naturelles Canada, novembre 2012, <<http://allonesky.ca/wp-content/uploads/2013/10/Economic-Guidance-for-the-Appraisal-and-Prioritization-of-Adaptation-Actions.pdf>>.
- Delcan Corporation (2012) : Cost of adaptation : sea dikes & alternative strategies; final report prepared for Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations, <http://www.env.gov.bc.ca/wsd/public_safety/flood/pdfs_word/cost_of_adaptation-final_report_oct2012.pdf>.
- ÉcoRessources (2013) : Résumé et commentaire concernant le rapport, Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles; rapport de consultance rédigé à l'intention de Ressources naturelles Canada, 15 octobre 2013.
- Gersonius, B., Morselt, T., van Nieuwenhuijzen, L., Ashley, R. et Zevenbergen, C. (2012) : How the failure to account for flexibility in the economic analysis of flood risk and coastal management strategies can result in maladaptive decisions; *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, septembre/octobre 2012. doi :10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000142
- GIEC [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat] (2000) : Emissions scenarios (rapport spécial du Groupe de travail III du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), N. Nakicenović et R. Swart (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, 599 p., <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=0>>.
- 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.
- Lamont, G., Readshaw, J., Robinson, C. et St. Germain, P. (2014) : Greening shorelines to enhance climate resilience; *Stewardship Centre of BC, BC Climate Action Toolkit*, <<http://www.toolkit.bc.ca/Resource/Greening-Shorelines-Enhance-Climate-Resilience>>.
- Lin, B.B., Khoo, Y.B., Inman, M., Wang, C.-H., Tapsuwan, S. et Wang, X. (2014) : Assessing inundation damage and timing of adaptation : sea level rise and the complexities of land use in coastal communities; *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, vol. 19, p. 551–568. doi :10.1007/s11027-013-9448-0
- McCulloch, M.M., Forbes, D.L., Shaw, R.W. et CCAF A041 Scientific Team. (2002) : Coastal impacts of climate change and sea-level rise on Prince Edward Island; *Commission géologique du Canada, Dossier public 4261, 1 CD-ROM*.
- Ouranos (2014) : Economic assessment of climate change impacts and cost-benefit analyses of adaptation strategies in coastal areas of Quebec; Ouranos, projet en cours, <http://www.ouranos.ca/media/publication/342_FicheDesjarlais_eng2014.pdf>.
- Stanton, E., Davis, M. et Fend, A. (2010) : Costing climate impacts and adaptation : a Canadian study on coastal zones (rapport commandé par la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie); *Stockholm Environment Institute*, 106 p.
- Tecslut Inc. (2008) : Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles; rapport final remis à la Ville de Sept-Îles, 146 p.
- TRNEE [Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie] (2011) : Paying the price – coastal areas; *Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie*, <<http://collections.canada.gc.ca/webarchives/2/20130322181324/http://nrtee-trnee.ca/climate/climate-prosperity/the-economic-impacts-of-climate-change-for-canada-paying-the-price-coastal-areas>>.
- Withy, P., Lantz, V.A. et Ochuodho, T.O. (2015) : Economic costs and impacts of climate induced sea-level rise and storm surge in Canadian coastal provinces : a CGE approach; *Applied Economics*, vol. 48, no 1. doi :10.1080/00036846.2015.1073843

FAQ 12 : OÙ PUIS-JE TROUVER DES RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES SUR L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LES RÉGIONS CÔTIÈRES?

Auteure : Mary-Ann Wilson (*Ressources naturelles Canada*)

De nombreuses ressources et de nombreux outils sont disponibles pouvant servir au processus de planification de l'adaptation aux changements climatiques. Ils peuvent aider à toutes les étapes du processus d'adaptation, entre autres à se mettre à jour sur cet enjeu, à apprendre comment le climat changera dans votre région, à évaluer la sensibilité au climat, à renforcer la capacité d'adaptation, à mettre en œuvre des mesures d'adaptation et à faire part de vos réussites (et des leçons que vous avez retenues) à d'autres. La présente FAQ met en vedette quelques ressources clés susceptibles d'aider les intervenants canadiens à faire leurs premiers pas en matière d'adaptation.

⁵ Cela comprend l'analyse économique dans un cadre de gestion du risque qui offre des conseils sur la façon d'équilibrer les considérations touchant l'échéancier et les coûts de l'adaptation, de même que les approches comme les « options réelles », qui peuvent mettre à l'essai d'autres voies d'investissement au fil du temps (Gersonius *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2014).

INVENTAIRES DE RENSEIGNEMENTS

NATIONAL

Adaptation Library (<http://www.icleicanada.org/ressources/item/164-adaptationlibrary>) :

Cet inventaire de ressources a été préparé par le chapitre canadien du Conseil international pour les initiatives écologiques locales (ICLEI Canada) et offre une base de données constituée de rapports et d'outils susceptibles de vous aider à évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques et à mettre en œuvre des options d'adaptation. Bon nombre des ressources mettent l'accent sur la collectivité.

Ressources naturelles Canada: Impacts et adaptation (www.nrcan.gc.ca/environnement/impacts-adaptation/10761) :

Ce site web fournit des liens pour des ressources d'adaptation qui ont été développés par, ou avec le soutien de la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques (DIACC) chez Ressources naturelles Canada. Quelques-unes de ces ressources comprennent des rapports d'évaluation, des études de cas, des rapports de projet, des outils et des guides.

RÉGIONAL

Atlantic Climate Adaptation Solutions Association (ACASA; www.atlanticadaptation.ca) :

Le site de l'association Solutions d'adaptation aux changements climatiques pour l'Atlantique donne accès à des outils et des ressources qui peuvent aider les décideurs à aborder les enjeux de l'érosion côtière, des inondations côtière et continentale, de la conception de l'infrastructure et de la gestion des eaux souterraines.

Coastal and Ocean Information Network Atlantic (COINAtlantic; <http://coinatlantic.ca/>) :

Ce site Web est un pôle d'information côtière et océanique dans le Canada atlantique. Grâce à ce site, vous pouvez accéder à des données, des renseignements et des applications (y compris des outils géospatiaux) pertinents pour la région du Canada atlantique.

Ouranos (<http://adaptation.ouranos.ca/fr/>) :

Ce site offre une base de données interrogeable que vous pouvez utiliser pour avoir accès à des ressources et des renseignements sur l'adaptation aux changements climatiques au Québec.

Fraser Basin Council (<http://www.retooling.ca/>) :

Sur ce site Web, vous pouvez trouver des liens vers des profils de projet, des rapports, des guides, des études de cas, des présentations et des outils pertinents aux travaux sur l'adaptation aux changements climatiques en Colombie-Britannique.

Adaptation to Climate Change in British Columbia

(<http://www2.gov.bc.ca/gov/content/environnement/climate-change/policy-legislation-programs/adaptation>) :

Ce site Web provincial fournit des liens vers des rapports sommaires sur les impacts des changements climatiques, des indicateurs et la stratégie d'adaptation de la province.

Partenariat panterritorial pour l'adaptation (<http://www.northernadaptation.ca/fr/>) :

Ce partenariat est une collaboration entre les gouvernements du Nunavut, des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon. Son site Web offre des liens vers des ressources conçues en vue d'aborder la question des changements climatiques dans le Nord, de même que des mises à jour sur les activités pertinentes.

Centre sur les changements climatiques du Nunavut (<http://climatechangenunavut.ca/fr/>) :

Ce site Web est conçu en vue d'aider les Nunavummiut à en apprendre davantage sur les changements climatiques dans l'Arctique et sur la manière dont ils peuvent s'y intéresser et s'adapter. Il donne un aperçu des changements climatiques dans l'Arctique canadien et donne accès aux plus récentes recherches et aux plus récents renseignements sur les connaissances traditionnelles et locales en matière de changements climatiques.

COMPRENDRE ET UTILISER LES SCÉNARIOS CLIMATIQUES

Guide sur les scénarios climatiques (http://www.ouranos.ca/media/publication/351_GuideCharron_FR.pdf) :

Ce guide est un outil permettant aux décideurs de se familiariser avec les renseignements sur le climat futur. Il s'adresse à tous ceux qui participent à l'adaptation aux changements climatiques, qu'ils en soient aux premières étapes de la sensibilisation au phénomène des changements climatiques ou à la mise en œuvre de mesures d'adaptation.

Données et scénarios climatiques canadiens (<http://ccds-dscc.ec.gc.ca/index.php?page=main&lang=fr>) :

Ce site Web d'Environnement Canada fournit des cartes, des tracés et des tableaux sur les changements prévus en matière de température et de précipitation au Canada. Les renseignements sont disponibles pour différentes périodes et des statistiques sommaires sont disponibles pour les provinces et les territoires.

Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC; <https://pacificclimate.org/>) :

Situé à l'Université de Victoria, ce centre régional de services climatiques offre des renseignements pratiques sur les impacts physiques de la variabilité et du changement climatiques dans les régions canadiennes du Pacifique et du Yukon.

ADAPTATION À L'ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER

Sea Level Rise Adaptation Primer

(<http://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/climate-change/policy-legislation-and-responses/adaptation/sea-level-rise/slr-primer.pdf>) :

Ce guide d'introduction destiné aux gouvernements locaux et aux autorités responsables de la gestion des terres fournit des renseignements sur un éventail d'outils pouvant être utilisés dans le cadre d'une stratégie d'adaptation à l'élévation du niveau de la mer.

COMMUNAUTÉS EN LIGNE

Communauté de pratique de l'adaptation au changement climatique (CdPACCP; <https://ccadaptation.ca/fr/landing>) :

Cette communauté en ligne interactive sert d'endroit où les chercheurs, les experts, les décideurs et les spécialistes de tout le Canada peuvent se réunir pour poser des questions, présenter des idées, échanger des connaissances et communiquer avec d'autres personnes travaillant dans le domaine de l'adaptation aux changements climatiques.

Canadian Climate Data and Scenarios (<http://ccds-dscc.ec.gc.ca/?page=main>) :

This Environment Canada website provides maps, plots and tables of projected temperature and precipitation changes for Canada. Information is available for different time ranges, and summary statistics are available for the provinces and territories.

Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC; <https://pacificclimate.org/>) :

Located at the University of Victoria, this regional climate service centre provides practical information on the physical impacts of climate variability and change in the Pacific and Yukon regions of Canada.