

CHAPITRE 4 : LA PRODUCTION ALIMENTAIRE

Principaux auteurs :

Ian D. Campbell et **Dolores G. Durant** (*Agriculture et Agroalimentaire Canada*),
Karen L. Hunter et **Kim D. Hyatt** (*Pêches et Océans Canada*)

Collaborateurs :

Darren Cook et **Darrell R. Corkal** (*Agriculture et Agroalimentaire Canada*),
Harry (Polo) Diaz (*Université de Regina*), **Allan Howard** (*Agriculture et
Agroalimentaire Canada*), **Margot Hurlbert** (*Université de Regina*), **Ahmed Khan**
et **Kristen Lowitt** (*Université Memorial*), **Gregory P. Marchildon** (*Johnson-Shoyama
Graduate School of Public Policy*), **David J. Sauchyn** (*Collectif des Prairies pour la
recherche en adaptation*)

Citation recommandée :

Campbell, I.D., D.G. Durant, K.L. Hunter et K.D. Hyatt. « Production alimentaire », 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), 2014, pp. 99-134.

TABLE DES MATIÈRES

Principales conclusions	101
1. Introduction	102
2. Agriculture	104
2.1 Introduction	104
2.2 Contexte et tendances économiques	104
2.3 Principales conclusions tirées des évaluations précédentes	106
2.4 Risques, possibilités et mesures d'adaptation	107
2.5 Résumé	114
3. Pêches	116
3.1 Introduction	116
3.2 Approvisionnement alimentaire aquatique du Canada	118
3.3 Principales conclusions tirées des évaluations précédentes	120
3.4 Effets des changements climatiques sur les systèmes aquatiques et sur les pêches	120
3.5 Répercussions des changements climatiques sur les systèmes alimentaires aquatiques	123
3.6 Mesures d'adaptation	126
3.7 Résumé	127
4. Conclusions et prochaines étapes	129
Références	130

PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les changements climatiques présentent divers risques et possibilités pour les producteurs alimentaires canadiens, et ils représenteront un défi pour l'industrie de l'approvisionnement alimentaire, surtout à court terme. On note ce qui suit au nombre des principales conclusions :

- Les répercussions des changements climatiques varient grandement parmi les secteurs examinés (agriculture, pêches et approvisionnement alimentaire non commercial), mais des défis communs se sont révélés, notamment les menaces pour l'approvisionnement alimentaire découlant des pertes accrues causées par les ravageurs envahissants et les maladies, ainsi que les risques pour les systèmes de transport dont dépendent les secteurs.
- Selon les perspectives nettes à moyen terme, on prévoit une légère augmentation probable de la production alimentaire agricole. Des saisons de croissance plus longues et plus chaudes permettraient de cultiver à de plus hautes latitudes des cultures de plus grande valeur et exigeant des températures plus élevées (où les conditions du sol le permettent), d'allonger les saisons d'alimentation à l'extérieur du bétail et d'étendre la production du sirop d'érable vers le nord. Cependant, il est probable que de nouvelles espèces de ravageurs et de nouvelles maladies feront leur apparition et que des épidémies plus importantes des ravageurs actuels se produiront, à savoir la croissance accrue des mauvaises herbes, et autres défis qui pourraient avoir des répercussions négatives sur la production et nécessiterait des mesures d'adaptation opportunes (p. ex., augmentation des économies en eau et modifications des pratiques de gestion des cultures).
- Les collectivités nordiques et éloignées remarqueront probablement d'importants changements dans leur environnement – certains allégeront les préoccupations relatives à la sécurité alimentaire, alors que d'autres pourraient aggraver la diminution des stocks d'aliments prélevés dans la nature et les difficultés à approvisionner les secteurs isolés.
- On prévoit que le Canada demeurera un exportateur net d'aliments d'origine marine dans l'ensemble et que la biomasse totale de production provenant de la pêche sauvage de capture au Canada augmentera en raison de changements dans la répartition des espèces de poisson provoqués par le climat. Les répercussions régionales attribuables aux espèces envahissantes, les changements physiques de l'habitat et les réponses de la société aux changements dans la disponibilité et l'accessibilité des ressources alimentaires aquatiques détermineront peu à peu les modèles d'utilisation futurs et les répercussions économiques globales.
- L'aquaculture présente de meilleures possibilités d'adaptation aux changements climatiques que les autres types de pêche, ce qui la rend moins vulnérable et en meilleure posture que la pêche de capture, particulièrement la pêche de subsistance, pour tirer profit des occasions qui se présentent.

1. INTRODUCTION

La production alimentaire est un moteur économique important au Canada, le secteur agricole ayant représenté 98 milliards de dollars du PIB en 2009 (AAC, 2011) et les exportations de produits de la pêche ayant été évaluées à plus de 4,1 milliards de dollars en 2012 (MPO, 2013a). De plus, on ne pourrait trop insister sur l'importance d'un accès fiable à des aliments sains et abordables pour les Canadiens. Bien que plusieurs facteurs touchent la production alimentaire, notamment les progrès technologiques, les forces du marché, ainsi que la demande et les préférences en matière d'aliments (p. ex., pour des produits biologiques), le climat est également un élément essentiel à prendre en considération. La production alimentaire, sur la terre comme dans l'eau, est intrinsèquement liée au climat.

Le système alimentaire du Canada est aussi varié que sa géographie. Les aliments sont produits et distribués par l'entremise d'une industrie des produits agricoles et des pêches, ainsi qu'au moyen d'importantes chaînes de production d'aliments prélevés dans la nature, qui comprennent des éléments non commerciaux, notamment la pêche, la chasse, le jardinage et la récolte. Les systèmes alimentaires dépendent des mesures prises au moyen de mécanismes sociaux pour gérer les changements environnementaux qui touchent la production et la sécurité alimentaires (Godfray *et al.*, 2010; Ziervogel et Ericksen, 2010; Perry *et al.*, 2010, 2012). Le présent chapitre est axé sur le volet « production alimentaire » du système alimentaire du Canada.

La production alimentaire provenant de l'agriculture dépend principalement de pratiques de culture et de récolte intensives dans des endroits relativement fixes, où des cultures cultivées de façon sélective représentent la majeure partie de la nourriture produite, ce qui rend la production fortement dépendante des conditions du marché. En revanche, les pêches reposent principalement sur des systèmes de capture sauvage hautement mobiles et sont assujetties aux conditions environnementales qui ont une incidence sur la répartition et l'abondance des produits. L'aquaculture, dont l'importance augmente au Canada, constitue toutefois un système de production d'aliments d'origine marine qui permet des calendriers de production plus prévisibles. Pour ces différents contributeurs aux systèmes alimentaires, les répercussions et les défis liés au climat changeant varient (figure 1).

Le présent chapitre aborde les conséquences des changements climatiques pour la production alimentaire provenant de l'agriculture, des pêches et d'autres sources non commerciales (notamment la chasse et la récolte). Il s'intéresse particulièrement aux répercussions observées et possibles. Les mesures d'adaptation sont abordées, et des détails supplémentaires sont fournis au moyen d'études de cas qui soulignent les défis et les risques pour la production alimentaire associés aux changements climatiques au Canada.

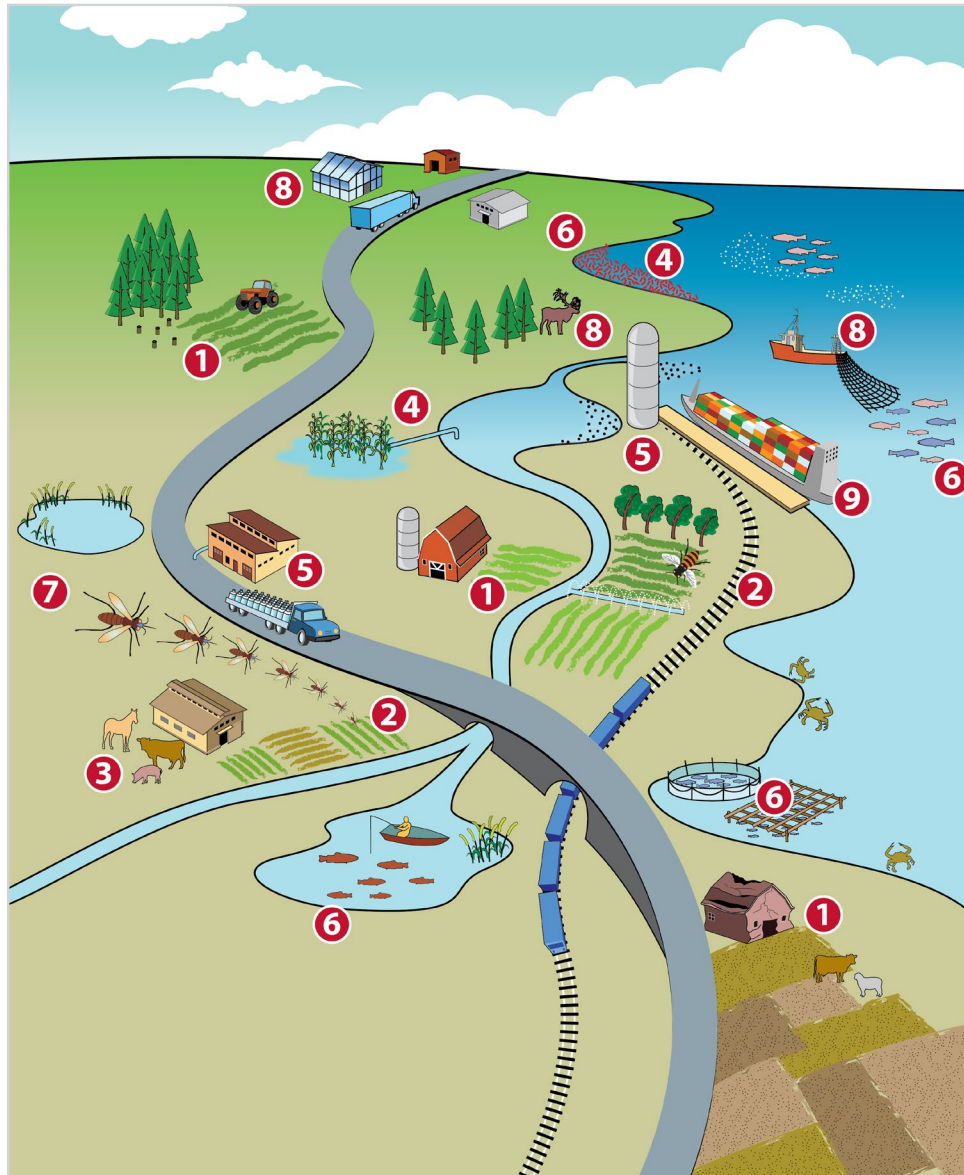


FIGURE 1 : Un résumé des répercussions possibles des changements climatiques sur la production alimentaire au Canada. 1) La productivité des cultures dépend grandement et directement de la chaleur, de la lumière et de l'eau présentes selon la saison. L'emplacement des diverses cultures changera également. 2) Les pollinisateurs profiteront d'hivers plus courts et moins rudes, mais pourraient être touchés par une augmentation de l'activité des ravageurs et des maladies, une modification des sources alimentaires et un changement du moment des différentes floraisons. 3) La production animale sera touchée par des changements dans la production des cultures, la disponibilité de l'eau et les exigences en matière de chauffage et de refroidissement. 4) Les modifications de l'approvisionnement en eau et des précipitations auront des répercussions sur les exploitations agricoles (p. ex., besoin de drainage ou d'irrigation). La qualité de l'eau sera également touchée (p. ex., augmentation du rejet de contaminants dans les voies navigables en raison de fortes précipitations). 5) Le traitement des aliments pourrait être compliqué par la réduction ou la variabilité de l'approvisionnement en eau. Pour stocker la nourriture et les aliments du bétail, il faudra composer avec la chaleur accrue et, à certains endroits, une augmentation de la capacité de stockage pourrait être nécessaire afin de s'adapter à des interruptions du transport plus fréquentes et plus longues. 6) Les stocks de poisson connaîtront des changements liés à la température et à la chimie de l'eau, à l'approvisionnement alimentaire, à la prolifération des algues, au ruissellement et aux courants océaniques. Les écosystèmes des lacs et des océans seront probablement réorganisés, ce qui aura des répercussions sur tous les types de pêche. 7) Les ravageurs, les maladies et les espèces envahissantes pourraient devenir plus virulents et variés. 8) Les collectivités nordiques pourraient être en mesure d'accroître la production alimentaire locale, grâce à des mesures d'adaptation (p. ex., serres, plantes de grande culture et fourrages résistants au froid). L'accès aux aliments prélevés dans la nature sera touché, puisque la végétation est directement touchée par les changements climatiques, et la répartition des espèces sera modifiée en raison du réchauffement. La diminution de la glace de mer pourrait prolonger la saison de navigation, ce qui permettra de transporter davantage de marchandises vers les ports côtiers nordiques. 9) Le commerce international sera touché par les changements dans la géographie de la production alimentaire mondiale, en raison de l'expédition, par certains pays, de nouveaux types de biens et de l'ouverture éventuelle du passage du Nord-Ouest.

2. AGRICULTURE

2.1 INTRODUCTION

Le Canada, qui compte environ 650 000 km² en superficie agricole (~7,2 % de la superficie totale du Canada, figure 2; Statistique Canada, 2012), était au cinquième rang des pays exportateurs d'aliments agricoles en 2010 (AAC, 2011) et produit 70 % des aliments achetés dans les magasins canadiens (Statistique Canada, 2009a). Le Canada se démarque par la grande diversité de ses paysages agricoles, qui permettent de cultiver une grande variété de plantes et d'élever un cheptel diversifié. La capacité d'une région à soutenir l'agriculture dépend de plusieurs facteurs, notamment la composition du sol, la disponibilité de l'eau et des terres, la température, les pollinisateurs, l'ensoleillement et la couverture neigeuse.

Le climat a une incidence sur la productivité des cultures, la production animale, la virulence des ravageurs et des maladies, la santé des pollinisateurs, ainsi que la disponibilité et la qualité de l'eau. Les changements climatiques entraîneront des modifications des activités humaines (p. ex., systèmes de culture, utilisation de l'irrigation) et mèneront à des réactions de la flore et de la faune

(p. ex., déplacement vers le nord). Les plantes, les animaux et les humains doivent s'adapter aux conditions en évolution. Cette portion du chapitre décrit les conclusions des recherches récentes sur les répercussions des changements climatiques et les mesures d'adaptation dans les secteurs agricole et agroalimentaire canadiens.

2.2 CONTEXTE ET TENDANCES ÉCONOMIQUES

En 2009, le système agricole et agroalimentaire représentait 8,2 % du PIB du Canada (AAC, 2011). L'agriculture primaire et la transformation des aliments jouent un rôle particulièrement important dans l'économie de certaines provinces telles la Saskatchewan et l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.), où elles constituent, respectivement, 12,8 et 10 % du PIB provincial (figure 3). Ensemble, l'Ontario, le Québec et l'Alberta comptent, quant à eux, pour 70 % du PIB canadien total dans le secteur de l'agriculture et de la transformation des aliments (figure 4; AAC, 2012e). Ce secteur emploie plus de 2 millions de personnes et est le principal employeur à l'Î.-P.-É. et en Saskatchewan (AAC, 2011).



FIGURE 2 : Carte indiquant l'étendue de l'agriculture au Canada (AAC, 2013).

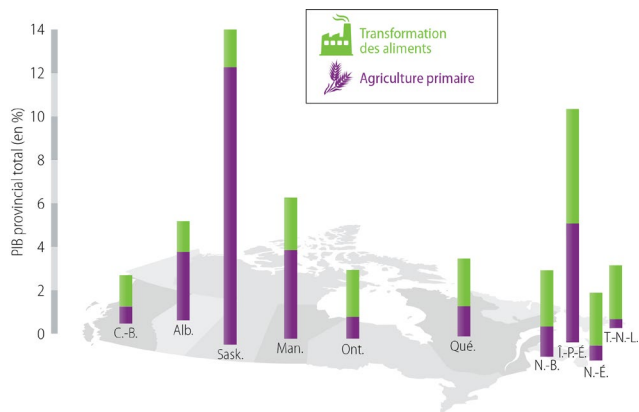


FIGURE 3 : Contribution de la transformation des aliments et de l'agriculture primaire au PIB des provinces en 2011 (extrait modifié tiré de AAC, 2012e, tableau B1.5). Les données de 2011 sont préliminaires. Exclut le traitement des boissons et du tabac.

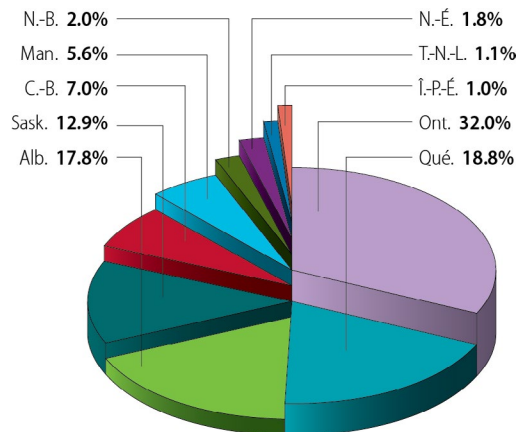


FIGURE 4 : Répartition de la contribution du secteur de la transformation des aliments et de l'agriculture primaire au PIB agricole canadien (extrait modifié tiré de AAC, 2012e, tableau B1.6).

Au cours des 70 dernières années, des regroupements ont eu lieu dans le secteur, qui comptait 732 800 exploitations agricoles en 1941, et 205 700, en 2011. Bien qu'environ 62 % des exploitations aient un revenu brut inférieur à 100 000 \$, le nombre d'exploitations ayant des recettes brutes supérieures à 500 000 \$ est passé de 19 817 en 2006 à 23 579 en 2011 (Statistique Canada, 2012). Les exploitations agricoles dont les revenus dépassent 1 000 000 \$ représentaient 20 % des recettes de fonctionnement totales en 1994, et sont passées à 50 % en 2009 (AAC, 2011). Au même moment, la dette des exploitations s'est accrue de façon constante (Syndicat national des cultivateurs, 2011). Les données semblent indiquer que les cultivateurs continuent d'investir dans leurs terres et leur équipement en plus d'assumer des frais plus importants liés à leurs prêts d'exploitation et aux agrofournisseurs (Syndicat national des cultivateurs, 2011). L'âge moyen des cultivateurs a également augmenté (Statistique Canada, 2012).

Les types de biens produits dans l'ensemble du Canada dépendent de plusieurs facteurs édaphiques (p. ex., sols, topographie), climatiques (p. ex., durée de la saison sans gel, précipitations), socioéconomiques (p. ex., préférences des consommateurs, environnements réglementaires) et historiques (voir, par exemple, Clark, 2010). La figure 5 présente la répartition des biens parmi les exploitations, alors que la figure 6 illustre la répartition régionale. En 2011, les cultures les plus importantes par superficie totale de plantes de grande culture étaient le canola et le blé de printemps, représentant respectivement ~22,5 % et ~20 % de la superficie totale des exploitations (Statistique Canada, 2012). En 2011, les exploitations basées sur la culture représentaient 58,4 % des exploitations et celles basées sur le bétail, 41,6 % (Statistique Canada, 2012).

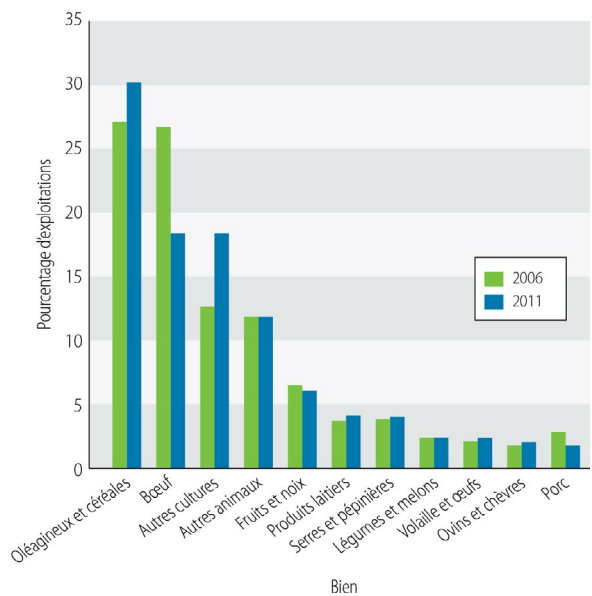


FIGURE 5 : Pourcentage d'exploitations par bien en 2006 et en 2011 (extrait modifié tiré de Statistique Canada, 2012).

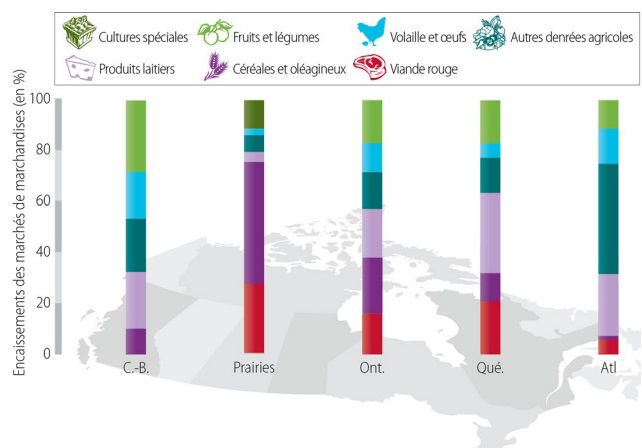


FIGURE 6 : Encaissements des marchés de marchandises par région en 2009 (extrait modifié tiré de AAC, 2011, tableau C4.6).

On remarque également une sensibilisation accrue à l'importance d'une exploitation agricole durable. Les exploitations comptant un plan environnemental de la ferme établi sont passées de 13 % en 2001 à 35 % en 2011 (AAC, 2014). L'agriculture sans travail du sol, qui peut améliorer la santé du sol en réduisant le compactage et en augmentant le stockage du carbone, ainsi que l'infiltration de l'eau et des nutriments, est passée de 10 % des terres cultivées en 1991 à près de 50 % en 2006 (AAC, 2011). La qualité de l'eau est mieux protégée, grâce à une utilisation accrue des zones tampons riveraines, au drainage contrôlé au moyen de tuyaux et à un contrôle de l'accès du bétail aux eaux de surface naturelles (AAC, 2011). Les émissions de gaz à effet de serre provenant de l'agriculture ont diminué de 2,6 % entre 1990 et 2007, principalement en raison de changements dans l'utilisation des terres (AAC, 2011). Les technologies et les processus nouveaux ou modifiés permettent la création de machinerie et de pratiques plus efficaces, qui visent à réduire les coûts d'exploitation et les répercussions des activités sur le paysage.

Le secteur du bétail a connu une tendance à la baisse en ce qui a trait au nombre d'animaux (p. ex., porcs et bovins de boucherie) en raison de plusieurs facteurs, notamment les restrictions à l'exportation des bovins, le prix élevé des produits d'alimentation animale et la force du dollar canadien qui nuit à l'exportation du porc (AAC, 2013). Le nombre de bovins laitiers est passé de près de 1 800 000 en 1981 à 961 726 en 2011. La production laitière est tout de même demeurée stable, à environ 7,5 millions de kilolitres (Statistique Canada, 2012), grâce aux gains en efficacité (AAC, 2013) découlant de l'adoption de la zoogénétique, la gestion des produits d'alimentation animale, et autres pratiques (AAC, 2011).

2.3 PRINCIPALES CONCLUSIONS TIRÉES DES ÉVALUATIONS PRÉCÉDENTES

L'agriculture a été abordée dans la plupart des chapitres consacrés aux régions du document intitulé *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007* (Lemmen et al., 2008), généralement dans des sections autonomes décrivant une vaste gamme de répercussions (positives et négatives), donnant des exemples d'initiatives courantes en matière d'adaptation et examinant les solutions possibles en matière d'adaptation. Ces chapitres ont démontré que des changements au niveau de la température et des précipitations auront des effets importants sur l'agriculture au Canada, en intensifiant les risques actuels et en créant de nouveaux défis et de nouvelles possibilités. Même si l'ensemble du Canada sera touché, les répercussions ne seront pas uniformes dans les différents paysages agricoles, qui ont été répartis en quatre régions : 1) est et centre du Canada; 2) nord du Canada; 3) Prairies; 4) Colombie-Britannique.

EST ET CENTRE DU CANADA

(tiré de Bourque et Simonet, 2008; Chiotti et Lavender, 2008; Vasseur et Catto, 2008)

Le ruissellement printanier accru représentera un défi important pour cette région et soulève des préoccupations en ce qui concerne les inondations (augmentation possible des pertes de nutriments et de la pollution des eaux de surface), qui pourraient nuire aux semences du printemps et à d'autres activités dans les champs. L'augmentation des précipitations printanières et l'intensification des tempêtes auront également une incidence sur le stockage du fumier, augmenteront le ruissellement du fumier du bétail et des nutriments présents dans le sol des champs vers les zones riveraines, et accroîtront l'érosion du sol. La révision des pratiques de gestion et, dans certains cas, la construction de structures de rétention du ruissellement (y compris l'implantation de zones humides) pourraient faire partie des mesures d'adaptation.

On prévoit que l'augmentation des températures estivales prolongera la saison de croissance et permettra à certaines cultures d'être cultivées à de plus hautes latitudes, ce qui sera avantageux pour certaines cultures, mais nuisibles pour d'autres. L'évaporation accrue pourrait provoquer un stress hydrique et réduire la productivité. Une diminution de la disponibilité de l'eau pourrait être en partie contrebalancée par une amélioration de l'utilisation améliorée de l'eau par les cultures dans des conditions où les concentrations de CO₂ seraient plus élevées. Un risque accru de mortalité hivernale des bourgeons (surtout les arbres fruitiers et les vignes), et la possibilité de gelées tardives meurtrières et plus variables, pourraient causer d'importantes pertes de cultures, tout comme le pourrait l'accroissement possible des ravageurs, des maladies et des mauvaises herbes agricoles.

Les producteurs de bétail peuvent s'attendre à ce que leurs besoins en chauffage diminuent et leurs besoins en climatisation augmentent, alors que des vagues de chaleur plus nombreuses exigeront des mesures d'adaptation comme l'ajout d'arbres d'ombrage dans les pâturages. Bien que des vagues de chaleur accompagnées de sécheresse puissent diminuer la prise de poids des animaux, réduire la production laitière et abaisser les taux de conception, des conditions plus chaudes et plus humides peuvent aussi avoir des conséquences négatives pour la santé animale, en raison du nombre accru de tiques, de moustiques, de parasites et de bactéries. La production de bétail pourrait cependant bénéficier des hivers plus doux, puisqu'il sera possible d'engraisser plus longtemps les animaux à l'extérieur.

COLLECTIVITÉS NORDIQUES ET ÉLOIGNÉES

(tiré de Furgal et Prowse, 2008)

Les changements climatiques ont une incidence sur la disponibilité et la qualité des aliments sauvages, comme les baies, le riz sauvage et le gibier, qui sont tous des éléments clés des systèmes alimentaires provenant de la nature. Un raccourcissement de la saison d'utilisation des routes de glace (une façon plus économique d'envoyer de gros articles en vrac à certaines collectivités nordiques) aura des répercussions sur l'envoi de nourriture dans le nord. Un recul de la couverture de glace de mer mènera à une saison de transport maritime plus longue, dont tireront avantage les collectivités côtières disposant d'installations portuaires, même s'il faut tenir compte des effets des tempêtes plus fortes et de l'état changeant des glaces.

PRAIRIES

(tiré de Sauchyn et Kulshreshtha, 2008)

Les enjeux relatifs à l'eau sont les plus préoccupants pour les Prairies. La diminution des pluies estivales a des répercussions sur la qualité et la disponibilité de l'eau souterraine. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, de la demande pour des cultures de grande valeur et de l'utilisation des terres à des fins non agricole (p. ex., extraction de pétrole, de gaz et de potasse), ainsi que le besoin de maintenir le débit des rivières pour le bienfait des écosystèmes aquatiques, pourraient limiter la capacité à étendre l'agriculture irriguée et l'élevage. Des crues printanières plus importantes pourraient augmenter la perte de nutriments et la prolifération d'algues dans les bassins hydrographiques.

Bien qu'un climat plus doux prolongera sans doute la saison de croissance, il diminuera aussi la couverture neigeuse pendant l'hiver, réduisant ainsi la protection du sol contre l'érosion par les vents hivernaux. Une augmentation des ravageurs et des maladies est aussi possible sous un climat plus doux, puisque les organismes du sud se déplaceront vers le nord et que les organismes nordiques seront moins touchés par les mortalités hivernales. Des politiques et des plans intégrés visant une gestion holistique de l'eau à l'échelle des régions et des bassins hydrographiques (p. ex., récupérer le surplus d'eau pour les utiliser pendant les sécheresses) pourraient devoir être révisés ou élaborés.

COLOMBIE-BRITANNIQUE

(tiré de Walker et Sydneysmith, 2008)

Une diminution des débits des cours d'eau pendant l'été, une recharge réduite des eaux souterraines et une augmentation de la demande en eau provenant d'autres secteurs présenteront des défis pour la gestion des ressources hydriques destinées à l'agriculture. L'agriculture dans la vallée de l'Okanagan dépend déjà grandement de l'irrigation et une hausse des températures associée à une prolongation des saisons de croissance signifiera une demande en eau accrue pour les cultures à laquelle les infrastructures existantes ne seront peut-être pas en mesure de répondre. Dans les régions côtières, l'élévation du niveau de la mer pourrait mener à une intrusion d'eau salée dans les aquifères, ainsi qu'à l'inondation de terres agricoles le long des côtes, ce qui provoquerait une perte de terres agricoles et une diminution de la qualité de l'eau potable et d'irrigation.

Une chaleur accrue pourrait signifier un risque plus élevé de ravageurs, d'incendies et de sécheresses estivales, dont les répercussions pourraient se faire sentir au niveau des vignobles et des vergers fragiles, en plus de toucher l'agrotourisme. Les changements climatiques permettraient la culture de céréales et de pommes de terre, en plus du maïs et des tomates, à l'intérieur des terres et vers le nord, jusqu'à Prince George. Les mesures d'adaptation utilisées actuellement telles que les souffleuses à air chaud permettant d'atténuer les gelées tardives dans les vergers et les vignobles, le refroidissement par évaporation de l'eau d'irrigation visant à réduire le stress thermique des cultures, les permis d'utilisation des eaux afin de réduire le gaspillage et les processus de gestion des ravageurs, devront être modifiées pour composer avec l'évolution des conditions.

2.4 RISQUES, POSSIBILITÉS ET MESURES D'ADAPTATION

La présente section aborde les nombreux risques et possibilités pour le secteur agricole canadien associés aux changements climatiques, en particulier les nouvelles constatations.

2.4.1 APTITUDE DES TERRES À ENGENDRER DES RÉCOLTES

Le *Système de classification des terres selon leurs aptitudes pour les cultures* (SCTAC) évalue les caractéristiques du climat, du sol et du paysage d'un secteur, afin d'établir une cote pour la production d'une culture en particulier (AAC, 2012a). Le classement définitif d'une terre, en ce qui concerne l'aptitude à la culture, est fondé sur le facteur le plus limitant (climat, sol ou paysage). L'aptitude est exprimée à l'aide d'un système de cotation de 1 à 7, la classe 1 signifiant qu'il n'existe pas de limitations importantes qui nuisent à la production d'une culture en particulier, et la classe 7 signifiant qu'une terre est inadaptée à l'agriculture (Groupe de travail sur les interprétations agronomiques, 1995). Le tableau 1 décrit la gravité des limitations liées à chaque classe d'aptitude et regroupement de classes, aux fins d'évaluation des différences possibles en fonction du climat, du sol ou du paysage.

Classe d'aptitude	Description	Regroupements des classes d'aptitude
Classe 1	Dans cette classe, les terres ne présentent aucune limitation importante pour la production des cultures données	Limitations inexistantes à modérées
Classe 2	Dans cette classe, les terres présentent de légères limitations qui peuvent restreindre la croissance des cultures données ou nécessiter des pratiques de gestion modifiées	
Classe 3	Dans cette classe, les terres présentent des limitations modérées qui restreignent la croissance des cultures données ou qui nécessitent des pratiques de gestion spéciales	
Classe 4	Dans cette classe, les terres présentent de graves limitations qui restreignent la croissance des cultures données ou qui nécessitent des pratiques de gestion spéciales, ou les deux. Cette classe est marginale pour ce qui est de la production durable des cultures données	Limitations graves
Classe 5	Dans cette classe, les terres présentent de très graves limitations quant à la production durable des cultures données. On ne recommande pas la culture annuelle à l'aide des pratiques agricoles habituelles	Inadapté
Classe 6	Dans cette classe, les terres présentent des limitations extrêmement graves quant à la production durable des cultures données. On ne recommande pas la culture annuelle, même de façon occasionnelle	
Classe 7	Dans cette classe, les terres sont inadaptées à la production des cultures données	

TABLEAU 1 : Classes d'aptitude des terres à la culture de petites céréales semées au printemps (AAC, 2012a).

Hewitt *et al.* (2008) ont utilisé le SCTAC pour présenter l'aptitude actuelle (1971-2000) et prévue (2010-2039, selon les scénarios A2 et A1B du SRES) des terres agricoles à la culture de petites céréales semées au printemps dans les Prairies canadiennes (figure 7). Les modifications importantes des cotes du SCTAC enregistrées entre 1971-2000 et 2010-2039 ont ensuite été calculées, puis cartographiées pour les régions agricoles actuelles (2011) de l'ouest et de l'est du Canada (figures 8 et 9, respectivement), en fonction de l'hypothèse selon laquelle le climat aurait été le seul facteur qui ait évolué au fil du temps.

L'analyse semble indiquer que la plus importante amélioration possible pour la culture de petites céréales semées au printemps se situe dans l'ouest de l'Alberta et dans le nord-est de la Colombie-Britannique, où 5,3 % des terres indiquées pourraient connaître une amélioration. Seule une très petite proportion des terres (0,4 %) ont démontré une diminution de leur potentiel, principalement dans l'est des Prairies et le sud de l'Ontario.

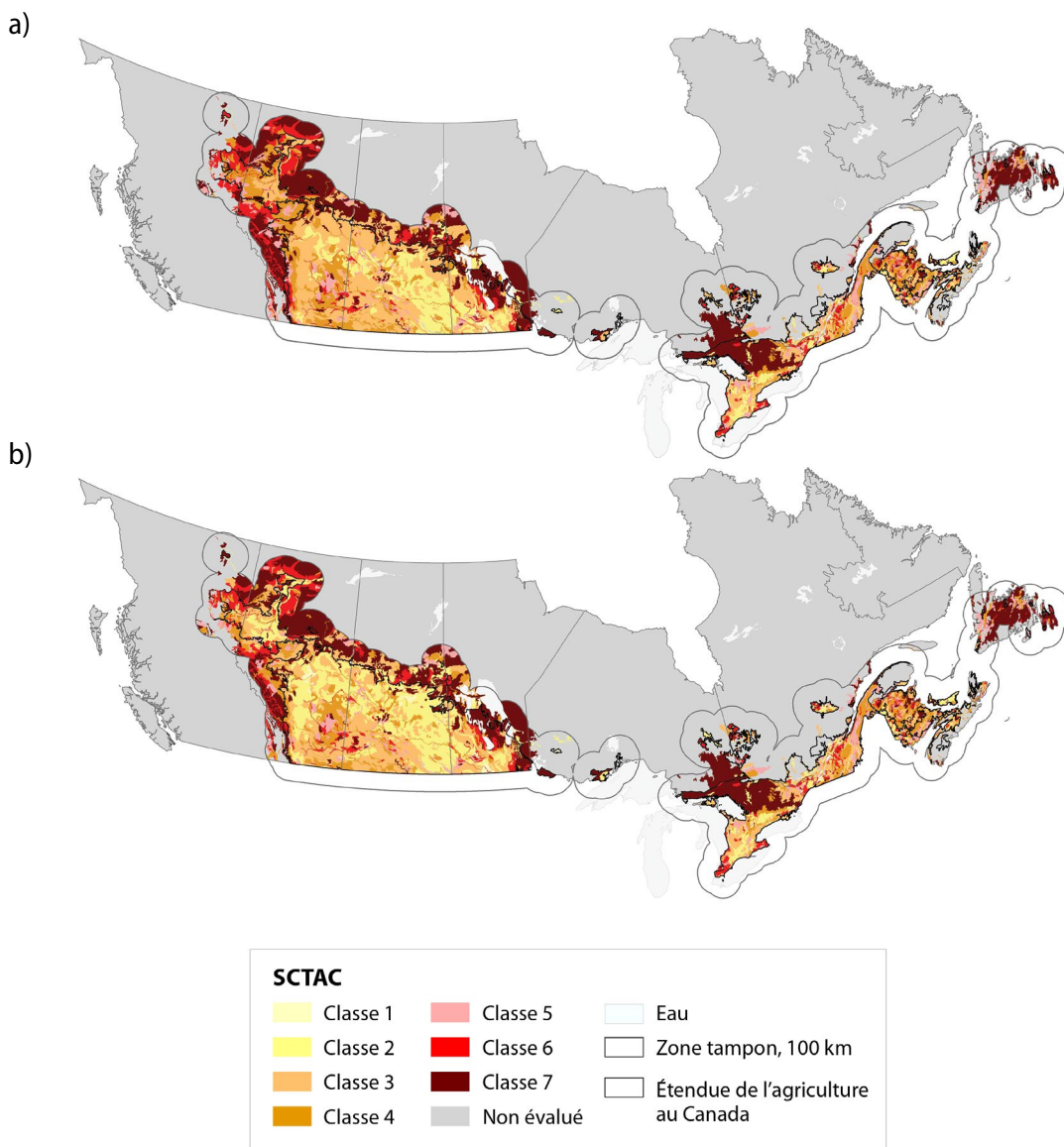


FIGURE 7 (a, b) : Carte de l'aptitude des terres à la culture de petites céréales semées au printemps fondée sur les données climatiques pour a) 1971-2000 et b) scénario de l'aptitude prévue des terres fondé sur des données climatiques modélisées pour 2010-2039, tel que préparé par AAC (2012a) à l'aide de la méthode présentée dans Hewitt *et al.* (2008) et de données spatiales mises à jour tirées de Pédopaysages du Canada (Schut *et al.*, 2011). Remarque : les secteurs du sud et du centre de la Colombie-Britannique ne font pas partie des figures parce que les données climatiques modélisées étaient trop imprécises pour représenter adéquatement le climat dans les vallées où une production agricole pourrait avoir lieu.

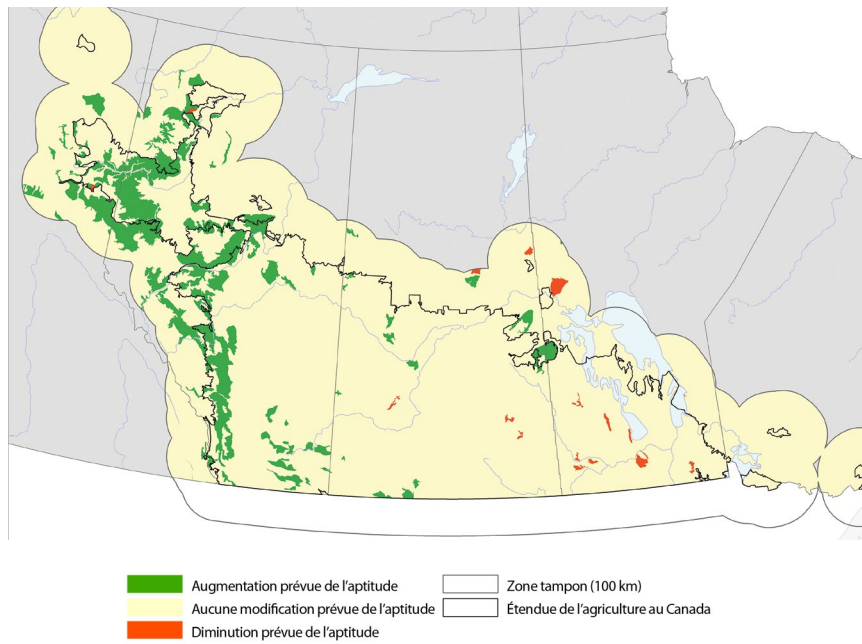


FIGURE 8 : Carte de l'ouest du Canada indiquant les améliorations et les déclins importants prévus de l'aptitude des terres à la culture de petites céréales semées au printemps (AAC, 2012a).

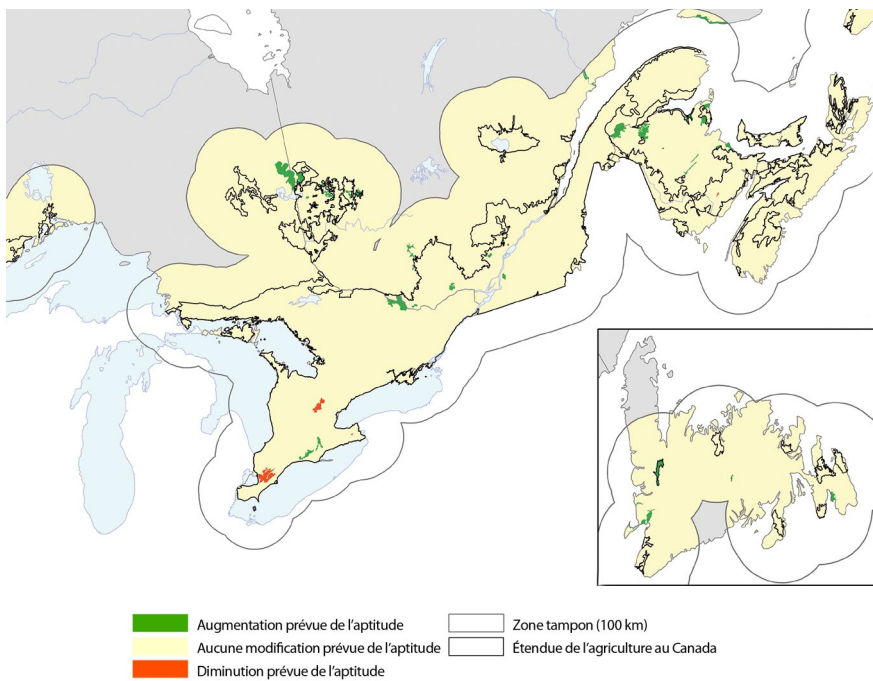


FIGURE 9 : Carte de l'est du Canada indiquant les améliorations et les déclins importants prévus de l'aptitude des terres à la culture de petites céréales semées au printemps (AAC, 2012a).

La modélisation appuie d'autres analyses, indiquant une augmentation probable du potentiel des terres pour la culture de petites céréales semées au printemps dans certains secteurs plus septentrionaux et dans des secteurs principalement dédiés au foin et au fourrage. Elle indique également que le potentiel pour la culture de petites céréales semées au printemps dans les régions sèches pourrait demeurer le même ou augmenter légèrement, à condition que les cultivateurs sèment plus tôt pour réduire l'exposition aux conditions plus sèches de la fin de l'été (AAC, 2012a).

2.4.2 CULTURES/SYSTÈMES DE CULTURE

Une analyse documentaire réalisée par Kulshreshtha *et al.* (2010) a révélé des incertitudes au niveau des prévisions de récoltes qui laisseraient entendre que la productivité des cultures pourrait augmenter ou diminuer dans un climat changeant. Une partie de ces incertitudes a été attribuée aux études qui ne tiennent pas compte des répercussions indirectes des changements climatiques sur les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes, ainsi que d'autres facteurs ayant une incidence sur la production des cultures tels les sols (Wheaton et Kulshreshtha, 2009). Les incertitudes dans les prévisions de récoltes comprennent des lacunes au niveau de l'état actuel des connaissances au sujet de la variabilité du climat, notamment en ce qui a trait aux interactions entre diverses téléconnexions comme l'oscillation australe El Niño (ENSO), l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) et l'oscillation multidécennale de l'Atlantique (OMA), et à la façon dont ces interactions pourraient se trouver touchées par les futurs changements climatiques (Reuten *et al.*, 2012; voir également l'encadré 1).

Bien que la production de nouvelles cultures soit faisable sur le plan agronomique, des incertitudes persistent quant à la capacité des cultivateurs à adapter leurs activités en temps opportun, en raison de facteurs comme les contraintes budgétaires (Kulshreshtha *et al.*, 2010), l'incertitude face aux programmes et aux politiques du gouvernement (Pittman *et al.*, 2011) et la plus grande variabilité du climat (voir l'encadré 1). Les cultivateurs devront aussi équilibrer les changements qui s'opèrent au niveau de plusieurs variables. Par exemple, la température et les précipitations au début de juillet sont des éléments cruciaux pour la récolte du canola : des températures maximales plus élevées ont des répercussions négatives sur la récolte, et des précipitations plus importantes que la moyenne ont une incidence positive sur la récolte (Kutcher *et al.*, 2010).

Les scénarios climatiques futurs pour les Prairies canadiennes pourraient encourager une utilisation accrue des légumineuses en rotation, y compris une utilisation plus grande des légumineuses semées à l'automne (Cutforth *et al.*, 2007). Par exemple, les cultivars de pois chiches et de lentilles sont adaptés aux conditions climatiques extrêmes de gel et de sécheresse, puisqu'ils ont besoin d'un stress physiologique (p. ex., une sécheresse) pour terminer leur floraison et lancer la grenaison (Saskatchewan Pulse Growers, 2000). En raison de saisons de croissance plus chaudes et plus longues, la production de soya pourrait se déplacer vers le nord, en Saskatchewan et dans d'autres secteurs de la région des Prairies (Kulshreshtha, 2011), et les conditions dans les Prairies pourraient devenir mieux adaptées à la production du maïs. Le sorgho pourrait

ENCADRÉ 1

VARIABILITÉ DU CLIMAT – UN DÉFI IMPORTANT POUR LES PRODUCTEURS

L'exploitation agricole, en tant qu'activité annuelle, dépend grandement des conditions climatiques saisonnières, mais en tant qu'industrie et entreprise, elle dépend davantage de la prévisibilité des conditions saisonnières d'une année à l'autre. Un cultivateur qui connaît la gamme des conditions climatiques qu'il rencontrera au cours d'un certain nombre d'années peut choisir des cultures et des pratiques et investir dans des infrastructures qui lui permettront de tirer profit de ces conditions. Les pertes agricoles sont causées par l'imprévisibilité des conditions. Notre compréhension incomplète de la variabilité du climat actuel mine donc grandement notre capacité à évaluer l'agroclimat en fonction de divers scénarios de changements climatiques (Reuten *et al.*, 2012), tout comme la probabilité que le climat futur sera non seulement plus chaud, mais aussi plus variable. Des avancées récentes améliorant l'état des connaissances au sujet des tendances cycliques multidécennales qui caractérisent les relations entre la pression atmosphérique et les courants océaniques telles l'oscillation décennale du Pacifique (ODP), l'oscillation nord-atlantique (ONA), l'oscillation multidécennale de l'Atlantique (OMA) et l'oscillation australe sous-décennale El Niño (ENSO), ont permis d'élucider une partie de la variabilité du climat sévissant dans les régions agricoles canadiennes (Perez-Valdivia *et al.*, 2012; Reuten *et al.*, 2012). Afin de mieux prévoir la variabilité future des conditions agroclimatiques, cependant, il est nécessaire de mieux comprendre la façon dont les changements climatiques interagissent avec ces téléconnexions à court et à long cycles, et la mesure dans laquelle cela se produira.

s'avérer une culture appropriée aux nouvelles conditions climatiques, puisqu'il produit un système racinaire élaboré au début de son développement et ferme rapidement son stomate en situation de carence en eau (Almaraz *et al.*, 2009). Les pratiques d'adaptation qui protègent les cultures des dommages causés par les vents et des importantes pertes par évaporation, soit en laissant le chaume sur pied, soit en réduisant le travail du sol, deviendront des outils encore plus importants pour la gestion des cultures des prairies (Cutforth *et al.*, 2007).

En Colombie-Britannique, les tendances saisonnières et spatiales prévues indiquent une augmentation des précipitations et du réchauffement (voir Zwiers *et al.*, 2011; Crawford et McNair, 2012; chapitre 2 – *Un aperçu des changements climatiques au Canada*), qui offrirait plus de possibilités de récoltes et des avantages en ce qui concerne les pâturages et l'élevage de bétail. Des étés plus chauds et plus secs pourraient toutefois augmenter les risques de sécheresse, et des automnes plus humides pourraient poser un risque accru pour l'abondance des récoltes. L'augmentation prévue des degrés-jours de croissance dans les vallées entourant Prince George d'ici les années 2050 rendrait le climat favorable à la culture du canola et d'autres cultures qui, pour le moment, ne peuvent pas être cultivés dans ce secteur (Picketts *et al.*, 2009).

Au cours des trois dernières décennies, on a noté dans la région québécoise de la Montérégie une tendance générale vers une augmentation de la température. Le changement le plus important de la saison de croissance s'est produit en septembre, alors que les températures moyennes ont augmenté de 0,8 °C (Almaraz *et al.*, 2008). Une saison de croissance plus chaude et plus longue sera bénéfique pour le maïs, le soya et la production de fourrage (Ouranos, 2010). La culture du maïs et du soya pourrait s'étendre à de nouvelles régions disposant du sol et de la topographie qui conviennent, comme le Saguenay–Lac-Saint-Jean, l'Abitibi et le Bas-Saint-Laurent–Gaspésie (Ouranos, 2010). La production de sirop d'érable dans la région sera également touchée (voir l'étude de cas 1).

2.4.3 RAVAGEURS, MALADIES ET ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Plusieurs ravageurs et maladies agricoles sont sensibles au climat, et l'on prévoit que les changements climatiques modifieront la fréquence, la gravité et la répartition des épidémies (Aurambout *et al.*, 2006; Gagnon *et al.*, 2011, 2013; Luck *et al.*, 2014). Il est difficile de prévoir les répercussions sur la production alimentaire, en partie parce que l'écologie climatique propre à plusieurs de ces ravageurs et maladies est mal comprise, et aussi parce que la gravité des pertes dues à ces ravageurs et maladies dépendra non seulement de leur écologie, mais aussi des décisions de gestion concernant, notamment, le contrôle des ravageurs et des maladies, et les pratiques agricoles propres aux cultures (Luck *et al.*, 2014).

ÉTUDE DE CAS 1

LE SIROP D'ÉRABLE ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le sirop d'érable est un produit canadien par excellence – grâce au réchauffement climatique. Il y a un siècle, environ 80 % de la production mondiale de sirop d'érable provenaient des États-Unis et 20 %, du Canada. Aujourd'hui, environ 85 % de la production mondiale de sirop d'érable provient du Canada (AAC, 2007), et le Québec représentait 90 % (7,7 millions de gallons) de la production canadienne en 2011 (Statistique Canada, 2011).

Les essences arboricoles du nord des États-Unis, comme l'érable à sucre, remontent vers le nord à un rythme de près de 100 km par siècle, et ce mouvement a gagné en importance depuis 1971 (Woodall *et al.*, 2009). Les prévisions de déplacement de l'érable à sucre jusqu'en 2100 au Québec (Duchesne *et al.*, 2009) et en Ontario (Lamhonwah *et al.*, 2011) indiquent un déplacement continu vers le nord, bien que le mouvement vers le nord de l'Ontario accusera un ralentissement, en raison des sols plus pauvres du Bouclier canadien (Lamhonwah *et al.*, 2011). Plusieurs États américains ont indiqué que les saisons de collecte de l'eau d'érable débutent et se terminent plus tôt, que les températures peuvent être trop élevées pour obtenir une production optimale, et que l'eau d'érable est de moindre qualité et contient moins de sucre (USDA, 2012).

Les températures optimales pour la saison des sucres sont de -5 °C la nuit et de 5 °C le jour, ce qui permet à la sève de couler en quantités commercialement rentables (AAC, 2007; figure 10). Comme cette fourchette de températures se retrouve maintenant plus au nord, le Canada a récupéré la plus grande part de l'industrie. Comme les jours d'écoulement de sève débuteront plus tôt, sur une période pouvant atteindre jusqu'à 30 jours d'ici 2100 (Skinner *et al.*, 2010), il faudra modifier la date à laquelle les érables sont entaillés, en supposant que les arbres puissent s'adapter à un écoulement hâtif (Duchesne *et al.*, 2009). Les mesures d'adaptation prévues pourraient comprendre l'investissement dans de nouveaux systèmes de collecte plus efficaces, qui permettent d'accroître la récolte, et l'augmentation des quotas afin de permettre d'accroître le nombre d'entaillés en vue de compenser les manques à gagner (Duchesne *et al.*, 2009).



FIGURE 10 : La collecte de l'eau d'érable se déplace vers le nord à mesure que les températures se réchauffent. (Photo © 2007, Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire).

Parmi les mesures d'adaptation, on retrouve la détection précoce des ravageurs pour mieux cibler les dates d'intervention, la création de cultivars et d'outils de gestion intégrée des ravageurs adaptés aux nouvelles conditions climatiques, et la mise en place d'un réseau de détection des nouveaux ravageurs (Comité de suivi et de concertation de la stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, 2011; Gagnon *et al.*, 2013). Il est probable que les nouvelles espèces exotiques envahissantes présentent de plus grands risques pour l'agriculture, puisque des recherches continues et des mécanismes sont en place dont la tâche consiste à gérer les maladies et les ravageurs déjà présents. Plusieurs des nouveaux ravageurs et maladies, qui pourraient faire leur entrée au Canada en raison des changements climatiques, sont toutefois déjà présents ailleurs (particulièrement aux États-Unis) et il pourrait être possible de tirer profit des connaissances acquises et d'adapter les processus de contrôle existants à ces endroits en vue de les utiliser au Canada (voir, par exemple, l'étude de cas 2).

On a estimé les répartitions possibles de certaines espèces de ravageurs et maladies sensibles au climat qui touchent l'agriculture (p. ex., Baker *et al.*, 2000; Aurambout *et al.*, 2009), principalement en ce qui concerne les espèces exotiques envahissantes, dont la présence peut avoir des répercussions sur le commerce international en raison des dispositions sanitaires et phytosanitaires de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). Plusieurs pays, dont le Canada, évaluent la façon dont les politiques en matière de biosécurité pourraient devoir être adaptées aux changements climatiques et étudient les répercussions de ces changements sur les espèces exotiques envahissantes (Luck *et al.*, 2014). Le processus d'évaluation des risques que présentent les ravageurs tel qu'il est actuellement mis en pratique, comprend la cartographie de la répartition connue d'un organisme en fonction de paramètres climatiques fondamentaux, qui servent alors à prévoir la répartition possible au cas où cet organisme viendrait à s'établir dans un nouveau pays. Le Canada et plusieurs autres pays se servent de scénarios de changements climatiques pour étudier la répartition future possible des mauvaises herbes et des ravageurs (Luck *et al.*, 2014).

Au Canada, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes augmentera en raison de la mondialisation du commerce liée aux changements climatiques et à d'autres facteurs économiques et politiques (GIEC, 2007). D'éventuels changements aux routes commerciales tels que l'ouverture du passage du Nord-Ouest, pourraient aussi modifier les risques d'introductions (Luck *et al.*, 2014).

Des incertitudes persistent au niveau des répercussions d'une augmentation du CO₂ atmosphérique sur les parasites des plantes et les maladies. Dans certains cas, l'activité des ravageurs pourrait s'accroître ou les plantes hôtes pourraient devenir moins résistantes, alors que dans d'autres cas, les plantes hôtes pourraient devenir plus résistantes aux ravageurs et aux pathogènes (p. ex., Chakraborty et Datta, 2003; Fuhrer, 2003; Chakraborty, 2005; Coll et Hughes, 2008).

ÉTUDE DE CAS 2

FIÈVRE CATARRHALE DU MOUTON – MESURES D'ADAPTATION DU SECTEUR PRIVÉ ET DU GOUVERNEMENT À LA PROPAGATION D'UNE MALADIE ANIMALE CAUSÉE PAR D'ÉVENTUELS CHANGEMENTS CLIMATIQUES

La fièvre catarrhale du mouton est une maladie virale qui touche les ruminants et qui est parfois mortelle pour le mouton, mais rarement pour les autres animaux. Elle ne se transmet pas à l'humain. Elle est transmise par plusieurs espèces de mouches piqueuses et peut provoquer la fermeture des marchés d'exportation. On ne croit pas que la maladie ait déjà été introduite au Canada et il semblerait que les quelques cas relevés au Canada étaient dus à des mites importées accidentellement des États-Unis (Lysyk et Danyk, 2007).

En Amérique du Nord, la fièvre catarrhale du mouton est principalement transmise par une espèce de moucheron présente en Colombie-Britannique, mais pas dans les autres provinces pour l'instant. L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), l'organisme gouvernemental responsable de la surveillance de ces maladies animales, a défini cinq régions écologiques au Canada en vue d'un contrôle préventif de la fièvre catarrhale, dans l'espoir que, si des cas de fièvre apparaissent dans l'une de ces régions, nos partenaires commerciaux admettront que tous les ruminants n'y ont pas nécessairement été exposés, et que le commerce des animaux et des produits provenant d'autres régions sera épargné (ACIA, 2011).

Une autre mesure d'adaptation préventive à l'égard de l'extirpation éventuelle de la fièvre catarrhale du mouton a été mise en œuvre par la Fédération canadienne du mouton : l'assurance contre la fièvre catarrhale. Le programme d'assurance volontaire offrira une compensation aux producteurs ovins, en cas de mortalité d'animaux, d'interruption des activités ou d'autres pertes indirectes liées au diagnostic de la fièvre catarrhale du mouton chez l'un de leurs animaux (<http://www.cansheep.ca/cms/fr/programs/bluetongueprogram/bluetongueprogram.aspx>).

Le présent exemple souligne plusieurs aspects des mesures d'adaptation aux changements climatiques qui s'appliquent à l'agriculture au Canada, ce qui inclut la réaction proactive d'un organisme gouvernemental et la réaction préventive de l'industrie.

2.4.4 QUESTIONS RELATIVES AUX ANIMAUX

La gestion du bétail devra s'ajuster aux températures plus élevées, aux variations dans les précipitations et aux mesures d'adaptation dans le secteur des cultures (Pullar *et al.*, 2011). Les éleveurs de bétail sont tout à fait conscients de la nécessité d'accroître l'efficacité de leurs activités et de réduire leur empreinte environnementale. Par exemple, des aliments pour animaux de plus grande qualité permettent de réduire les émissions (moins de gaz et de fumier), d'accroître la productivité (davantage de petits, de lait et d'œufs) et d'améliorer la santé des animaux (moins vulnérables face au stress; Pullar *et al.*, 2011).

Dans l'industrie laitière, d'énormes progrès ont été accomplis en améliorant l'efficacité des activités. Le nombre de fermes laitières a diminué d'environ 47 %, alors que la production laitière est demeurée stable (la production laitière par vache a augmenté de 48 % entre 1981 et 2011; Statistique Canada, 2012). Bien que l'augmentation de la productivité soit principalement imputable à la sélection génétique (Oltenu et Broom, 2010), la capacité du secteur à demeurer rentable avec la moitié du nombre de bêtes semble indiquer une forte capacité d'adaptation chez les éleveurs, qui seront sans doute en mesure d'adapter les infrastructures de leurs exploitations aux nouvelles conditions climatiques.

En raison du prolongement probable de la saison de croissance des cultures, McCartney *et al.* (2009) se sont penchés sur la possibilité d'utiliser, au Canada, des cultures poussant pendant l'été et récoltées tardivement afin de nourrir le bétail. Ils ont déterminé que, bien qu'il soit possible d'utiliser les résidus du maïs, du sorgho, du millet, du colza et du navet, ainsi que d'autres cultures racines, plusieurs questions pourraient poser problème, dont la santé des plantes, les pesticides ayant été utilisés sur les cultures, les toxines dans les sols en raison des sécheresses ou des inondations, et la valeur nutritive des tiges (McCartney *et al.*, 2009). En outre, des températures annuelles plus élevées permettraient aux producteurs de cultiver des vivaces et des cultures annuelles hivernales, qui sont pour le moment inadaptées. Les céréales annuelles sont plus flexibles que les vivaces en ce qui concerne les dates de plantation. Si elles sont plantées plus tard, elles atteignent un pic de récolte plus tard dans la saison et peuvent ainsi servir de supplément aux pâturages d'hiver (McCartney *et al.*, 2008).

Les provinces procèdent actuellement à la mise en œuvre de stratégies en matière d'adaptation aux changements climatiques qui exigent que les producteurs, tout comme les gouvernements, tiennent compte des répercussions des changements climatiques sur le bétail. Par exemple, le gouvernement de l'Ontario a conclu un partenariat officiel avec le laboratoire en santé animale de l'Université de Guelph en vue de soutenir la détection et la surveillance des maladies animales, notamment celles qui apparaissent et évoluent en raison des changements climatiques (MEO, 2011).

Le rapport intitulé *Climate change adaptation risk and opportunity assessment* réalisé par la Colombie-Britannique (Colombie-Britannique, 2012) décrit les répercussions possibles des changements climatiques sur le bétail, notamment les modifications de la gestion du pâturage du bétail en raison d'une humidité du sol trop faible ou trop élevée, la perte ou le déménagement du bétail à la suite d'inondations ou d'autres événements extrêmes, une qualité et une quantité d'eau réduites pour le bétail pendant les périodes sèches, des hivers plus doux qui permettraient une diversification du bétail, une meilleure résistance aux maladies et aux ravageurs, des coûts énergétiques accrus en raison de besoins en climatisation plus élevés, des coûts immobiliers accrus en raison d'une forte pression exercée sur la valeur des terres découlant de l'augmentation de la population dans le sud de la Colombie-Britannique, et des pannes de courant causées par une augmentation de la fréquence des tempêtes et des blizzards qui perturbent les activités (Colombie-Britannique, 2012). Les travaux réalisés à ce jour comprennent une série de rapports régionaux soulignant les mesures à prendre, ainsi que les outils d'aide à la prise de décisions tels les nouveaux calculateurs d'irrigation (IIABC, 2009).

Dans un climat plus chaud, on prévoit une augmentation de la productivité des pâturages non seulement en raison des périodes

de croissance prolongées et plus chaudes, mais également à cause de l'enrichissement en CO₂ du milieu. La réaction des cultures de fourrage aux changements climatiques est propre à chaque espèce et les interactions entre la concentration atmosphérique en CO₂, la température et les espèces sont complexes (Bertrand *et al.*, 2012). En plus de toucher les récoltes, les conditions climatiques à venir auront probablement des répercussions sur la valeur nutritive des fourrages (Bertrand *et al.*, 2012). La productivité accrue des pâturages signifierait une augmentation de la capacité de charge des pâturages et une diminution des coûts par animal (Kulshreshtha, 2011). La gestion des pâturages et des aliments pour animaux, ainsi que l'utilisation de l'agroforesterie (bandes boisées) ont été recommandées en tant que mesures d'adaptation possibles aux changements climatiques pour les élevages de bétail (Climate Change Connection, 2009).

2.4.5 QUESTIONS RELATIVES AUX EXPORTATIONS ET AU MARCHÉ MONDIAL

Les répercussions des changements climatiques varieront dans l'ensemble du Canada et dans le monde. Les risques pour certains constitueront des possibilités pour d'autres. Une hausse des prix de la nourriture encouragera de plus grands investissements afin de produire davantage d'aliments; cette démarche pourrait mener à la création d'un plus grand nombre d'industries dérivées telles des entreprises semencières locales (FAO, 2009), et possiblement à un développement de l'aquaculture. Des prix plus élevés signifient toutefois un choix moins important et un accès réduit pour les personnes à faible revenu. Dans le commerce international, le secteur agroalimentaire (sans les produits de la mer) représentait plus de 36 milliards de dollars des exportations canadiennes réalisées en 2011, soit plus de 8 % des exportations totales de marchandises du Canada (AAC, 2012b). Ensemble, le blé, le canola, l'huile de canola et le porc comptaient pour plus de 14 milliards de dollars en exportations (AAC, 2012c). Le secteur agroalimentaire a fourni plus de 9 milliards de dollars à la balance commerciale du Canada (AAC, 2012b). Bien qu'une hausse des températures et de la concentration en CO₂ entraînera probablement une augmentation de la productivité, des incertitudes persistent au niveau des répercussions de facteurs négatifs tels que la diminution de la disponibilité de l'eau, les mauvaises herbes, les ravageurs, les maladies, les espèces envahissantes et les événements météorologiques extrême. De plus, les conséquences des changements climatiques sont également floues pour plusieurs de nos concurrents et partenaires commerciaux. Le GIEC estime que la plupart des pays en développement deviendront de plus en plus dépendants des importations d'aliments (GIEC, 2007). Étant donné que le Canada est l'un des plus importants exportateurs nets de produits agricoles (OMC, 2000), cela représente probablement davantage de possibilités pour les exportateurs canadiens.

Les changements climatiques se répercuteront aussi d'autres façons sur le commerce international des denrées alimentaires. L'ouverture éventuelle du passage du Nord-Ouest pourrait réduire grandement le temps de navigation entre les pays de l'Atlantique Nord et du Pacifique Nord, et augmenter le commerce des produits frais dans l'hémisphère nord (Luck *et al.*, 2014). Des modifications de l'emplacement de la production et de la consommation des aliments toucheront aussi le commerce international, tout comme les risques liés à l'introduction d'espèces exotiques envahissantes (voir la section 2.4.3).

2.4.6 MESURES D'ADAPTATION DES INSTITUTIONS

Les pratiques agricoles sont sujettes à une adaptation constante en vue de pallier la variabilité du climat. Des mesures d'adaptation agricoles ont été mises en place avec succès par le passé, grâce aux efforts de collaboration de nombreuses institutions (voir l'étude de cas 3; Marchildon *et al.*, 2008; Diaz *et al.*, 2009; Hurlbert *et al.*, 2009a; Wheaton et Kulshreshtha, 2010; Corkal *et al.*, 2011). Pour réussir, les futures mesures d'adaptation dans le secteur de l'agriculture devront avoir recours à des approches multidisciplinaires et interdisciplinaires semblables et exigeront la participation active d'intervenants et d'institutions pouvant aider à coordonner les actions (p. ex., organismes frontaliers; Diaz et Rojas, 2006; Batie, 2008; Marchildon *et al.*, 2008; Hurlbert *et al.*, 2009b).

Les ententes institutionnelles, faisant collaborer tous les ordres de gouvernement avec des cultivateurs, des éleveurs et d'autres intervenants locaux, et s'appuyant sur des méthodes de planification multidisciplinaires et participatives en vue de parvenir à une intégration des connaissances locales et scientifiques, peuvent aider à faire face aux risques climatiques actuels et futurs (Nelson *et al.*, 2008; Hurlbert *et al.*, 2009a, b; Corkal *et al.*, 2011). Une telle gouvernance adaptée peut favoriser la création de nouvelles technologies et stratégies, ainsi qu'encourager la collaboration, en plus de mettre à l'essai des solutions à des problèmes locaux, à condition que les institutions, les agriculteurs et les collectivités locales démontrent un degré de flexibilité suffisant pour leur permettre d'apporter les modifications nécessaires à la définition et à la résolution conjointe d'un problème commun (Nelson *et al.*, 2008; Hurlbert *et al.*, 2009a, b).

Les institutions universitaires et gouvernementales entreprennent des recherches en vue de mieux comprendre la variabilité du climat et les risques relatifs à l'agriculture. Cela comprend des études qui établissent des liens entre les connaissances scientifiques et locales et qui appuient la prise de décisions en matière de gestion de l'eau (Marchildon, 2009b; Sauchyn *et al.*, 2010). À leur tour, les groupes de gestion des bassins hydrographiques encouragent l'adoption des pratiques de gestion améliorées, comme une meilleure gestion des récoltes et de l'eau, y compris l'irrigation (Diaz *et al.*, 2009).

À l'échelle internationale, le Canada prend part à l'Alliance mondiale de recherche sur les gaz à effet de serre en agriculture, un effort multinational visant à stimuler les recherches dans le domaine des gaz à effet de serre et de l'agriculture, et à en communiquer les résultats, en mettant l'accent sur les technologies et les pratiques qui mènent à une diminution des émissions de gaz à effet de serre, tout en augmentant la résilience climatique et la rentabilité (Shafer *et al.*, 2011).

Parmi les exemples de politiques et de règlements du gouvernement fédéral susceptibles d'accroître la résilience climatique dans le secteur agricole, on retrouve la disposition permettant le report de l'impôt pour les éleveurs, mesure à laquelle on fait appel dans les secteurs touchés par des sécheresses ou des inondations où les agriculteurs ont dû vendre au moins 15 % de leurs cheptel reproducteur. Un certain pourcentage des revenus tirés de la vente peut être reporté à la prochaine année d'imposition et peut servir à compenser partiellement le coût de remplacement du bétail (ARC, 2011). Le cadre stratégique *Cultivons l'avenir 2* (<http://www.agr.gc.ca/fra/a-propos-de-nous/initiatives-ministerielles-importantes/cultivons-l-avenir-2/?id=1294780620963>) comprend des outils et des programmes de gestion des risques de l'entreprise, ainsi que trois nouveaux programmes à frais partagés visant à accroître la durabilité économique du secteur agricole. Ces programmes, aussi bien de nature régionale que dirigés par l'industrie, sont conçus de façon à répondre aux besoins du secteur par le biais de la recherche, du développement et du transfert de connaissances et de technologies dans l'espoir de garantir la mise en place de solutions novatrices pour les agriculteurs dans des conditions environnementales et de marché en évolution.

2.5 RÉSUMÉ

Les secteurs agricole, agroalimentaire et de la transformation agroalimentaire seront touchés par les changements climatiques de différentes façons, et une vaste gamme de méthodes d'adaptation s'imposera. De la recherche et du développement novateurs, des politiques nouvelles ou mises à jour, ainsi qu'une gestion adaptative des ressources agricoles, faciliteraient la promotion d'un secteur économiquement durable à l'avenir.

ÉTUDE DE CAS 3

UN EXEMPLE TIRÉ DU PASSÉ DE LA CAPACITÉ DES INSTITUTIONS À S'ADAPTER DANS LE SECTEUR AGRICOLE : LES PRAIRIES

Dans son rapport de 1860, le capitaine John Palliser a cartographié ce que l'on appelle maintenant le « triangle de Palliser » après avoir observé les Prairies pendant une longue période de sécheresse (Encyclopedia of Saskatchewan, 2007; Axelson *et al.*, 2009). La population du triangle de Palliser a augmenté rapidement au début des années 1900 pendant une période humide, tel que déduit à partir des données indirectes fournies par les anneaux de croissance des arbres s'échelonnant sur les 1000 dernières années (Sauchyn *et al.*, 2011). Les premiers colons européens ne comprenaient pas les caractéristiques naturelles de la région des Prairies et étaient mal préparés aux risques climatiques, notamment les températures extrêmes, les vents violents, les sécheresses et les inondations dans cette région (Gray, 1996; Marchildon *et al.*, 2008; Toth *et al.*, 2009).

Des sécheresses pluriannuelles survenues entre 1914 et 1917, ainsi que dans les années 1920 et 1930 (figure 11), ont dévasté la population et l'écologie de la région, le secteur agricole et des collectivités rurales, ainsi que l'économie fédérale et provinciale. Pendant la crise des années 1930, de grandes bandes de terres ont été perdues en raison de l'érosion éolienne. Un dépeuplement des secteurs les plus touchés s'est produit lorsque des fermiers ont réalisé qu'ils ne pouvaient plus survivre sur leurs terres et ont abandonné leur ferme.



FIGURE 11 : L'amoncellement du sol le long des clôtures correspondant à la perte de la couche arable dans les champs des Prairies (*La photo est tirée de la collection de Bibliothèque et Archives Canada R194-117-1-E PA-139647*).

Les administrations locales, provinciales et fédérales ont dû faire face à une crise sociale, économique et écologique d'envergure nationale (Gray, 1996; Marchildon *et al.*, 2008; Marchildon, 2009a, b; Toth *et al.*, 2009). Les citoyens et les gouvernements ont dû mettre en place de nouvelles ententes institutionnelles en vue de mieux comprendre le problème, de rechercher des solutions en matière de viabilité économique agricole, ainsi que d'améliorer la résilience des collectivités rurales et la capacité régionale à assurer la conservation des sols, la gestion de l'eau et les pratiques agricoles durables.

En 1935 (juste après les pires années de sécheresse), le gouvernement fédéral a adopté la *Loi sur le rétablissement agricole des Prairies*, puis a créé l'Administration du rétablissement agricole des Prairies, dont le mandat consistait à « veiller au rétablissement agricole des terres touchées par la sécheresse et l'érosion dans les provinces du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta, et d'élaborer et de promouvoir (...) des pratiques saines, ainsi que des mesures de plantation d'arbres, d'approvisionnement en eau, d'utilisation des terres et d'établissement agricole qui favorisent une plus grande sécurité économique » (Marchildon, 2009a; Justice Canada, 2012). Les fermiers et l'industrie agricole ont collaboré afin d'élaborer de nouveaux outils agricoles novateurs. Des recherches sur la conception de l'équipement et les méthodes agricoles ont été entreprises par l'organisme Fermes expérimentales fédérales d'Agriculture Canada, des universités et le secteur

industriel. Des cultures tolérantes à la sécheresse et de nouvelles pratiques agricoles ont fait l'objet de recherches et ont été mises à l'essai sur le terrain. La province de l'Alberta a créé l'*Alberta Special Areas Board* (conseil des zones spéciales de l'Alberta), dont la fonction consiste à administrer les terres dans une région appelée la « zone aride de l'Alberta », une région particulièrement sensible au climat (Gray, 1996; Marchildon *et al.*, 2008).

Des années 1930 aux années 1980, les institutions et les fermiers ont travaillé dur en vue d'accroître la résilience agricole. On a cessé la production sur les terres agricoles vulnérables en y implantant un couvert herbacé permanent ou en les convertissant en pâturages communautaires gérés par le gouvernement. Les méthodes de labour ont été modifiées afin de réduire la perturbation des sols, dans le but de conserver la terre et son humidité. Ces méthodes de « labour minimal » et d'« ensemencement direct » exigeaient la conception de nouveaux équipements, qui ont été élaborés et peaufinés par le secteur de l'industrie et des universitaires. Cette mesure d'adaptation est désormais pratique courante à l'échelle de la planète. D'importants efforts institutionnels ont été déployés en vue d'améliorer l'approvisionnement en eau, grâce à la construction de barrages, de réservoirs, de vastes projets d'irrigation et de systèmes de distribution d'eau (Gray, 1996; Bruneau *et al.*, 2009). Les gouvernements fédéral et provinciaux de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba ont mis sur pied la Commission des eaux des provinces des Prairies, dont la tâche consiste à administrer et surveiller les eaux interprovinciales (Hurlbert *et al.*, 2009a).

Ces efforts institutionnels collaboratifs sont un exemple des « mesures d'adaptation institutionnelles » qui ont non seulement constitué une réaction à une situation donnée, mais ont aussi permis de prévoir les changements et d'élaborer des solutions pour l'avenir. Aujourd'hui, les provinces des Prairies, jadis considérées comme inappropriées à l'agriculture par Palliser, produisent l'essentiel des sept milliards de dollars provenant de la culture céréalière du Canada (Environnement Canada, 2004; Corkal et Adkins, 2008).

3. PÊCHES

3.1 INTRODUCTION

Les pêches contribuent grandement à la production alimentaire, un secteur qui sera de plus en plus touché par les changements climatiques (Barange et Perry, 2009; Rice et Garcia, 2011). Statistique Canada (2009b) indique qu'en moyenne, chaque Canadien consomme à tous les ans 8 kg de poisson (poids comestible) provenant des détaillants, ce qui représente environ 2,2 % des dépenses alimentaires nationales (Statistique Canada, 2001). Les tendances alimentaires au Canada semble indiquer que l'on connaît une augmentation constante de la demande de poisson et de mollusques et crustacés depuis le milieu des années 1990, et l'on prévoit que cette augmentation atteindra plus de 30 % d'ici 2020 (AAC, 2012d). L'évolution des goûts, une alimentation saine, la disponibilité des produits de la pêche d'élevage et l'apparition de nouvelles espèces au comptoir de la poissonnerie sont considérées comme des changements importants liés aux tendances alimentaires (Statistique Canada, 2005).

Les pêches canadiennes reflètent une diversité d'interactions, propres au secteur, entre le climat, l'hydrologie, l'océanographie, les communautés d'espèces, l'infrastructure des pêches et l'historique d'utilisation des ressources (figure 12). Les répercussions

des changements climatiques sur les espèces et les écosystèmes auront un effet en cascade sur les pêches et les systèmes humains interreliés (c.-à-d. systèmes alimentaires, culturels et sociaux) qui dépendent d'un approvisionnement alimentaire aquatique. Le degré d'incidence dépendra de l'importance des changements climatiques locaux, de la vulnérabilité du poisson et des pêches, ainsi que des mesures d'adaptation.

La présente section aborde les effets du climat sur les systèmes actuels et futurs de production alimentaire aquatique dans quatre écorégions principales (figure 13, voir l'encadré 2). Les répercussions des changements climatiques sur les éléments terrestres du système alimentaire aquatique (c.-à-d. transport, transformation, commercialisation) sont traitées dans une étude de cas détaillée provenant de l'écorégion de l'Atlantique (voir l'étude de cas 5). Les effets cumulatifs de nombreux facteurs de stress sur les pêches (c.-à-d. climat et pêches; voir Frank *et al.*, 2005; Planque *et al.*, 2010), l'exploitation des ressources non renouvelables, les changements culturels et sociaux (voir Meltofte, 2013) et les contaminants (voir le chapitre 7 – Santé humaine) ne sont pas étudiés dans le présent chapitre.

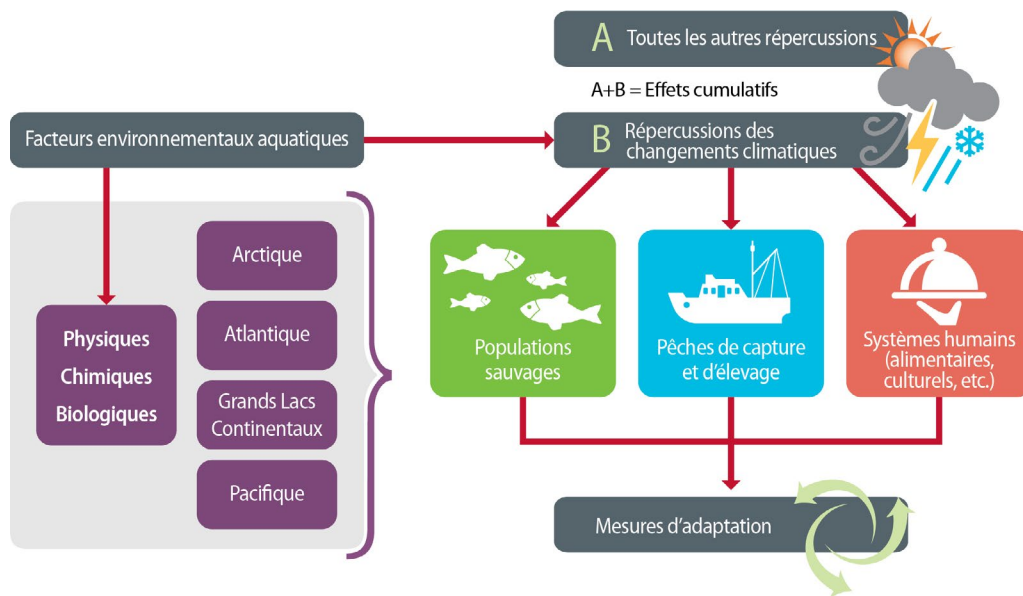


FIGURE 12 : Évolution des répercussions des changements climatiques sur la production alimentaire aquatique dans les écorégions aquatiques du Canada.

ENCADRÉ 2

ÉCORÉGIONS AQUATIQUES DU CANADA

ATLANTIQUE – L'écorégion de l'Atlantique est caractérisée par des hivers froids, une topographie au relief modéré, un vaste plateau continental et des apports en eau douce. Le forçage atmosphérique a des répercussions sur le mélange constant des eaux chaudes et australes du Gulf Stream avec les apports saisonniers d'eau douce et froide, ainsi qu'avec la glace de mer, qui proviennent respectivement du courant subpolaire du Labrador et du débit sortant du golfe du Saint-Laurent (Loder *et al.*, 1998; MPO, 2012a). Les températures près de la surface sont sensibles aux variations saisonnières causées par l'ensoleillement, la température atmosphérique, l'écoulement d'eau douce et les systèmes de courants forts. Les variations multidécennales persistantes du climat océanique de la région sont causées, notamment, par l'oscillation nord-atlantique et l'oscillation multidécennale de l'Atlantique (Reid et Valdés, 2011). Les eaux marines font preuve d'une production secondaire très élevée, dont bénéficient d'importantes entreprises de pêche commerciale de capture (Shackell et Loder, 2012). Les répercussions des activités de pêche (Planque *et al.*, 2010) et une phase froide de l'état océanique (Drinkwater, 2009) ont eu une incidence négative sur d'importantes populations de poissons de fond.

ARCTIQUE – Cette région se définit principalement comme étant dominée de longue date par la glace, mais connaissant une évolution rapide (Carmack *et al.*, 2012); elle comprend beaucoup d'habitats aquatiques au sein desquels évolue un ensemble d'espèces résidentes (p. ex., omble chevalier, morse) et de grands migrateurs (p. ex., baleine boréale, oiseaux de mer) adaptés au froid et atteignant la maturité assez tard. Les écosystèmes aquatiques connaissent de très fortes variations saisonnières, en ce qui a trait à l'ensoleillement, à la température et aux apports en eau douce. La couverture de glace est une caractéristique physique importante qui a des répercussions sur l'échange de chaleur et la pénétration de la lumière. De façon générale, les secteurs couverts constamment par une glace pluriannuelle ne sont pas productifs. Les secteurs d'eau libre au milieu de la glace de mer (polynies), qui réapparaissent selon la saison, offrent toutefois un habitat essentiel à divers organismes (p. ex., algues sous la glace, morue arctique, phoque) et sont souvent décrits comme des secteurs de productivité accrue (MPO, 2012b). La glace est un important agent structurant qui a une incidence à la fois sur les écosystèmes (p. ex., migration des mammifères, emplacement de la nourriture) et les systèmes humains connexes (p. ex., déplacements saisonniers et accès aux ressources naturelles). Le récent état des glaces estivales instables, la fonte de la glace et l'apport modifié en eau douce entraînent des modifications importantes des écosystèmes aquatiques de l'Arctique (Meltotte, 2013).

GRANDS LACS CONTINENTAUX – Cette écorégion forme le plus grand système d'eau douce de la planète et contient 84 % de l'eau douce de surface de l'Amérique du Nord. Les écosystèmes qui s'y trouvent résultent de systèmes climatiques qui produisent des étés chauds et des hivers froids, au cours desquels la plupart des rivières et des lacs sont plus ou moins bloqués par les glaces. Les différences dans les taux de précipitation mènent à des régimes, annuels à décennaux, d'inondations ou de sécheresses. Ces sécheresses, jumelées à de fortes variations saisonnières, ont une grande influence sur le débit des rivières, l'élévation du niveau des lacs, le cycle des éléments nutritifs et la production biologique. Les activités associées à plus d'un siècle de croissance rapide de la population humaine ont contribué à la création de conditions propices à l'invasion d'au moins 162 espèces exotiques aquatiques (Mandrak et Cudmore, 2010) liée à plusieurs changements négatifs, qui se sont produits au chapitre des pêches et des écosystèmes de cette écorégion, ainsi qu'à la création de quelques nouvelles pêches (p. ex., saumon quinnat, éperlan). Des exercices de modélisation semblent indiquer que les répercussions des changements climatiques dans cette écorégion provoqueront des changements dans les régimes thermiques aquatiques susceptibles d'avoir des effets négatifs sur les espèces d'eau froide et tempérée.

PACIFIQUE – L'écorégion du Pacifique est caractérisée par un climat tempéré, un relief montagneux, un plateau continental étroit, de nombreuses rivières, d'importantes précipitations annuelles et une zone de transition marine régie variablement par des conditions associées à un système marin subtropical ou subarctique (Thomson, 1981). Les courants océaniques et le débit des principales rivières ont une grande incidence sur la circulation, l'apport en éléments nutritifs et la production primaire des écosystèmes marins côtiers du Pacifique. La variabilité des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes de la côte du Pacifique s'accroît lorsque des événements d'oscillation australe El Niño se produisent, de même que lors des écarts décennaux entre les périodes chaudes et froides de l'oscillation décennale du Pacifique (Mantua *et al.*, 1997). Les réactions biologiques à la variabilité climatique passée ont fourni la plupart des renseignements ayant contribué à une meilleure compréhension des répercussions probables des changements climatiques sur le biote dans cette région (Powell et Xu, 2011).

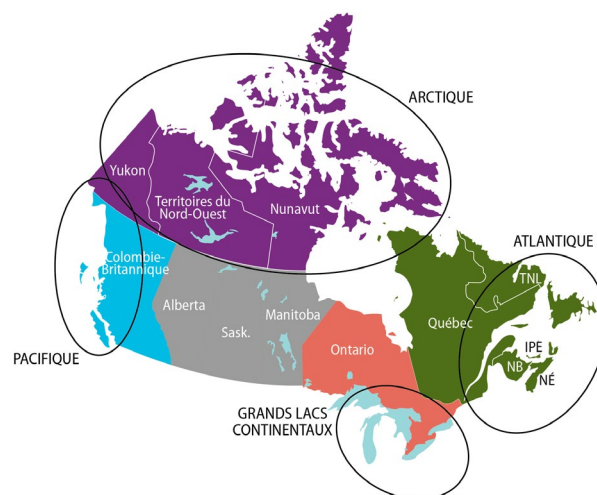


FIGURE 13 : Carte indiquant les écorégions aquatiques du Canada

3.2 APPROVISIONNEMENT ALIMENTAIRE AQUATIQUE DU CANADA

L'accès aux ressources alimentaires aquatiques s'effectue par l'entremise de quatre chaînes d'approvisionnement principales : la pêche commerciale de capture, la pêche d'élevage, la pêche de subsistance et la pêche récréative. La pêche commerciale de capture est liée à la capture du biote sauvage, la pêche d'élevage désigne des aliments produits dans des installations aquacoles, la pêche de subsistance est constituée principalement par les pêches autochtones, en plus d'un élément de la pêche de subsistance qui chevauche la pêche récréative canadienne plus vaste (p. ex., pêche vivrière à Terre-Neuve-et-Labrador), et la pêche récréative a trait à la capture du biote sauvage par des personnes ou des pourvoyeurs disposant d'un permis.

Les produits de la pêche commerciale de capture et de la pêche d'élevage sont parmi les biens alimentaires produits par le Canada dont la valeur est la plus élevée. Ensemble, les pêcheurs, les entreprises de transformation, les distributeurs et les commerçants au détail composent l'industrie canadienne des « produits de la mer », qui offre un vaste éventail de produits de la pêche aux marchés locaux, régionaux, nationaux et mondiaux (figure 14). Environ 85 % de la pêche commerciale du Canada est distribuée dans plus de 130 pays dans le cadre d'exportations (AAC, 2012d). La pêche commerciale de capture régie par Pêches et Océans Canada (MPO) demeure une ressource de propriété commune, bien que des mécanismes limités fondés sur les droits s'appliquent à plusieurs pêches. La pêche de subsistance et la pêche récréative relèvent de la compétence fédérale, qui peut être déléguée d'une telle façon que les organismes de réglementation varient grandement d'un bout à l'autre du pays. En comparaison, la pêche d'élevage repose sur des investissements privés. La pêche d'élevage peut faire l'objet d'un permis ou être réglementée par le MPO ou des organismes provinciaux sur des terres publiques ou privées. La surveillance de toutes les activités faisant suite à la pêche et liées aux

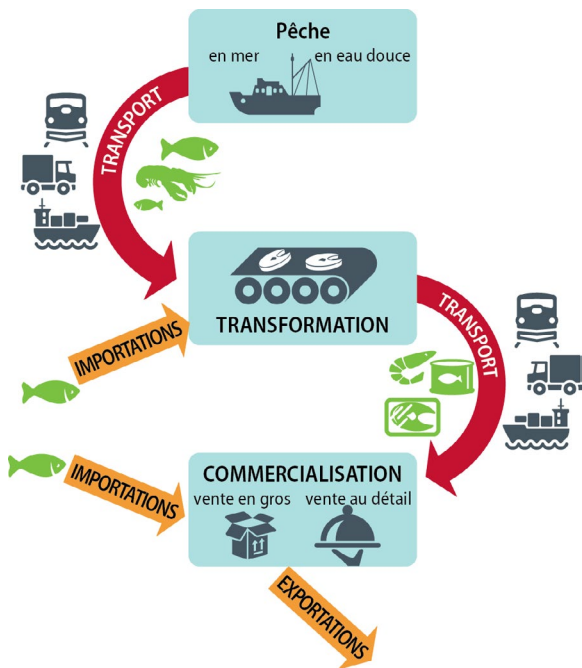


FIGURE 14 : Diagramme reflétant la « chaîne du poisson » – intégrant des éléments du système alimentaire de la pêche, de l'océan à l'assiette.

produits de la pêche commerciale de capture et de la pêche d'élevage relève de l'Agence canadienne d'inspection des aliments et d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Une estimation de la quantité et de la valeur de la pêche commerciale de capture, de la pêche d'élevage, de la pêche récréative et de la pêche de subsistance pour chaque écorégion aquatique est donnée dans la figure 15. Bien que la composition des pêches ait varié de façon importante au fil du temps, la valeur du total des prises non transformées de la pêche de capture au Canada est demeurée assez constante (MPO, 2011). Les espèces qui contribuent au rendement et à la valeur de la pêche commerciale de capture varient toutefois grandement selon les régions (tableau 2).

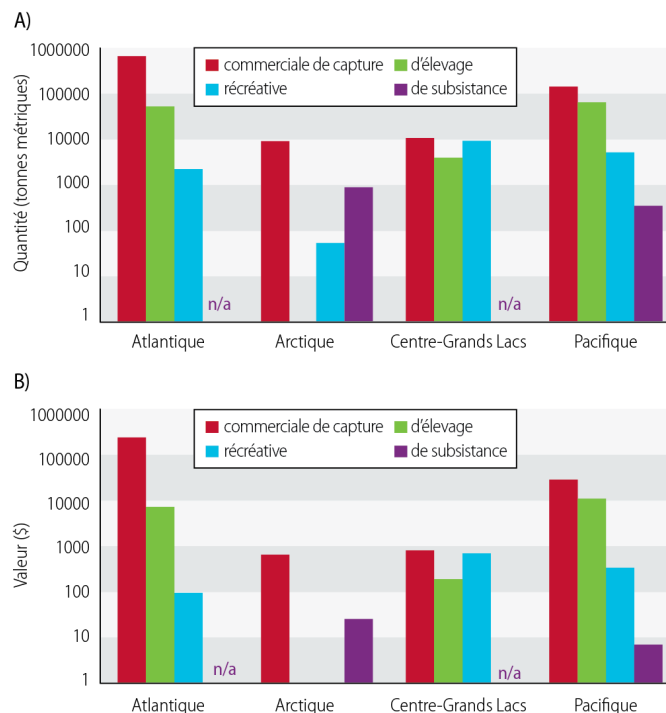


FIGURE 15 : Estimation (échelle logarithmique) de a) la quantité et b) la valeur de la pêche commerciale de capture, de la pêche d'élevage, de la pêche récréative et de la pêche de subsistance dans les écorégions aquatiques canadiennes (Atlantique, Arctique, Grands Lacs continentaux et Pacifique). L'estimation est fournie selon une échelle logarithmique, en raison du fait que les contributions de la pêche récréative et de la pêche de subsistance n'apparaîtraient pas si elles étaient regroupées de façon linéaire par rapport à la pêche commerciale de capture et à la pêche d'élevage. (sources : Les données sur la pêche commerciale de capture (tonnes métriques; 2000-2010) ont été fournies par la Direction générale des statistiques sur les pêches du MPO. Les données sur la pêche récréative (nombre de poissons) proviennent du MPO (2012c). Les quantités pour la pêche de subsistance (nombre de poissons ou de tonnes métriques) proviennent des données sur les prises de la pêche à des fins alimentaires, sociales et rituelles de la région du Pacifique du MPO, Robards et Reeves (2011) et de Zeller et al. (2011). Les quantités de mammifères marins récoltés sont estimées à partir du poids moyen du phoque annelé (~60 kg). Le nombre de poissons a été converti en poids à l'aide d'un facteur de conversion (Usher, 2000). La valeur a été estimée pour toutes les pêches en appliquant un coût moyen de remplacement des protéines de 11,2 \$/kg provenant de deux sources : Government of Nunavut et Nunavut Tunngavik Incorporated, 2005, et G.S.Gislason and Associates Ltd. et Outcrop Ltd., 2002).

Écorégion	Pêche de capture commerciale ¹	Pêche d'élevage ¹	Pêche récréative ²	Pourcentage moyen (+/- écart type) de la population qui prend part à la pêche récréative ³	Pêche de subsistance ⁴
Atlantique	Homard, crevettes, crabe	Saumon de l'Atlantique, moules, huîtres	Ombre de fontaine, morue du Nord, maquereau	8 +/- 4,2	Morue de l'Atlantique, homard
Arctique	Flétan noir, crevettes, grand corégone, ombre chevalier	n.d.	Grand brochet, ombre arctique	10 +/- 829	Ombre chevalier, grand corégone, mammifères marins
Grands Lacs continentaux	Perchaude, doré jaune, grand corégone	Truite arc-en-ciel	Doré jaune, perchaude	8 +/- 1,4	Grand corégone, esturgeon jaune
Pacifique	Flétan du Pacifique, saumon du Pacifique, crabe, palourdes	Saumon de l'Atlantique, palourdes, huîtres	Saumon du Pacifique, truite	9	Saumon du Pacifique

TABLEAU 2 : Espèces importantes sur le plan commercial ou culturel pêchées dans les écorégions et pourcentage de la population qui prend part à la pêche récréative par écorégion. (sources : ¹Direction générale des statistiques sur les pêches du MPO; ²MPO, 2012c; ³Statistique Canada, 2009a. L'Atlantique est la moyenne de Terre-Neuve-et-Labrador, de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse; l'Arctique est la moyenne des Territoires du Nord-Ouest, du Yukon et du Nunavut; les Grands Lacs continentaux sont représentés par l'Ontario; et le Pacifique, par la Colombie-Britannique. ⁴Atlantique : Lowitt (2011); Arctique : Zeller et al. (2011), Robards et Reeves (2011); Grands Lacs continentaux : Kerr (2010); Pacifique : données du MPO sur les prises de pêche à des fins alimentaires, sociales et rituelles de la région du Pacifique).

La pêche d'élevage n'est apparue que récemment au Canada en tant qu'important fournisseur de produits alimentaires. La production de la pêche d'élevage a augmenté de plus de 130 % depuis environ 1995 (Statistique Canada, 2009a) et était évaluée à près de 846 millions de dollars en 2011 (MPO, 2013b). En 2011, le saumon (principalement le saumon de l'Atlantique) représentait environ 72 % de la valeur totale du poisson d'élevage, alors que les mollusques et crustacés et la truite représentaient la plus grande partie de la valeur restante (MPO, 2013b). Bien qu'elles soient importantes dans les écorégions du Pacifique et de l'Atlantique, les contributions de la pêche d'élevage sont à peu près inexistantes dans l'Arctique et ne comptent que pour très peu dans l'écorégion des Grands Lacs continentaux.

La croissance de la pêche d'élevage est attribuable à plusieurs facteurs, notamment :

- une variabilité annuelle plus faible du ratio des coûts par rapport à la production et une certitude accrue de la disponibilité, à longueur d'année, des produits sur les marchés en comparaison à la pêche sauvage de capture;
- la capacité à donner suite à une demande future accrue des marchés pour des produits de grande valeur; et
- un contrôle accru des activités, en raison de la nature privée (plutôt que commune) de la ressource (MPO, 2003).

À l'échelle mondiale, on prévoit que l'élevage d'aliments aquatiques continuera d'augmenter, en raison d'une demande accrue et de méthodes de production améliorées, et pourrait bientôt dépasser la consommation mondiale de produits provenant de la pêche commerciale de capture (figure 16; OCDE-FAO, 2011).

La pêche de subsistance, plus souvent effectuée par les peuples autochtones du Canada, représente un système économique fondé

sur des réseaux culturels et sociaux qui appuient la répartition des biens et des aliments aux fins de leur consommation par les pêcheurs, leur famille et la communauté (Berkes, 1988). La pêche de subsistance se déroule dans les quatre écorégions. Cette pêche contribue directement à la sécurité alimentaire, en fournissant du poisson à des fins de consommation, ou indirectement, en générant des revenus pour l'achat d'autres aliments (p. ex., la chasse de l'ours polaire; voir l'encadré 3 et le chapitre 7 – Santé humaine).

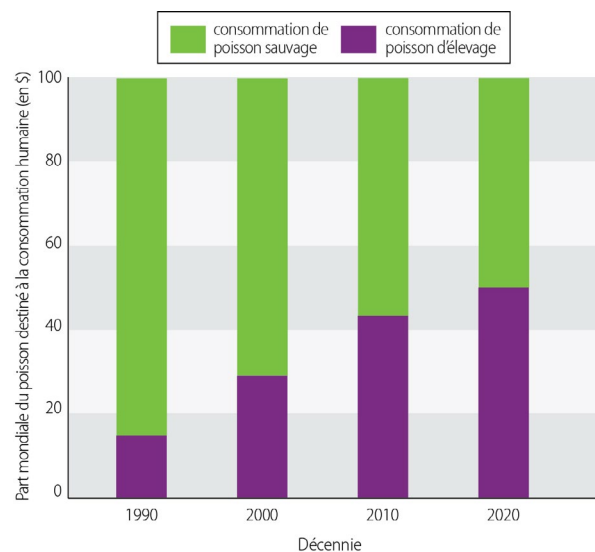


FIGURE 16 : Part mondiale du poisson destinée à la consommation humaine provenant de la capture et de l'aquaculture par décennie (extrait modifié tiré de OCDE-FAO, 2011).

Une estimation récente de la consommation de mammifères marins a placé le taux de capture dans l'Arctique canadien parmi les plus élevés au monde (plus de 1000 animaux par année), et plus de 20 espèces font l'objet de capture (Robards et Reeves, 2011). La valeur des captures, incluant plusieurs espèces de poissons et de mammifères marins dans les Territoires du Nord-Ouest et le Nunavut, était de 3,4 millions de dollars, selon un coût de remplacement de 20 \$ par kg (G.S. Gislason and Associates Ltd et Outcrop Ltd., 2002). Dans le document intitulé *Nunavut fisheries strategy* (La Stratégie des pêches du Nunavut) publié en 2005, les auteurs ont estimé le coût de remplacement de l'omble chevalier à 2,30 \$ par kg. Nous avons utilisé la moyenne de ces estimations pour représenter la valeur comparative de la pêche de subsistance et de la pêche récréative pour l'ensemble des écorégions. Les valeurs des pêches indiquées ici ne comprennent aucune évaluation culturelle ou de marché supplémentaire.

La pêche récréative est considérée comme un sport par plusieurs participants, qui conservent une partie de leurs prises aux fins de consommation. On estime que les prises conservées aux fins de consommation directe par des pêcheurs résidents étaient d'environ 57 millions de poissons (MPO, 2012c). Ces pêches génèrent aussi des recettes pour les industries connexes (camps de pêche, guides, distributeurs d'équipement, etc.; Kerr *et al.*, 2009) et sont précieuses d'un point de vue culturel et social. La pêche récréative connaît une popularité variable d'une région à l'autre et représente des dépenses annuelles de 7 à 8 milliards de dollars au Canada (MRNO, 2013b).

3.3 PRINCIPALES CONCLUSIONS TIRÉES DES ÉVALUATIONS PRÉCÉDENTES

Dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007* (Lemmen *et al.*, 2008), les auteurs concluent que les changements climatiques auront d'importantes répercussions sur l'intégrité future des écosystèmes marins et d'eau douce au pays. Selon ces conclusions :

- On prévoit que les ensembles d'espèces seront de nature plus australes, en raison des répercussions du changement de la température sur l'abondance et le rythme des principaux événements du cycle biologique.
- L'augmentation de la température aura des répercussions sur les limites de l'aire de répartition des espèces et pourrait provoquer leur disparition ou leur expansion.
- D'importants changements dans les systèmes hydrologiques du nord, notamment une diminution du pergélisol, une réduction de la durée de la glace de mer et une modification de l'épaisseur de la couverture neigeuse, auront une incidence sur la répartition et l'abondance du poisson et des mammifères marins dans l'Arctique et l'Atlantique.
- L'augmentation de l'intensité des tempêtes et des conditions météorologiques imprévisibles auront une incidence sur l'érosion côtière et le flux de sédiments, modifiant ainsi la quête de nourriture et les frayères près de la côte pour les animaux aquatiques.
- La variation de la répartition et de l'abondance des espèces pourrait encourager les pêcheurs de certains secteurs à entreprendre des activités à plus haut risque à une plus grande distance de la côte.

On prévoit que les réactions du poisson et les répercussions sur les pêches varieront en raison de différences dans l'échelle géographique et les limites physiques qui définissent les écosystèmes marins et d'eau douce. Par exemple, alors que le poisson d'eau douce connaîtra peu de changements à court terme, en raison de la fragmentation topographique des systèmes aquatiques à petite et à grande échelles, les pêches en mer du Canada ont déjà fait preuve de plusieurs changements à court terme dans la répartition et l'abondance des espèces, résultant des variations du climat océanique. En outre, des données tirées des écosystèmes de l'Arctique démontrent que des modifications du rythme et de la réussite des événements du cycle biologique (p. ex., migration, croissance, reproduction, etc.) des espèces indigènes de poisson et de mammifères marins – qui ont des liens solides avec les systèmes alimentaires régionaux et la sécurité alimentaire – sont déjà survenues en raison des changements climatiques.

Les régimes de réglementation imposent d'importantes restrictions à la pêche commerciale de capture dans toutes les régions du Canada, ce qui diminue la possibilité de s'adapter rapidement soit en pêchant de nouvelles espèces, soit en modifiant l'emplacement ou le moment de la pêche, ou encore, les méthodes de capture. De façon générale, la capacité d'adaptation du secteur dépend de l'adaptation de la gouvernance aux changements des ressources. Compte tenu des prévisions sur la modification de la disponibilité des ressources pour diverses pêches commerciales de capture, les mesures d'adaptation suggérées sont axées sur l'élaboration de stratégies visant à déterminer de nouvelles possibilités pour la pêche de capture, ou encore, à accélérer l'élaboration de possibilités pour la pêche d'élevage qui offrent un meilleur contrôle des résultats en matière de production. Des modifications à la conception et à la gestion des pêches ont été proposées comme moyens d'accroître la résilience des systèmes sociaux, économiques et dépendants des pêches aux changements climatiques.

3.4 EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES SYSTÈMES AQUATIQUES ET SUR LES PÊCHES

3.4.1. RÉPERCUSSIONS SUR LES ÉCOSYSTÈMES

Un grand nombre d'observations empiriques, ainsi qu'une modélisation des répercussions d'ordre climatique sur les écosystèmes marins (Beaugrand *et al.*, 2002; 2008; Brander, 2007; Cheung *et al.*, 2009; 2010; Blanchard *et al.*, 2012) et d'eau douce (Chu *et al.*, 2008; Minns, 2009; Sharma *et al.*, 2007; 2009) semblent indiquer que les changements dans la biodiversité et le biote, qui contribuent aux pêches à l'échelle régionale, peuvent être importants. La preuve de l'incidence des changements climatiques sur les écosystèmes aquatiques varie cependant et dépend des régions (Burrows *et al.*, 2011).

Les changements climatiques et socioéconomiques dans l'écorégion de l'Arctique canadien semblent présenter un taux sans précédent d'interconnexion (Carmack *et al.*, 2012; Wang et Overland, 2012). La perte de glace de mer dans l'Arctique aura des répercussions profondes sur l'état des habitats, la répartition des espèces et l'expansion des aires de répartition (p. ex., espèces envahissantes ou

colonisatrices) liées à la structure des écosystèmes et aux changements s'opérant au niveau de la productivité (Behrenfeld *et al.*, 2006; Grebmeier *et al.*, 2006; Meltofte, 2013).

Dans l'écorégion des Grands Lacs continentaux, des observations à l'échelle décennale d'hivers courts, de températures plus élevées dans les rivières et les lacs, de chutes de pluie et de neige plus intenses et d'une diminution de la couverture de glace sur les lacs (Environnement Canada et EPA, 2009) confirment l'existence d'un climat en évolution. Les changements climatiques semblent désavantageux pour les espèces d'eau froide de cette écorégion, mais avantageux pour les espèces d'eau chaude situées à la limite nord de leur aire de répartition, ainsi que pour les espèces exotiques déjà en place ou nouvellement arrivées. Ainsi, il est probable que l'instabilité importante de la composition des espèces dans cette écorégion se poursuivra et pourrait même s'accélérer, en raison des changements climatiques, ce qui aurait une incidence sur les écosystèmes, le poisson, les pêches et l'économie (MPO, 2012a, b; 2013c, d; Meltofte, 2013). Bien que certaines modifications causées par le climat dans les écorégions de l'Arctique et des Grands Lacs continentaux créent des possibilités pour de nouvelles pêches commerciales de capture (MacNeil *et al.*, 2010), elles menacent également la sécurité des biens alimentaires provenant de la pêche de subsistance pratiquée depuis des millénaires par les peuples autochtones (Meltofte, 2013).

En comparaison, dans les écorégions du Pacifique et de l'Atlantique, les changements dans l'état des écosystèmes marins et les captures des pêches associés à la variation du climat océanique se sont manifestés à une échelle suffisamment importante pour nuire à l'obtention de preuves claires des répercussions à long terme des changements climatiques, par rapport aux répercussions de la variation climatique (MPO, 2012a; MPO, 2013d). Par la suite, dans les écorégions de l'Atlantique et du Pacifique du Canada, les réactions du poisson et des pêches aux changements climatiques sont généralement prévues à partir de modèles conceptuels ou de simulations des conséquences de modifications persistantes de l'état, et étayées par les réactions aux variations historiques des conditions climatiques observées pendant de plus courts intervalles (Overland *et al.*, 2010).

3.4.2 RÉPERCUSSIONS SUR LE BIOTE AQUATIQUE

Les répercussions sur les écosystèmes régionaux, les pêches et les systèmes alimentaires connexes découlent de processus généraux qui comprennent : 1) des modifications de la production des écosystèmes résultant des répercussions descendantes (pêche par les humains) ou ascendantes (axées sur les prédateurs ou les nutriments) sur les réseaux trophiques (Pace *et al.*, 1999; Ware et Thomson, 2005; Frank *et al.*, 2006; Hoekman, 2010), 2) des perturbations des événements du cycle biologique provoquant un changement au niveau de la productivité ou de la répartition des principaux taxons contribuant directement aux pêches (Chavez *et al.*, 2003; Martins *et al.*, 2011) et 3) des modifications permanentes de la présence ou de l'absence d'une espèce (Perry *et al.*, 2005) liées à des changements dans les aires de répartition (c.-à-d. expansion/contraction) des espèces indigènes et exotiques envahissantes (Hellmann *et al.*, 2008; Minns, 2009).

EFFETS EN CASCADE DES MODIFICATIONS DE LA PRODUCTION DES ÉCOSYSTÈMES

L'approvisionnement des pêches provenant d'un écosystème donné est régi naturellement par le climat aquatique et les interactions entre les espèces au sein de réseaux trophiques complexes. Les modifications de ces interactions peuvent avoir une incidence sur la production des pêches (Ware et Thomson, 2005; Grebmeier *et al.*, 2006; Mandrak et Cudmore, 2010; Shackell *et al.*, 2012) et fournir une base pour les prévisions des futures modifications de la production.

Les écosystèmes aquatiques dans les zones de hautes latitudes semblent plus fortement influencés par les variations et les changements climatiques que par tout autre facteur (Meltofte, 2013). L'apport en eau douce et la chaleur des masses d'eaux marines de l'Arctique se sont accrues depuis les années 1970 et sont liés à une augmentation deux fois plus élevée de la température de l'eau provenant de l'Atlantique (Proshutinsky *et al.*, 2009), à une diminution de la salinité de la surface des océans (Polyakov *et al.*, 2008), et à une modification de la quantité et de la durée de la glace de mer estivale (Deser *et al.*, 2000; Niemi *et al.*, 2010; voir également le chapitre 2). Ces changements physiques favorisent une saison de croissance plus longue et une tendance observée de productivité accrue du plancton dans les eaux arctiques (Niemi *et al.*, 2010; Meltofte, 2013). Dans l'ouest de l'Arctique, le fait de passer de conditions arctiques à subarctiques a déjà provoqué un déplacement vers le nord de l'écosystème marin dominé par les poissons pélagiques, plus productif, qui se limitait auparavant au sud-est de la mer de Béring, et le déplacement de populations de mammifères marins et de poissons benthiques (Grebmeier *et al.*, 2006).

PERTURBATIONS DES ÉVÉNEMENTS DU CYCLE BIOLOGIQUE

Les changements climatiques pourraient avoir des répercussions biophysiques à la base des écosystèmes aquatiques ou agir de façon plus précise en exerçant une influence directe sur les principaux événements ou les principales étapes du cycle biologique d'espèces particulières, qui sont le soutien principal des pêches dans les écorégions du Canada (voir l'étude de cas 4). Les études de modélisation indiquent généralement que, dans un climat plus doux, les centres géographiques de production ou de capture des espèces de poisson importantes sur le plan commercial se déplaceraient vers le nord ou vers les côtes, offrant ainsi un accès potentiellement plus important à plusieurs espèces (p. ex., thon, maquereau) dans les eaux canadiennes (Ainsworth *et al.*, 2011).

CHANGEMENTS DANS LES AIRES DE RÉPARTITION ET INVASIONS

On observe déjà des changements dans les aires de répartition des espèces aquatiques de l'Arctique liés à des modifications de la circulation des masses d'eau dans les océans Pacifique et Atlantique (MPO, 2012a). Dans les systèmes d'eau douce situés au sud, des modèles se penchant sur l'expansion des aires de répartition d'importantes espèces pêchées semblent indiquer des résultats variables, qui sont fonction de la préférence thermique des espèces (tableau 3). Il est probable que les pertes de production causées par le climat d'espèces d'eau froide, comme le doré jaune et le touladi, qui contribuent actuellement aux principales pêches commerciales et récréatives, jumelées aux invasions ou à la production accrue d'espèces d'eau chaude de moindre valeur, comme la carpe et le poisson-chat, provoqueront plusieurs modifications des pêches de l'écorégion des Grands Lacs continentaux et des systèmes de gestion connexes (p. ex., contrôle de la lamproie).

ÉTUDE DE CAS 4

LE SAUMON DU PACIFIQUE ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Dans l'écorégion du Pacifique, des changements à l'échelle décennale dans la quantité de saumons du Pacifique disponibles reposant sur une modification du régime climatique (Mantua *et al.*, 1997; Beamish *et al.*, 1999; figure 17), sur les négociations de traités avec les Premières Nations (Brown, 2005) et sur l'apparition de l'aquaculture en tant qu'importante source d'approvisionnement (Robson, 2006), ont considérablement altéré la structure et la sécurité économique de la pêche commerciale de capture, en général, et de la pêche du saumon, en particulier (Meggs, 1991; Glavin, 1996; Brown, 2005). À partir des années 2000, une diminution spectaculaire des stocks disponibles pour les pêches, particulièrement les pêches axées sur les principales espèces de saumon, a été accompagnée d'une augmentation des tensions interculturelles (Harris, 2001), d'une instabilité dans les collectivités locales et d'une réorganisation des flottilles de pêche et des infrastructures de transformation du poisson à l'échelle de la côte (Glavin, 1996; Brown, 2005).

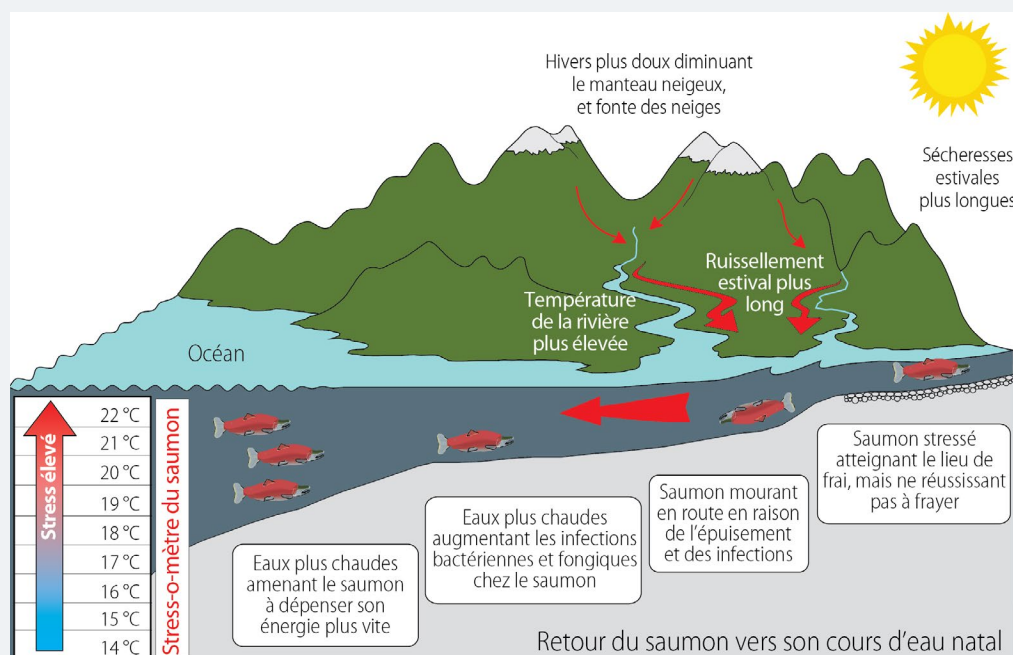


FIGURE 17 : L'incidence des changements climatiques sur les plans d'eau se répercute sur le saumon du Pacifique adulte durant son retour vers son cours d'eau natal (source : RNCAN, 2009).

En raison de l'importance régionale, culturelle et économique du saumon du Pacifique, ces espèces ont fait l'objet de recherches continues portant sur les liens entre les changements climatiques et les modifications au niveau de la production et des captures (p. ex., Beamish et Bouillon, 1993; Mantua *et al.*, 1997; Finney *et al.*, 2002; Irvine et Fukuwaka, 2011; Rogers et Schindler, 2011). Le saumon rouge, en particulier, a été le sujet de plusieurs examens importants découlant en partie de l'enquête publique (Commission Cohen, 2010 à 2012) menée à la suite de l'atteinte des écarts minimum record (2009) et maximum record (2010) de retours et de prises de poissons dans le fleuve Fraser. Les rapports techniques de l'enquête Cohen (Hinch et Martins, 2011; McKinnell *et al.*, 2011) permettent de conclure avec une certitude raisonnable que les tendances récentes en matière de changements climatiques dans les habitats dulcicoles du fleuve Fraser mènent à une diminution de la production, en raison de facteurs qui influent sur la réussite de la migration et du frai des adultes (p. ex., Cooke *et al.*, 2004; Crossin *et al.*, 2008), ainsi que sur la production de jeunes en eau douce (Peterman et Dorner, 2011). À l'opposé, bien qu'il existe de solides preuves d'une vaste diminution régionale de la production de saumon rouge du centre au sud de la côte de la Colombie-Britannique (Hyatt *et al.*, 2008) liée à des changements dans les systèmes marins (Peterman et Dorner, 2012), la tendance ne peut pas être clairement attribuée aux changements climatiques à long terme, plutôt qu'aux variations à plus court terme ayant été observées dans le passé dans ce secteur.

Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par McDaniels *et al.* (2010) en ce qui concerne la vulnérabilité accrue de la réussite de la migration, du frai et de l'incubation du saumon face aux répercussions des changements climatiques déjà observables en eau douce. De plus, les effets des changements climatiques à plus long terme, tant dans les environnements marins qu'en eau douce, s'accumuleront au fil de toutes les étapes du cycle biologique du saumon et produiront des résultats négatifs pour les populations les plus australes exposées à des environnements de plus en plus défavorables, tout en ayant des résultats neutres ou positifs en ce qui concerne les populations boréales (Healey, 2011).

On dispose de peu de renseignements sur les espèces exotiques envahissantes (EEE) et les changements climatiques dans les systèmes aquatiques du Canada (*révisés par Smith et al., 2012*). De façon générale, cependant, les réactions aux variations et aux changements climatiques diffèrent entre les systèmes marins et d'eau douce, en raison de différences au niveau des restrictions à la dispersion des espèces (Reist *et al.*, 2006), jumelées aux répercussions des espèces envahissantes sur les espèces indigènes, qui sont déjà soumises à un stress (Pimentel *et al.*, 2005). Dans l'ensemble, il est probable que les changements climatiques aggraveront les répercussions des espèces aquatiques envahissantes sur les pêches (Rahel et Olden, 2008), surtout dans les écorégions des Grands Lacs continentaux (USGS, 2012) et de l'Arctique (Cheung *et al.*, 2009; Meltofte, 2013).

3.5 RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES AQUATIQUES

3.5.1 RÉPERCUSSIONS SUR LA PÊCHE DE CAPTURE (COMMERCIALE ET RÉCRÉATIVE)

Notre compréhension de l'incidence des variations et des changements climatiques sur le poisson et les pêches se limite souvent aux prévisions modélisées pour les écosystèmes marins et d'eau douce (*voir le tableau 3*), qui ne reflètent pas les répercussions et les interactions cumulées du climat sur les captures (avec quelques exceptions, p. ex., *voir Crain et al., 2008; Halpern et al., 2008; Ainsworth et al., 2011*). Les modèles démontrent toutefois que les modifications de la biodiversité à l'échelle régionale seront probablement importantes (Cheung *et al.*, 2009, 2010; Polovina

et al., 2011; Meltofte, 2013; *voir aussi le chapitre 6 – Biodiversité et aires protégées*). Bien que les répercussions sur la biodiversité ne mèneront pas nécessairement à une biomasse plus faible ou à une diminution des espèces dans les prises régionales totales, on prévoit que les captures propres aux espèces et la composition actuelle des ensembles changeront rapidement (Overland *et al.*, 2010; Burrows *et al.*, 2011), ce qui causera une redistribution spatiale de l'ensemble des prises possibles des eaux australes jusqu'aux eaux plus boréales, et pourrait modifier les principales pêches dans les régions canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique (Cheung *et al.*, 2009, 2010; Polovina *et al.*, 2011).

Dans l'écorégion des Grands Lacs continentaux, il est possible que l'incidence cumulative des espèces exotiques envahissantes (Mandrak et Cudmore, 2010), des changements climatiques, de la croissance de la population humaine régionale et des initiatives éventuelles en matière de gestion fasse augmenter le record, à l'échelle centennale, de croissance-décroissance de production observée pour les pêches commerciales et récréatives (Pimentel *et al.*, 2005; Environnement Canada et EPA, 2009; MRNO, 2013a). Bien que les principales pêches commerciales et récréatives n'aient jamais été présentes dans l'Arctique canadien, l'expansion d'ensembles entièrement nouveaux d'espèces subarctiques à la suite du réchauffement est en cours (p. ex., saumon; Nielsen *et al.*, *sous presse*). Ainsi, de grands changements touchant les écosystèmes, les poissons et les pêches de l'Arctique semblent inévitables, et il est également probable que la production brute provenant de tout ensemble d'espèces qui pourrait faire son apparition contribuera à l'augmentation des captures des pêches en mer (Reist *et al.*, 2006). Ces ressources contribueront à l'approvisionnement alimentaire nordique et gagneront probablement en importance dans le cadre d'une gestion préventive (Stram et Evans, 2010; Meltofte, 2013), à mesure que les infrastructures requises (c.-à-d. des ports pour petits bateaux) seront mises en place.

Type d'espèces	Résultat du scénario	Références
Espèce d'eau froide : touladi	Diminution possible de 30 % à 40 % des habitats adaptés au touladi en Ontario d'ici la fin du siècle	Minns, 2009
Espèce d'eau froide : cisco	Le réchauffement pourrait faire disparaître entre 25 % et 75 % des populations de cisco	Sharma <i>et al.</i> , 2011
Espèce d'eau froide : doré jaune	Le réchauffement pourrait accroître l'habitat disponible, ce qui pourrait entraîner un déplacement vers le nord de l'emplacement de la pêche au doré jaune	Hunt et Moore, 2006
Ensemble d'espèces d'eau froide	L'aire de répartition des espèces d'eau froide pourrait être réduite à moins de 67 % des sites au sein des 43 bassins hydrographiques étudiés d'ici 2025 (pire scénario), et les répercussions les plus importantes toucheront les bassins hydrographiques les plus au sud; le réchauffement est un plus grand facteur de risque qu'un prédateur envahissant (éperlan) en ce qui concerne la disparition des habitats dans les lacs d'eau froide	Chu <i>et al.</i> , 2008 Sharma <i>et al.</i> , 2011
Espèce d'eau chaude : achigan à petite bouche	L'habitat adapté à l'achigan à petite bouche pourrait s'étendre pour inclure la majorité des lacs du Canada d'ici 2011	Sharma <i>et al.</i> , 2007
Interactions entre les invasions d'espèces	Une étendue vers le nord de l'habitat adapté à l'achigan à petite bouche pourrait faire passer à 1612 le nombre de lacs comptant des populations de truite vulnérables (augmentation de 20 %) d'ici 2050	Sharma <i>et al.</i> , 2009

TABLEAU 3 : Résultats pour les espèces de poisson d'eau douce, en fonction de divers scénarios de changements climatiques (*voir aussi Dove-Thomson et al., 2011*).

Le réchauffement de l'Arctique aura également une incidence sur les habitats dulcicoles (Minns, 2009; Sharma *et al.*, 2009), en raison de la modification de l'état des glaces des rivières et des lacs (Prowse et Brown, 2010), ce qui pourrait provoquer des pertes de production d'espèces de salmonidés emblématiques attribuables à leur dépendance à des régimes naturels de glaces hivernales (p. ex., Linnansaari et Cunjak, 2010). Les espèces arctiques endémiques normalement isolées (p. ex., ombles de fontaine, baleines, morses, ours polaires) et les pêches sont menacées de déclin de population, en raison d'un ensemble de facteurs prévus, soit les changements climatiques, les invasions d'espèces aquatiques et d'autres facteurs anthropiques (Meltofte, 2013).

Des évaluations récentes (MPO, 2012a, b, 2013c, d) semblent indiquer qu'il est peu probable que des changements draconiens se produisent dans les captures et la valeur des pêches des écorégions canadiennes au cours des dix prochaines années. Les observations ci-dessus laissent entendre que, à plus long terme, les captures des pêches regroupées du Canada augmenteront, mais que les résultats d'une réorganisation complexe des écosystèmes et des espèces dicteront la valeur économique globale, laquelle demeure très incertaine. Enfin, toute modification mentionnée précédemment des prises de la pêche commerciale de capture et des chaînes d'approvisionnement connexes pourrait influencer sur les profils de répartition ultérieurs parmi les nations (Allison *et al.*, 2009). De tels changements à l'échelle nationale ou mondiale pourraient se traduire par une modification du prix et de la valeur des pêches canadiennes et avoir une incidence sur les revenus bruts et nets provenant de la pêche et de la transformation du poisson. Des modifications des coûts opérationnels associés à plusieurs liens dans la chaîne alimentaire des pêches pourraient exiger un agrandissement ou une diminution de la taille de la flotte pour des pays comme le Canada (Sumaila *et al.*, 2011). Dans les zones de haute latitude, où les captures n'existent pas à l'heure actuelle, il existe toutefois une possibilité de gain financier pour les premiers participants se prévalant d'un accès à de nouvelles pêches (Arnason, 2007).

3.5.2 RÉPERCUSSIONS SUR LA PÊCHE D'ÉLEVAGE

Les changements climatiques risquent de toucher l'intégrité des infrastructures aquacoles (p. ex., parcs en filet, écloséries), les caractéristiques de l'habitat physique et les espèces produites. Par exemple, les lieux et les pratiques de production présenteront des sensibilités différentes à l'élévation du niveau de la mer et à l'augmentation de la gravité ou de la fréquence des tempêtes (Moore *et al.*, 2008). De façon générale, tant du point de vue de la production que de celui des infrastructures, les menaces pesant sur l'aquaculture de poissons de mer semblent moindres que celles auxquelles font face les mollusques et crustacés. Contrairement à ces derniers, le poisson d'élevage ne dépend pas de sources de nourriture produites dans l'environnement d'élevage et n'accumule pas de biotoxines ou de coliformes. Le rendement du poisson, ainsi que des mollusques et crustacés, peut cependant être touché par

des changements dans la température océanique, l'oxygène dissous, la salinité, l'acidité (voir le chapitre 2 – *Un aperçu des changements climatiques au Canada*) et la prolifération d'algues toxiques, ce qui peut mener à une perte de productivité ou à une mortalité directe (Moore *et al.*, 2008). Bien que la production de poisson d'élevage dépende actuellement de la capture de poisson-fourrage sauvage, utilisé pour produire de la farine de poisson, des analyses fondées sur des modèles indiquent que la perte de sources de farine de poisson causée par le climat est une situation qui peut être remédiée par la mise en marché de substituts novateurs de la farine de poisson (Merino *et al.*, 2010). La gouvernance et le coût dicté par la demande d'autres sources de farine de poisson joueront des rôles clés dans la production future du poisson de mer d'élevage (Merino *et al.*, 2012). Dans l'ensemble, malgré plusieurs risques possibles, l'industrie aquacole devrait être en mesure de s'adapter aux conditions changeantes, en ayant recours soit à des avancées technologiques, soit à des déménagements.

3.5.3 RÉPERCUSSIONS SUR LA PÊCHE DE SUBSISTANCE

Les aliments traditionnels fournis par l'environnement naturel demeurent un élément d'importance fondamentale pour la santé des Autochtones (Hansen *et al.*, 2008; Wheeler *et al.*, 2010). Les changements climatiques causeront probablement des changements rapides dans les habitudes migratoires, les aires de répartition et la productivité des animaux, ce qui pourrait compromettre l'accès à un approvisionnement alimentaire fiable (voir l'encadré 3 et le chapitre 7 – *Santé humaine*). Ces répercussions risquent de rendre plus aigu le sentiment d'insécurité alimentaire, en ce qui a trait à la pêche de subsistance traditionnelle, dans certaines régions. Cela se fera particulièrement sentir dans les situations où d'autres facteurs imposent des limites à la pêche de subsistance, comme les politiques en matière de quotas de pêche dans le Pacifique (Harris, 2001), et dans les endroits où la variabilité et le changement du climat ont déjà eu des répercussions (p. ex., dans l'Arctique; Lemmen *et al.*, 2008).

ENCADRÉ 3

APPROVISIONNEMENT ALIMENTAIRE NON COMMERCIAL

Des températures plus élevées et un changement dans les précipitations touchent déjà les collectivités et les environnements ruraux et éloignés (Lemmen *et al.*, 2008; A Northern Vision, 2011). Les principaux événements du cycle biologique des mammifères marins adaptés au froid se trouvant en haut des chaînes alimentaires arctiques, et dont l'importance au niveau des chaînes d'approvisionnement régionales est reconnue, semblent maintenant de plus en plus vulnérables aux répercussions des changements climatiques et à l'augmentation possible de l'activité humaine dans le Nord (Niemi *et al.*, 2010; Melfoite, 2013). Au sujet des répercussions observées, dont la pertinence en matière de systèmes alimentaires et de sécurité est reconnue, les auteurs de Lemmen *et al.* (2008) et A Northern Vision (2011) ont noté que :

- Les routes de glace hivernales connaissent des saisons plus courtes, leur entretien coûte plus cher et elles doivent être remplacées par des solutions plus coûteuses de transport des aliments.
- Le pergélisol se dégrade, ce qui touche l'intégrité des infrastructures de livraison des aliments.
- La glace de mer dans l'Arctique s'amincit et menace les mammifères océaniques et la chasse, tandis qu'on prévoit une augmentation possible de la navigation, du tourisme, de l'exploitation des ressources et des activités industrielles.
- Les habitudes migratoires de la faune évoluent et modifient ainsi la disponibilité des aliments traditionnels (*voir le chapitre 6 – Biodiversité et aires protégées*).
- La variabilité météorologique et les conditions extrêmes augmentent et apportent des modifications au niveau de la chasse et des routes de transport, et contribuent ainsi à accroître les dangers liés au fait de se trouver dans la nature ou sur l'eau.
- Les sources alimentaires traditionnelles sont plus difficiles à trouver, puisque les espèces se déplacent ou disparaissent de la région.
- Les forêts sont plus vulnérables aux ravageurs et aux feux de forêt, ce qui se répercute sur les écosystèmes des sources alimentaires traditionnelles (*voir le chapitre 3 – Ressources naturelles*).
- L'érosion de la ligne de côte et les ondes de tempête endommagent les infrastructures et les routes d'approvisionnement.
- Un accès portuaire accru, en raison d'une diminution de la glace de mer, pourrait modifier les styles de vie traditionnels, en raison de l'arrivée de nouveaux ravageurs, de nouvelles maladies et d'aliments moins sains.
- À court terme, la fonte des glaciers provoquera des inondations et leur disparition pourrait, à long terme, mener à des sécheresses.

Les effets continus des changements climatiques pourraient rendre les collectivités nordiques et éloignées du Canada plus vulnérables aux problèmes de sécurité alimentaire. Les terres d'origine, la culture, le savoir traditionnel et les terrains de chasse des peuples autochtones nordiques pourraient être directement touchés. Par ailleurs, bon nombre de ces communautés dépendent des aliments prélevés dans la nature tels la viande sauvage, le poisson, les oiseaux, les baies et d'autres plantes, lesquels sont tous sensibles au changement du climat. Par exemple, les caribous de la toundra du nord du Canada se déplacent sur de grandes distances entre les terrains hivernaux, les terrains de mise bas et les secteurs où ils sont à l'abri des insectes, et ils refont ce trajet chaque année. Les caribous font maintenant face à une neige plus profonde et plus lourde et semblent s'éloigner des terrains de chasse traditionnels. Les changements climatiques pourraient également entraîner une diminution ou une perte de zones humides, comme les marécages et les marais, qui sont des zones importantes pour la nidification et l'alimentation de nombreux oiseaux migrateurs, et pourrait diminuer le nombre d'oiseaux (Meakin et Kurvits, 2009; *voir aussi le chapitre 6 – Biodiversité et aires protégées*).

Les répercussions sur la chaîne alimentaire marine de l'Arctique dépendront des emplacements. Si des températures plus chaudes touchent une partie de la chaîne, elles pourraient avoir des répercussions sur tout l'écosystème marin. Par exemple, comme la glace de mer fond plus tôt au printemps et que les limites de la banquise s'éloignent de la terre, les ours polaires ont plus de difficulté à atteindre les phoques nécessaires à leur survie et les chasseurs ont besoin de plus de ressources pour parvenir à des terrains de chasse plus éloignés (Ford, 2009).

Bien que les sols et les conditions climatiques nordiques soient grandement inadaptés à la production agricole, certaines zones présentent une capacité agricole modérée. Une saison de croissance plus longue permettrait la culture d'une plus vaste diversité de cultures et des récoltes plus importantes; les tendances futures en matière de précipitations pourraient toutefois restreindre ce potentiel (Ogden et Johnson, 2002). En outre, une saison de croissance plus longue pourrait provoquer un déplacement vers le nord d'aliments végétaux comestibles, d'animaux qui consomment ces aliments et de leurs prédateurs. Bien que cela puisse accroître l'accès aux aliments prélevés dans la nature, une modification des biomes pourrait aussi occasionner l'apparition ou le renforcement de nouvelles maladies et de nouveaux ravageurs touchant les humains, la flore et la faune (A Northern Vision, 2011).

La planification en vue des changements climatiques est un exercice important qui tire profit d'activités de planification à grande échelle, comme *La Stratégie d'adaptation panterritoriale : agir ensemble pour s'adapter au changement climatique dans le Nord canadien* (A Northern Vision, 2011), qui propose une approche prônant la mise en œuvre de mesures de nature collaborative dans les trois territoires, tout en appuyant des initiatives propres à un territoire afin de répondre à des défis particuliers. On souhaite, par exemple, remplacer les aliments « du commerce » pauvres en nutriments et à haute teneur en sucre et en gras, qui contribuent à l'augmentation des taux d'obésité et de diabète, par des aliments traditionnels et prélevés dans la nature (Kuhnlein et Receveur, 2007). On envisage également d'examiner d'autres sources, comme les serres et l'agriculture, afin de compléter l'approvisionnement alimentaire (A Northern Vision, 2011).

3.6 MESURES D'ADAPTATION

3.6.1 VULNÉRABILITÉ ET ADAPTABILITÉ DES COMMUNAUTÉS DE PÊCHEURS

On prévoit que les changements climatiques continus provoqueront des changements dans la structure et la productivité de l'écosystème aquatique, ce qui causera des modifications dans la quantité, la qualité et la composition des espèces de poisson entrant dans les chaînes d'approvisionnement alimentaire des quatre principales écorégions de pêche du Canada. Selon la résilience des chaînes d'approvisionnement régionales, diverses mesures d'adaptation seront requises en vue de réduire la vulnérabilité et maximiser les possibilités. Lorsqu'on le compare aux pays en développement qui dépendent grandement du poisson pour l'alimentation locale, le Canada démontre une faible vulnérabilité aux répercussions des changements climatiques sur sa chaîne d'approvisionnement provenant des pêches regroupées (Allison *et al.*, 2009). Les statistiques compilées dissimulent souvent, cependant, des différences à plus petite échelle quant à la vulnérabilité du système alimentaire ou aux niveaux de résilience associés à l'ensemble des pêches culturellement ou économiquement importantes. Dans une chaîne d'approvisionnement disposant d'une faible capacité d'adaptation, les conséquences socioculturelles, surtout en matière de sécurité alimentaire des plus vulnérables, peuvent provenir de petites perturbations (Thompson et Scoones, 2009). En comparaison, la perturbation des chaînes d'approvisionnement plus résilientes pourrait créer des possibilités, des innovations et de nouvelles voies de développement (Thompson et Scoones, 2009). On peut étudier les réactions historiques des pêches et des communautés de pêcheurs aux variations dans l'approvisionnement pour préciser les origines et la nature de la vulnérabilité ou de la résilience dont font preuve la pêche de subsistance, la pêche sauvage de capture et la pêche d'élevage.

3.6.2 PÊCHE DE SUBSISTANCE

La pêche de subsistance, surtout celle pratiquée par les peuples autochtones dans les collectivités éloignées des écorégions canadiennes de l'Arctique et du Pacifique, joue un rôle d'une importance majeure pour la culture locale. Depuis plus d'un siècle, elle se trouve au centre des conflits interculturels sur les pêches qui surviennent en Colombie-Britannique (voir Harris, 2001, 2008). De même, le droit de pêcher des espèces traditionnelles pour répondre aux besoins alimentaires, sociétaux et culturels est un élément clé des traités modernes conclus entre le gouvernement du Canada et des groupes autochtones répartis du Yukon à l'est de l'Arctique (voir Harris et Millerd, 2010, en révision). Ainsi, pour les peuples autochtones canadiens, il est extrêmement important de maintenir la sécurité de l'approvisionnement relatif à la pêche des espèces traditionnelles. Puisqu'il est probable que des changements causés par le climat entraîneront des modifications au niveau de la prise et de la composition des espèces hors de leur aire de répartition historique (voir la section 3.4) dans les écosystèmes marins et

d'eau douce, il semble que la pêche de subsistance traditionnelle pratiquée à des emplacements ou à des moments fixes se retrouvera ainsi très vulnérable. Sa capacité d'adaptation pourrait être insuffisante pour maintenir la pêche habituelle dans les cas où les espèces visées seraient beaucoup moins nombreuses ou éliminées par les changements climatiques. Cela s'applique particulièrement dans le cas des espèces anadromes et des eaux intérieures.

3.6.3 PÊCHE COMMERCIALE DE CAPTURE

La pêche commerciale de capture et les communautés qui en dépendent dans les écorégions canadiennes de l'Atlantique, du Pacifique et des Grands Lacs continentaux ont toutes récemment connu des changements à l'échelle décennale en matière de répartition, d'abondance et de capture des espèces historiquement dominantes exploitées par les pêches. Bien que ces changements ne puissent être imputés uniquement aux changements climatiques, ils fournissent des renseignements utiles sur la vulnérabilité relative et la capacité d'adaptation des communautés dépendant de la pêche lorsqu'elles sont soumises à un stress. En ce qui concerne les communautés présentant un haut degré de dépendance économique à la pêche, les changements les plus significatifs se sont produits dans l'Atlantique (voir l'étude de cas 5), bien qu'ils aient tout de même été importants dans les écorégions du Pacifique et des Grands Lacs continentaux. Les coûts et les avantages de ces changements ont été répartis de façon inégale et le rétablissement économique des communautés semble être étroitement lié à leur bien-être économique initial (Murray *et al.*, 2005).

Des régimes climatiques variables conjugués à des vagues continues d'invasions d'espèces exotiques ont également eu de graves répercussions sur la pêche récréative et la pêche commerciale de capture dans l'écorégion canadienne des Grands Lacs continentaux. Bien que ces changements aient été accompagnés d'importantes pertes économiques (Pimentel *et al.*, 2005), les deux types de pêche de cette écorégion semblent s'être au moins partiellement adaptés à la diminution des prises d'espèces indigènes (p. ex., touladi, corégone) grâce à une pêche accrue d'espèces exotiques (p. ex., éperlan, saumon du Pacifique). De plus, la dépendance relativement faible aux pêches de la plupart des collectivités locales de cette région, afin d'assurer la sécurité de leur système alimentaire, indique que ces dernières sont moins vulnérables aux répercussions du climat sur les chaînes d'approvisionnement de la pêche.

3.6.4 PÊCHE D'ÉLEVAGE

L'absence relative de contrôle sur la base de la production naturelle qui soutient la pêche « sauvage », par rapport à des niveaux accrus de contrôle associés à une pêche d'élevage intensive, est susceptible de prendre de plus en plus d'importance, en raison des changements climatiques futurs. L'utilisation d'extrapolations des changements climatiques aux fins d'ajustement du moment de la production, de l'emplacement des opérations ou du choix des espèces d'élevage, offre un avantage à la pêche d'élevage qui n'est pas facilement réalisable pour d'autres chaînes d'approvisionnement

(Barange et Perry, 2009). Ainsi, bien que la pêche d'élevage connaisse tout de même des problèmes (p. ex., voir CCRHP, 2003; Robson, 2006), elle présente clairement une vulnérabilité moindre et une plus grande capacité d'adaptation aux changements des conditions environnementales, notamment les futurs changements climatiques, que la pêche de subsistance ou la pêche commerciale de capture. La survie de tous les types de pêche nécessitera malgré tout la mise en place de mécanismes institutionnels adéquats pour faire face aux répercussions des changements climatiques.

3.6.5 MESURES D'ADAPTATION DES INSTITUTIONS

Les changements technologiques, comportementaux et culturels à divers niveaux de la chaîne d'approvisionnement alimentaire des pêches sont des mesures d'adaptation aux répercussions des variations et des changements climatiques (voir l'étude de cas 5). Tous ces changements comportent toutefois une interaction et une interdépendance avec les cadres réglementaires et stratégiques de Pêches et Océans Canada (MPO) ou de ses délégués (c.-à-d. organismes provinciaux, conseils de gestion des ressources). Il existe plusieurs grandes catégories d'activités qui, ensemble, peuvent être considérées comme comprenant un type d'infrastructure institutionnelle « souple » sur lequel les changements climatiques auront une incidence et duquel proviendront des mesures d'adaptation générales (tableau 4).

La section sur les pêches du présent chapitre était principalement axée sur les variations causées par le climat en matière de production alimentaire et sur les conséquences pour les prises, en tant que fondement de tous les éléments suivants du système alimentaire des pêches (p. ex., transformation, distribution, échange et commercialisation, consommation). Bien que cette orientation ait nuit à l'évaluation des changements climatiques et des mesures d'adaptation pour l'ensemble des chaînes d'approvisionnement alimentaire aquatiques, il est néanmoins important de reconnaître l'importance de ces changements. Ainsi, suit une étude de cas sur les interactions entre les changements dans les systèmes naturels et humains liés à la production et à l'utilisation de la morue du Nord, afin d'illustrer d'importantes interactions documentées entre plusieurs éléments d'une chaîne d'approvisionnement alimentaire régionale (voir l'étude de cas 5).

3.7 RÉSUMÉ

La réaction du poisson telle que mesurée en fonction des tendances historiques liées aux répercussions de la variation du climat sur la pêche commerciale de capture, semble indiquer que les systèmes alimentaires de la pêche du Canada, dans l'ensemble, font preuve d'une vulnérabilité modérée et d'une grande capacité d'adaptation aux changements climatiques. À l'avenir, cette pêche continuera probablement de capturer une diversité d'espèces qui approvisionnent les chaînes alimentaires à l'échelle locale et mondiale. Cette situation dissimule toutefois la gamme de vulnérabilités démontrées par la pêche de subsistance traditionnelle rurale (grande vulnérabilité), la pêche récréative et la pêche commerciale de capture à petite échelle (vulnérabilité modérée), et la pêche d'élevage (faible vulnérabilité) face aux risques posés par les changements climatiques.

Élément de l'infrastructure institutionnelle	Mesure d'adaptation générale
Délivrance de permis	Moment, emplacement et quantité pêchée indiqués sur le permis qui varient afin de conserver des pêches durables
Gestion des pêches	Investissements variés dans la surveillance et l'évaluation de l'état des stocks et des conditions environnementales en vue de garantir une gestion efficace des pêches actuelles
Recherche sur les pêches et gestion de l'habitat	Investissements variés dans les nouvelles activités scientifiques dans le but de soutenir les systèmes actuels et nouveaux de gestion de la pêche de capture et de la pêche d'élevage
Conservation des espèces en péril	Réglementation des systèmes de gestion des pêches et de l'habitat afin de contrôler les risques de disparition des espèces en voie de disparition
Négociation et maintien des traités	Modification des nouvelles dispositions ou des dispositions actuelles des traités pour s'adapter aux répercussions des changements climatiques, lorsque les risques liés aux changements climatiques le justifient

TABLEAU 4 : Principales mesures d'adaptation institutionnelles par élément d'infrastructure institutionnelle.

CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCOSYSTÉMIQUES ET RÉPERCUSSIONS SUR LES CHAÎNES D'APPROVISIONNEMENT EN PRODUITS DE LA MER DU NORD DU GOLFE, ET HABITUDES ALIMENTAIRES À TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

Pendant près de trois siècles, la pêche de la morue était le soutien principal des collectivités côtières de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.). Depuis le tout début, la morue (figure 18) était un aliment essentiel et un important produit d'exportation pour l'économie de l'est du Canada. Les habitudes alimentaires traditionnelles terre-neuviennes ont évolué rapidement avec l'arrivée des biens et services modernes à la suite de l'entrée de la province dans la Confédération canadienne, à la fin des années 1940, et de l'élargissement de sa compétence touchant les ressources marines dans la zone économique exclusive, dans les années 1970. La production de produits de la mer transformés est passée de la production traditionnelle à petite échelle dans les années 1950 à la production industrielle dans les années 1980 (Sinclair, 1985; Wright, 2001). Au début des années 1990, plusieurs stocks de morue des T.-N.-L. ont fait l'objet d'un moratoire, en raison d'un grave déclin des ressources causé à la fois par la surpêche et les changements environnementaux (Hutchings et Myers, 1994; Rice *et al.*, 2003). La pêche de la morue dans le nord du golfe fait l'objet d'une étude de cas visant à explorer les liens possibles entre les changements environnementaux et écosystémiques et la production de produits de la mer, la sécurité alimentaire et les habitudes alimentaires. Le stock de morue du nord du golfe migre dans les eaux du golfe du Saint-Laurent baignant les côtes de Terre-Neuve-et-Labrador et du Québec.

Les pêches « possibles » et « réalisées » sont le produit d'une chaîne comportant trois étapes : 1) écosystèmes marins, 2) activités de pêche et 3) activités suivant la pêche (transformation, commercialisation et consommation). Les possibilités qu'offre la chaîne relative au poisson peuvent servir d'occasions pour



FIGURE 18 : Un pêcheur qui filete une morue à Terre-Neuve.

améliorer les liens institutionnels en matière de conservation de la biodiversité, de durabilité des ressources et du bien-être de la communauté ainsi que, en raison des changements climatiques à venir, de capacité d'adaptation nécessaire pour gérer ces répercussions.

Écosystèmes marins

À l'instar des importants stocks de poisson de mer, la morue du nord du golfe effectue de considérables migrations afin de se reproduire et de se nourrir; ces migrations sont liées aux habitats essentiels, aux changements de température et à la disponibilité des aliments (Yvelin *et al.*, 2005). La géographie et les complexités biophysiques de la région, caractérisée par la présence de systèmes de fjords arctiques, signifient que tout léger changement environnemental causé par la température, le ruissellement, les masses d'eau ou les courants océaniques se répercute sur la couche intermédiaire froide et la température de la surface de la mer, ayant ainsi des répercussions sur la production de zooplancton, la dispersion des larves et la biomasse du stock (Frechet, 1990; Quinjon et Snelgrove, 2005; Galbraith, 2006; Galbraith *et al.*, 2012). On a trouvé que des températures plus froides et des

changements dans les conditions océanographiques avaient eu des répercussions sur le taux de reproduction des populations de morue, répercussions d'ailleurs responsables du déclin des populations vers le milieu des années 1980 (MPO, 2010). Une incidence semblable de la température a été associée aux déclinés des années 2003 et 2008 dans les pêches du nord du golfe (MPO, 2010). Une modification de la circulation océanique entre les années 1930 et 1980 a aggravé l'hypoxie découverte dans les chenaux profonds (Gilbert *et al.*, 2005), au point où les eaux estuariennes les plus profondes sont devenues pratiquement inutilisables pour la morue (Plante *et al.*, 1998). Cette situation semble avoir contribué à une réduction du taux de productivité du stock de morue dans le nord du golfe (Chabot, 2004). Le taux de mortalité de la morue était également élevé, en raison de la prédation par les phoques et de l'exploitation intense pratiquée par les pêches (MPO, 2010). Ces changements à l'étape préalable à la capture ont touché la structure et la fonction de l'écosystème et les relations prédateur-proie, en plus d'avoir des répercussions sur l'allocation des quotas de prises pour la pêche commerciale et la pêche récréative à des fins alimentaires de la morue.

Activités de pêche

En plus de la variabilité du climat, l'effondrement du stock a été attribué à plusieurs facteurs, notamment des stratégies de gestion inefficaces, la pêche illégale et non déclarée, qui se répercute sur l'évaluation du stock, et la surpêche étrangère (Bavington, 2010). La biomasse du stock reproducteur a chuté graduellement de sommets historiques de 378 000 tonnes au milieu des années 1980 jusqu'à 9000 tonnes en 1993, suscitant ainsi le recours à un moratoire complet sur la pêche commerciale de 1994 à 1996 et en 2003 (MPO, 2010). Par conséquent, les activités de toutes les flottilles de pêche étrangères et de la plupart des flottilles nationales ont été suspendues, et les prises totales en 2010 se situaient à tout juste 2 % des niveaux historiques.

L'effondrement de la pêche de la morue a aussi mené à la mise en place de nouvelles règles concernant l'accès et la répartition des produits de la mer locaux, comme le démontre la *Loi de 1997 sur la professionnalisation*. Les limites imposées à la pêche de subsistance de la morue ont compromis l'accès et le choix des communautés au type de protéines consommées. Ces modifications des politiques ont soulevé des préoccupations quant à la sécurité alimentaire et à la viabilité des collectivités dépendant de la pêche (Lowitt, 2011).

Vingt ans après le moratoire, le stock de morue ne s'est pas régénéré (Khan, 2011). La pêche commerciale et la pêche à des fins alimentaires disposent de petits quotas. Certains ménages ont accès à la morue et à d'autres produits de la mer grâce à la pêche récréative. Pour la région dans son ensemble,

Étude de cas 5 suite à la page suivante

environ 161 tonnes de morue ont été capturées en 2006 dans le cadre de la pêche récréative à des fins alimentaires, par rapport à 1742 tonnes pour la pêche commerciale de capture (MPO, 2007, 2010). Alors que la pêche sauvage a décliné et est demeurée en état d'effondrement, l'aquaculture a augmenté de 150 % depuis le moratoire (MPO, 2011). Pendant la même période, on a remarqué des modifications dans la structure de l'écosystème et les espèces ciblées, qui sont passées du poisson de fond à la pêche coquillière, encore plus lucrative (Savenkoff *et al.*, 2007). Dans l'ensemble, en 2010, la pêche coquillière représentait 60 % des quantités totales débarquées et 84 % de la valeur au débarquement de toutes les pêches de capture à Terre-Neuve-et-Labrador (Ministère des Pêches et de l'Aquaculture, 2011). On a toutefois rapporté récemment que des eaux plus chaudes avaient une incidence sur la mue des mollusques et crustacés tel le crabe (MPO, 2008; Vasseur et Catto, 2008). De telles répercussions de la variabilité du climat sur les ressources de crabe ont mené à des mesures de gestion qui restreignent la pêche à certaines grilles géographiques, afin de protéger les espèces à « carapace molle ». Ces mesures de gestion ont des conséquences sur les stratégies de pêche et les revenus provenant des activités de la pêche coquillière, surtout si ces conditions perdurent (Schrank, 2005; MPO, 2008).

Activités suivant la pêche (transformation, commercialisation et consommation)

Les réseaux de transformation et de distribution ont aussi été transformés à la suite de l'effondrement, afin de répondre aux besoins des consommateurs et de maintenir la certification. Les canaux de commercialisation et de distribution des produits de la mer sont passés d'un marché majoritairement américain dans la période précédant l'effondrement à de nouveaux marchés mondiaux à la suite de l'effondrement. Ces modifications au sein de la chaîne d'approvisionnement alimentaire des pêches, à diverses échelles spatiales, ont provoqué une transformation sociale et économique considérable dans les régions côtières quant aux possibilités de survie des communautés, aux moyens de subsistance, ainsi qu'à l'accès aux produits de la mer locaux (Ommer *et al.*, 2007).

L'effet en cascade des changements dans les écosystèmes marins qui touchent les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire se manifeste clairement dans toute la chaîne d'approvisionnement alimentaire de la pêche, de « l'océan à l'assiette ». Les conclusions de deux études récentes révèlent que la consommation de produits de la mer diminue à Terre-Neuve (Solberg *et al.*, 2007; Lowitt, 2011). Les études démontrent que la consommation de crevettes s'est accrue, et il pourrait s'agir de l'une des mesures d'adaptation appliquées par les ménages locaux à leur régime alimentaire à la suite du changement dans la structure de l'écosystème. Étant donné sa prédominance dans les habitudes alimentaires traditionnelles, la morue demeure toutefois de loin le type de produit de la mer le plus consommé. Dans l'étude de 2011, 81 % des ménages ont dit manger de la morue « souvent » par rapport à 31 % pour les crevettes, 27 % pour le homard et 17 % pour le crabe (Lowitt, 2011).

Une diminution de la consommation de produits de la mer pourrait être la conséquence de quotas commerciaux plus bas et d'une baisse des activités de pêche récréative et de subsistance, jumelés à des règlements plus sévères concernant l'accès aux produits de la mer locaux, le tout pouvant contribuer à une réduction de la quantité de poisson débarqué mis à la disposition des populations locales aux fins de consommation. Selon une étude provinciale, le taux de participation à la pêche récréative à des fins alimentaires se situe également parmi les plus faibles (MPO, 2007), ce qui reflète les changements environnementaux et les répercussions sur les stocks de morue. Par ailleurs, dans le cas de plusieurs espèces, les saisons de pêche raccourcies font que l'achat de produits de la mer locaux n'est possible que pendant un plus petit nombre de mois au cours de l'année.

Mécanismes d'adaptation et interventions des institutions

Les changements qui se sont opérés au niveau des écosystèmes, les pêches ciblées et les interventions des institutions ont eu des répercussions sur la sécurité alimentaire des collectivités côtières pour qui les produits de la mer sont, depuis toujours, un élément important de leur régime alimentaire. Les gestionnaires des systèmes alimentaires s'intéressent de plus en plus à d'autres secteurs stratégiques – notamment la santé et l'environnement – en vue d'en améliorer la capacité à s'adapter aux défis liés à l'environnement et aux ressources (MacRae, 2011).

La capacité d'adaptation des communautés aux changements environnementaux et écosystémiques, notamment les changements dans les systèmes alimentaires, peut être améliorée grâce à des ententes de gouvernance multipartites qui mettent l'accent sur l'autonomisation des collectivités et la responsabilité partagée. Une meilleure compréhension des interactions entre les facteurs sociaux et économiques et la variabilité du climat et les changements écosystémiques permettra d'apporter des améliorations aux institutions et à la capacité de gouvernance adaptative, de façon à ce qu'elles soient plus en mesure de faire face aux conséquences de la variabilité et des changements climatiques.

4. CONCLUSIONS ET PROCHAINES ÉTAPES

La production d'aliments couvre une vaste gamme d'activités comprenant l'agriculture, la pêche et l'approvisionnement alimentaire non commercial. Alors que d'autres études continueront d'améliorer le processus décisionnel en matière d'adaptation, les mesures d'adaptation continueront de progresser afin d'accroître la résilience à la variabilité des conditions météorologiques, à court terme, et du climat, à long terme. La capacité du secteur alimentaire à augmenter sa valeur de marché dépendra de sa capacité à s'adapter aux nouvelles conditions engendrées par les changements climatiques et les conditions

géopolitiques en évolution. Un environnement complexe, caractérisé par une rapide évolution, requiert un secteur alimentaire flexible et adaptable. L'adaptabilité des secteurs abordés dans le présent chapitre est manifeste et confirmée par des exemples d'adaptation antérieure (p. ex., sécheresse dans les Prairies, déclin de la morue dans le Canada atlantique), d'initiatives actuelles (p. ex., modification des types de cultures, pêche de nouvelles espèces) et de planification (p. ex., assurance contre les pertes lors des épidémies de fièvre catarrhale du mouton, Stratégie d'adaptation panterritoriale).

RÉFÉRENCES

- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Les produits canadiens de l'érable – situation et tendances en 2006-2007*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2007.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Vue d'ensemble du système agricole et agroalimentaire canadien 2011*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, publication 11279F, 2011.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Scénario de changement climatique (cartes)*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2012a, <www.agr.gc.ca/ccscenarios>.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Service d'exportation agroalimentaire (fiches de renseignements)*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2012b, <http://www.ats-sea.agr.gc.ca/stats/4679-fra.htm>.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Service d'exportation agroalimentaire, faits saillants sur le commerce canadien*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2012c, <http://www.ats-sea.agr.gc.ca/stats/6044-fra.htm>.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Poissons et fruits de mer – survol de l'industrie*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2012d, <http://www.ats-sea.agr.gc.ca/sea-mer/ind-fra.htm>.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Vue d'ensemble du système agricole et agroalimentaire canadien 2012*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, publication 11660F, 2012e.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Indicateurs agroenvironnementaux*, Agriculture et Agroalimentaire Canada 2013, <http://atlas.agr.gc.ca/agmaf/index_eng.html#context=aei-iae_fr.xml&extent=-2844971.487858,-396180.6385393,3372733.487858,3565952.6385393&layers=place37M,place25M,place15M,place5M,place1M,place500K,place250-K,rivers25M,rivers15M,rivers5M,rivers1M,rivers500K,lakes37M,lakes25M,lakes15M,lakes5M,lakes1M,lakes500K,Roads25M,Roads15M,Roads5M,Roads1M,Roads500K,ferry500K,bndy5-37M,bndy1M,BndyLn1-5M;slc30AgExtents;>.
- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada). *Rapport ministériel sur le rendement 2012-2013*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2014, <http://www.agr.gc.ca/fra/rapport-ministeriel-sur-le-rendement-2012-2013/?id=1380233567058>.
- ACIA (Agence canadienne d'inspection des aliments). *Fiche de renseignements – Fièvre catarrhale du mouton*, Agence canadienne d'inspection des aliments, 2011, <http://www.inspection.gc.ca/animaux/animaux-terrestres/maladies/declaration-obligatoire/fevre-catarrhale-du-mouton/fiche-de-renseignements/fra/1306116803992/1306121522520>.
- Ainsworth, C.H., J.F. Samhour, D.S. Busch, W.W.L. Cheung, J. Dunne et T.A. Okey. « Potential impacts of climate change on Northeast Pacific marine foodwebs and fisheries », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, n° 6, 2011, pp. 1217-1229.
- Allison, E.H., A.L. Perry, M.-C. Badjeck, W.N. Adger, K. Brown, D. Conway, A.S. Halls, G.M. Pilling, J.D. Reynolds, N.L. Andrew et N.K. Dulvy. « Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries », *Fish and Fisheries*, vol. 10, n° 2, 2009, pp.173-196.
- Almaraz, J.J., F. Maboood, X. Zhou, E.G. Gregorich et D.L. Smith. « Climate change, weather variability and corn yield at a higher latitude locale: southwestern Quebec », *Climatic Change*, vol. 88, 2008, pp. 187-197.
- Almaraz, J.J., F. Maboood, X. Zhou, I. Strachan, B. Me et D.L. Smith. « Performance of agricultural systems under contrasting growing season conditions in south-western Quebec », *Journal of Agronomy and Crop Science*, vol. 195, 2009, pp. 319-327.
- A Northern Vision (2011): Pan-Territorial adaptation strategy: moving forward on climate change adaptation in Canada's North, <www.anorthernvision.ca/strategy>.
- ARC (Agence du revenu du Canada). *Agence du revenu du Canada, guide T4003, Revenus d'agriculture*, Agence du revenu du Canada, 2011, <http://www.cra-arc.gc.ca/tx/bsnss/sgmnts/frmng/menu-fra.html>.
- Arnason, R. « Climate change and fisheries: assessing the economic impact in Iceland and Greenland », *Natural Resource Modeling*, vol. 20, n° 2, 2007, pp. 163-197.
- Aurambout, J.P., F. Constable, K. Finlay, J. Luck et V. Sposito. *The impacts of climate change on plant biosecurity*, Victorian Government Department of Primary Industries, Landscape Systems Science and Primary Industries Research, Victoria, 2006, 42 p.
- Aurambout, J.P., K. Finlay, J. Luck et G. Beattie. « A concept model to estimate the potential of the Asiatic citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change – a means for assessing biosecurity risk », *Ecological Modelling*, vol. 220, 2009, pp. 2512-2524.
- Axelson, J.N., D.J. Sauchyn et J. Barichivich. « New reconstructions of streamflow variability in the South Saskatchewan River Basin from a network of tree ring chronologies, Alberta, Canada », *Water Resources Research*, vol. 45, WO9422, 2009, 10 p.
- Baker, R., C. Sansford, C. Jarvis, R. Cannon, A. MacLeod et K. Walters. « The role of climatic mapping in predicting the potential geographical distribution of non-indigenous pests under current and future climates », *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 82, 2000, pp. 57-71.
- Barange, M. et R.I. Perry. « Physical and ecological impacts of climate change relevant to marine and inland capture fisheries and aquaculture », dans *Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge*, K. Cochrane, C. De Young, D. Soto et T. Bahri (éd.), FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n° 530, Rome, FAO, 2009, 212 p.
- Batie, S.S. « Wicked problems and applied economics », *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 90, n° 5, 2008, pp. 1176-1191.
- Bavington, D. *Managed annihilation: an unnatural history of the Newfoundland cod collapse*, UBC Press, Vancouver, 2010.
- Beamish, R.J. et D.R. Bouillon. « Pacific salmon production trends in relation to climate », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 50, n° 5, 1993, pp. 1002-1016.
- Beamish, R.J., D.J. Noakes, G.A. McFarlane, L. Klyashtorin, V.V. Ivanov et V. Kurashov. « The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 56, n° 3, 1999, pp. 516-526.
- Beaugrand, G., M. Edwards, K. Brander, C. Luczak et F. Ibanez. « Causes and projections of abrupt climate-driven ecosystem shifts in the North Atlantic », *Ecology Letters*, vol. 11, 2008, pp. 1157-1168.
- Beaugrand, G., P.C. Reid, F. Ibanez, J.A. Lindley et M. Edwards. « Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate », *Science*, vol. 296, n° 5573, 2002, pp. 1692-1694.
- Behrenfeld, M.J., R.T. O'Malley, D.A. Siegel, C.R. McClain, J.L. Sarmiento, G.C. Feldman, A.J. Milligan, P.G. Falkowski, R.M. Letelier et E.S. Boss. « Climate-driven trends in contemporary ocean productivity », *Nature*, vol. 444, n° 7120, 2006, pp. 752-755.
- Berkes, F. « Subsistence fishing in Canada: a note on terminology », *ARCTIC*, vol. 41, 1988, pp. 319-320.
- Bertrand, A., J. Bourassa, G. Bélanger, D. Mongrain, G. Tremblay et Y. Castonguay. « Les hausses de températures et du CO₂ affecteront-ils la productivité des plantes fourragères? », dans *Demi-journée d'Information Scientifique sur les Fourrages*, Victoriaville (Québec), 2012, <www.agrireseau.gc.ca/Plantes-Fourrages/documents/Demi%20journee%202012%20compte-rendu.pdf>.
- Blanchard, J.L., S. Jennings, R. Holmes, J. Harle, G. Merino, J.I. Allen, J. Holt, N.K. Dulvy et M. Barange. « Potential consequences of climate change for primary production and fish production in large marine ecosystems », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 367, n° 1605, 2012, pp. 2979-2989.
- Bourque, A. et G. Simonet. « Québec », dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada: édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.), Gouvernement du Canada, Ottawa, 2008, pp. 171-226.
- Brander, K.M. « Global fish production and climate change », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 104, n° 50, 2007, pp. 19709-19714.
- Brown, D. *Salmon wars: the battle for the west coast salmon fishery*, Harbour Publishing, Madeira Park (Colombie-Britannique), 2005, 408 p.
- Bruneau, J., R. Darrell, E.P. Corkal, B. Toth et G. Van der Kamp. « Human activities and water use in the South Saskatchewan River basin », *Prairie Forum*, vol. 34, n° 1, 2009, pp. 129-152.
- Burrows, M.T., D.S. Schoeman, L.B. Buckley, P. Moore, E.S. Poloczanska, K.M. Brander, C. Brown, J.F. Bruno, C.M. Duarte, B.S. Halpern, J. Holding, C.V. Kappel, W. Kiessling, M.I. O'Connor, J.M. Pandolfi, C. Parmesan, F.B. Schwing, W.J. Sydeman et A.J. Richardson. « The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems », *Science*, vol. 334, n° 6056, 2011, pp. 652-655.
- Carmack, E., F. McLaughlin, G. Whiteman et T. Homer-Dixon. « Detecting and coping with disruptive shocks in Arctic marine systems: a resilience approach to place and people », *Ambio*, vol. 41, n° 1, 2012, pp. 56-65.
- CCRHP (Conseil pour la conservation des ressources halieutiques du Pacifique). *Advisory: wild salmon and aquaculture in British Columbia*, Conseil pour la conservation des ressources halieutiques du Pacifique, Vancouver (Colombie-Britannique), 2003.
- Chabot, D. « Chronic non-lethal levels of hypoxia limit distribution and growth of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the northern Gulf of St. Lawrence, Canada », dans *Proceedings of the 7th International Symposium on Fish Physiology, Toxicology and Water Quality*, G.L. Rupp et M.D. White (éd.), U.S. Environmental Protection Agency, Ecosystems Research Division, Athens, Géorgie, États-Unis, 600/R-04/049, 2004, pp. 183-205.
- Chakraborty, S. « Potential impact of climate change on plant-pathogen interactions », *Australasian Plant Pathology*, vol. 34, 2005, pp. 443-448.
- Chakraborty, S. et S. Datta. « How will plant pathogens adapt to host plant resistance at elevated CO₂: under a changing climate? », *New Phytologist*, vol. 159, 2003, pp. 733-742.
- Chavez, F.P., J. Ryan, S.E. Lluch-Cota et M. Niquen. « From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean », *Science*, vol. 299, n° 5604, 2003, pp. 217-221.
- Cheung, W.W.L., V.W.Y. Lam, J.L. Sarmiento, K. Kearney, R. Watson et D. Pauly. « Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios », *Fish and Fisheries*, vol. 10, n° 3, 2009, pp. 235-251.

- Cheung, W.W.L., V.W.Y. Lam, J.L. Sarmiento, K. Kearney, R. Watson, D. Zeller et D. Pauly. « Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change », *Global Change Biology*, vol. 16, n° 1, 2010, pp. 24-35.
- Chiotti, Q. et B. Lavender. « Ontario », dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, pp. 227-274.
- Chu, C., N.E. Jones, N.E. Mandrak, A.R. Piggott et C.K. Minns. « The influence of air temperature, groundwater discharge, and climate change on the thermal diversity of stream fishes in southern Ontario watersheds », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 65, n° 2, 2008, pp. 297-308.
- Clark, J. *The ordinary people of Essex: environment, culture, and economy on the frontier of Upper Canada*, McGill-Queen's University Press, 2010, 738 p.
- Climate Change Connection. *A guide to creating climate-friendly farms in Manitoba – livestock edition*, Climate Change Connection, Winnipeg (Manitoba), 2009, 20 p.
- Coll, M. et L. Hughes. « Effects of elevated CO₂ on an insect omnivore: a test for nutritional effects mediated by host plants and prey », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 123, 2008, pp. 271-279.
- Colombie-Britannique. *BC agriculture climate change adaptation risk and opportunity assessment provincial report*, 2012, <www.bcagclimateaction.ca/document-library/>.
- Comité de suivi et de concertation de la stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture. *Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021*, 2011, 23 p. <www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf>.
- Cooke, S.J., S.G. Hinch, A.P. Farrell, M.F. Lapointe, S.R.M. Jones, J.S. Macdonald, D.A. Patterson, M.C. Healey et G. Van Der Kraak. « Abnormal migration timing and high en route mortality of sockeye salmon in the Fraser River, British Columbia », *Fisheries*, vol. 29, n° 2, 2004, pp. 22-33.
- Corkal, D. et P.E. Adkins. « Canadian agriculture and water », dans *Proceedings of the 13th IWRA World Water Congress*, Montpellier, France, 2008.
- Corkal, D., H. Diaz et D. Sauchyn. « Changing roles in Canadian water management: a case study of agriculture and water in Canada's South Saskatchewan River Basin », *International Journal of Water Resources Development*, vol. 27, n° 4, 2011, pp. 647-664.
- Crawford, E. et E. McNair. *BC Agriculture Climate Change Adaptation Risk + Opportunity Assessment – Provincial Report*, British Columbia Agriculture and Food Climate Action Initiative, 2012, pp. 26-28, <www.BCAGClimateAction.ca>.
- Crain, C.M., K. Kroeker et B.S. Halpern. « Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems », *Ecology Letters*, vol. 11, 2008, pp. 1304-1315.
- Crossin, G.T., S.G. Hinch, S.J. Cooke, D.W. Welch, D.A. Patterson, S.R.M. Jones, A.G. Lotto, R.A. Leggett, M.T. Mathes, J.M. Shrimpton, G. Van Der Kraak et A.P. Farrell. « Exposure to high temperature influences the behaviour, physiology, and survival of sockeye salmon during spawning migration », *Revue canadienne de zoologie*, vol. 86, 2008, pp. 127-140.
- Cutforth, H.W., S.M. McGinn, K.E. McPhee et P.R. Miller. « Adaptation of pulse crops to the changing climate of the Northern Great Plains », *Agronomy Journal*, vol. 99, 2007, pp. 1684-1699.
- Deser, C., J.E. Walsh et M.S. Timlin. « Arctic sea ice variability in the context of recent atmospheric circulation trends », *Journal of Climate*, vol. 13, 2000, pp. 617-633.
- Diaz, H. et A. Rojas. *Methodological framework for the assessment of governance institutions*, IACC project, 2006, <www.parc.ca/mcric/iacc033.php>.
- Diaz, H. et IACC Canadian research team. *Institutional adaptations to climate change (IACC), integration report: the case of the South Saskatchewan River Basin*, IACC project, Canadian Plains Research Center, University of Regina, 2009, 36 p., <www.parc.ca/mcric/int01.php>.
- Drinkwater, K. « Comparison of the response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the high-latitude regions of the North Atlantic during the warm periods of the 1920s-1960s and the 1990s-2000s », *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, vol. 56, n° 21-22, 2009, pp. 2087-2096.
- Duchesne L., D. Houle, M.A. Côté et T. Logan. « Modelling the effect of climate on maple syrup production in Québec Canada », *Forest Ecology and Management*, vol. 258, 2009, pp. 2683-2689.
- Encyclopedia of Saskatchewan. *Canadian Plains Research Center*, Regina, 2007, <http://esask.uregina.ca/entry/palliser_triangle.html>.
- Environnement Canada. *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*, Environnement Canada, Burlington, 2004, 148 p.
- Environnement Canada et EPA (United States Environmental Protection Agency). *État des Grands Lacs 2009*, United States Environmental Protection Agency, 905-R-09-031, En161-3/1-2009F, 2009, <http://binational.net/solec/sogl2009/SOGL_2009_fr.pdf>.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). *Seed security for food security in the light of climate change and soaring food prices: challenges and opportunities*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Committee on Agriculture Twenty-first Session, avril 2009, Rome, 2009, pp. 22-25.
- Finney, B.P., I. Gregory-Eaves, M.S.V. Douglas et J.P. Smol. « Fisheries productivity in the northeastern Pacific Ocean over the past 2,200 years », *Nature*, vol. 416, n° 6882, 2002, pp. 729-733.
- Ford, J.D. « Dangerous climate change and the importance of adaptation for the Arctic's Inuit population », *Environmental Research Letters*, vol. 4, 2009.
- Frank, K.T., B. Petrie, J.S. Choi et W.C. Leggett. « Trophic cascades in a formerly cod-dominated ecosystem », *Science*, vol. 308, n° 5728, 2005, pp. 1621-1623.
- Frank, K.T., B. Petrie, N.L. Shackell et J.S. Choi. « Reconciling differences in trophic control in mid-latitude marine ecosystems », *Ecology Letters*, vol. 9, n° 10, 2006, pp. 1096-1105.
- Frechet, A. « Catchability variations of cod in the marginal ice zone », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 47, 1990, pp. 1678-1683.
- Fuhrer, J. « Agroecosystem response to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 97, 2003, pp. 1-20.
- Furgal, C. et T.D. Prowse. « Nord du Canada », dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, pp. 57-118.
- Gagnon, A.E., M. Roy et A. Roy. *Document synthèse : impacts directs et indirects des changements climatiques sur les ennemis des cultures*, 2011, 80 p.
- Gagnon, A.E., G. Arsenault-Labrecque, G. Bourgeois, L. Bourdages, P. Grenier et M. Roy. *Études de cas pour faciliter une gestion efficace des ennemis des cultures dans le contexte de l'augmentation des risques phytosanitaires liés aux changements climatiques*, 2013, 156 p.
- Galbraith, P.S. « Winter water masses in the Gulf of St. Lawrence », *Journal of Geophysical Research*, vol. 111, C06022, 2006.
- Galbraith P.S., J. Chassé, D. Gilbert, P. Larouche, D. Brickman, B. Pettigrew, L. Devine, A. Gosselin, R.G. Pettipas et C. Lafleur. *Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2011*, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche 2012/023, 2012, 85 p.
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). *Quatrième rapport d'évaluation : Changement climatique*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007.
- Gilbert D., B. Sundby, C. Gobeil, A. Mucci et G. Tremblay. « A seventy-two year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: the northwest Atlantic connection », *Limnology and Oceanography*, vol. 50, 2005, pp. 1654-1666.
- Glavin, T. *Dead reckoning: confronting the crisis in Pacific fisheries*, Douglas and McIntyre, Vancouver (Colombie-Britannique), 1996, 181 p.
- Godfray, H.C.J., I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir, N. Nisbett, D. Lawrence, J. Pretty, S. Robinson, C. Toulmin et R. Whiteley. « The future of the global food system », *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, vol. 365, n° 1554, 2010, pp. 2769-2777.
- Government of Nunavut et Nunavut Tunngavik Incorporated. *Nunavut Fisheries Strategy*, 2005, 50 p.
- Gray, J.H. *Men against the desert*, Fifth House Ltd, Calgary, 1996, 263 p.
- Grebeier, J.M., J.E. Overland, S.E. Moore, E.V. Farley, E.C. Carmack, L.W. Cooper, K.E. Frey, J.H. Helle, F.A. McLaughlin et S.L. McNutt. « A major ecosystem shift in the northern Bering Sea », *Science*, vol. 311, n° 5766, 2006, pp. 1461-1464.
- Groupe de travail sur les interprétations agronomiques. *Système de classification des terres selon leurs aptitudes pour les cultures, 1. La production des céréales de printemps*, W.W. Pettapiece (éd.), Bulletin technique 1995-6F, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, 2 cartes, 1995, 109 p.
- G.S. Gislason and Associates Ltd. et Outcrop Ltd. *The marine-related economy of NWT and Nunavut*, rapport rédigé pour Pêches et Océans Canada, Winnipeg, janvier 2002, 2002.
- Halpern, B.S., S. Walbridge, K.A. Selkoe, C.V. Kappel, F. Micheli, C. D'Agrosa, J.F. Bruno, K.S. Casey, C. Ebert, H.E. Fox, R. Fujita, D. Heinemann, H.S. Lenihan, E.M. Madin, M.T. Perry, E.R. Selig, M. Spalding, R. Steneck et R. Watson. « A global map of human impact on marine ecosystems », *Science*, vol. 319, 2008, pp. 948-952.
- Hansen, J.C., B. Deutch et J.Ø. Odland. « Dietary transition and contaminants in the Arctic: emphasis on Greenland », *Circumpolar Health Supplements*, supplément n° 2, 2008.
- Harris, D.C. *Fish, law and colonialism: the legal capture of salmon in British Columbia*, University of Toronto Press, Toronto (Ontario), 2001, 306 p.
- Harris, D.C. *Landing native fisheries: Indian reserves and fishing rights in British Columbia, 1849-1925*, University of British Columbia Press, Vancouver (Colombie-Britannique), 2008, 266 p.
- Hellmann J.J., J.E. Byers, B.G. Bierwagen et J.S. Dukes. « Five potential consequences of climate change for invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, 2008, pp. 534-543.
- Hewitt, J., K. Chen, T. Brierley et H. Hill. *Assessment of climate change impacts on climate and land suitability ratings for spring seeded small grains on the Canadian Prairies*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Administration du rétablissement agricole des Prairies, Regina (Saskatchewan), 2008.

- Hinch, S.G. et E.G. Martins. *Examen des effets potentiels des changements climatiques sur la survie des saumons rouges du fleuve Fraser et analyse des tendances interannuelles de la mortalité en cours de migration et avant la fraye*, Commission d'enquête Cohen sur les déclin des populations de saumon rouge du fleuve Fraser, rapport technique 9, 2011, <<http://www.cohencommission.ca/fr/pdf/TR/Project9-Report.pdf>>.
- Hoekman, D. « Turning up the heat: temperature influences the relative importance of top-down and bottom-up effects », *Ecology*, vol. 91, n° 10, 2010, pp. 2819-2825.
- Hunt, L.M. et J. Moore. *The potential impacts of climate change on recreational fishing in Northern Ontario*, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Climate Change Research Report CCRR-04, 2006.
- Hurlbert, M., D.R. Corkal et H. Diaz. « Government and civil society: adaptive water management in the South Saskatchewan River Basin », *Prairie Forum*, vol. 34, n° 1, 2009a, pp. 181-210.
- Hurlbert, M., D.R. Corkal, H. Diaz et J. Warren. « Climate change and water governance in Saskatchewan, Canada », *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, vol. 1, n° 2, 2009b, pp. 118-132.
- Hutchings, J.A. et R.A. Myers. « What can be learned from the collapse of a renewable resource? Atlantic cod, *Gadus Morhua*, of Newfoundland and Labrador », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 51, 1994, pp. 2126-2146.
- Hyatt, K.D., K.L. Hunter et D.P. Rankin. *Indice des stocks du saumon rouge – aperçu régional des tendances et retours pour 2006, État de l'océan Pacifique 2006*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2007/019, 2008.
- IIABC (Irrigation Industry Association of BC). *Irrigation Industry Association of British Columbia, landscape irrigation scheduling calculators*, Irrigation Industry Association of BC, 2009, <<http://landscape-calculator.irrigationbc.com>>.
- Irvine, J.R. et M.A. Fukuwaka. « Pacific salmon abundance trends and climate change », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, n° 6, 2011, pp. 1122-1130.
- Justice Canada. *Loi sur le rétablissement agricole des Prairies*, L.R.C. (1985), ch. P-17, Justice Canada, 2012, <<http://laws-lois.justice.gc.ca>>.
- Kerr, L.A., W.J. Connelly, E.J. Martino, A.C. Peer, R.J. Woodland et D.H. Secor. « Climate change in the U.S. Atlantic affecting recreational fisheries », *Reviews in Fisheries Science*, vol. 17, n° 2, 2009, pp. 267-289.
- Kerr, S.J. *Fish and fisheries management in Ontario: a chronology of events*, Direction de la biodiversité, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Peterborough (Ontario), 2010, 80 p. + annexes.
- Khan, A.S. *Is rebuilding collapsed fisheries a wicked problem? Lessons from a fish chain analysis of Northern Gulf cod fisheries*, thèse de doctorat, Memorial University of Newfoundland, St John's (Terre-Neuve-et-Labrador), 2011.
- Kuhnlein, H. et O. Receveur. « Local cultural animal food contributes high levels of nutrients for Arctic Canadian indigenous adults and children », *Journal of Nutrition*, vol. 137, 2007, pp. 1110-1114.
- Kulshreshtha, S.N. « Climate change, prairie agriculture, and prairie economy: the new normal », *Revue canadienne d'agroéconomie*, vol. 59, 2011, pp. 19-44.
- Kulshreshtha, S.N., E. Wheaton et A. Amiraslany. *A literature survey of the potential socio-economic impacts of climate change on Canadian crop production*, rapport rédigé pour Agriculture et Agroalimentaire Canada, Department of Bioresource Policy, Business and Economics, University of Saskatchewan, Saskatoon (Saskatchewan), mars 2010, 2010.
- Kutcher, H.R., J.S. Warland et S.A. Brandt. « Temperature and precipitation effects on canola yields in Saskatchewan, Canada », *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 150, 2010, pp. 161-165.
- Lamhonwah, D., B. Murphy et L. Brown. *A GIS-based approach to projecting responses of sugar maples to climate change in Ontario, Canada: final results*, conférence annuelle de l'Association canadienne des géographes, University of Calgary, Alberta, 2 juin, 2011.
- Lemmen, D.S., F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.) *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, 448 p.
- Linnansaari, T. et R.A. Cunjak. « Patterns in apparent survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in relation to variable ice conditions throughout winter », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 67, n° 11, 2010, pp. 1744-1754.
- Loder, J.W., B. Petrie et G. Gawarkiewicz. « The coastal ocean off northeastern North America: a large-scale view », chapitre 5 dans *The Global Coastal Ocean: Regional Studies and Synthesis*, *The Sea*, vol. 11, A.R. Robinson et K.H. Brink (éd.), John Wiley & Sons, Inc., 1998, pp. 105-133.
- Lowitt, K. *Examining the foundation for stronger fisheries-tourism synergies and increased local seafood consumption in the Bonne Bay region of Newfoundland*, Community-University Research for Recovery Alliance, Memorial University et Rural Secretariat, St John's (Terre-Neuve-et-Labrador), 2011.
- Luck, J., I.D. Campbell, R. Magarey, S. Isard, J.-P. Aurombout et K. Finlay. « Chapter 21: climate change and plant biosecurity: implications for policy. P.655-691 », dans *The Handbook of Plant Biosecurity*, G. Gordh et S. McKirdy (éd.), Springer Science+Business Media, Dordrecht, 2014.
- Lysyk, T.J. et T. Danyk. « Effect of temperature on life history parameters of adult Culicoides sonorensis (Diptera: Ceratopogonidae) in relation to geographic origin and vectorial capacity for bluetongue virus », *Journal of Medical Entomology*, vol. 44, n° 5, 2007, pp. 741-751.
- MacNeil, M.A., N.A.J. Graham, J.E. Cinner, N.K. Dulvy, P.A. Loring, S. Jennings, N.V.C. Polunin, A.T. Fisk et T.R. McClanahan. « Transitional states in marine fisheries: adapting to predicted global change », *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, vol. 365, n° 1558, 2010, pp. 3753-3763.
- MacRae, R. « A joined up food policy for Canada », *Journal of Hunger and Environmental Nutrition*, vol. 6, 2011, pp. 424-457.
- Mandrak, N.E. et B. Cudmore. « The fall of native fishes and the rise of non-native fishes in the Great Lakes Basin », *Aquatic Ecosystem Health & Management*, vol. 13, n° 3, 2010, pp. 255-268.
- Mantua, N.J., S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace et R.C. Francis. « A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 78, n° 6, 1997, pp. 1069-1079.
- Marchildon, G.P. « The Prairie Farm Rehabilitation Administration: climate crisis and federal-provincial relations during the Great Depression », *The Canadian Historical Review*, vol. 90, n° 2, 2009a, pp. 275-301.
- Marchildon, G.P. (éd.) *A dry oasis, institutional adaptation to climate on the Canadian Plains*, CPRC Press, Regina, 2009b, 319 p.
- Marchildon, G.P., S. Kulshreshtha, E. Wheaton et D. Sauchyn. « Drought and institutional adaptation in the Great Plains of Alberta and Saskatchewan, 1914-1939 », *Natural Hazards*, vol. 45, 2008, pp. 391-411.
- Martins, E.G., S.G. Hinch, D.A. Patterson, M.J. Hague, S.J. Cooke, K.M. Miller, M.F. Lapointe, K.K. English et A.P. Farrell. « Effects of river temperature and climate warming on stock-specific survival of adult migrating Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) », *Global Change Biology*, vol. 17, 2011, pp. 99-114.
- McCartney, D., J. Fraser et A. Ohama. « Annual cool season crops for grazing by beef cattle. A Canadian review », *Revue canadienne de science animale*, vol. 88, 2008, pp. 517-533.
- McCartney, D., J. Fraser et A. Ohama. « Potential of warm-season annual forages and Brassica crops for grazing: a Canadian review », *Revue canadienne de science animale*, vol. 89, 2009, pp. 431-440.
- McDaniels, T., S. Wilmot, M. Healey et S. Hinch. « Vulnerability of Fraser River sockeye salmon to climate change: a life-cycle perspective using expert judgments », *Journal of Environmental Management*, vol. 91, 2010, pp. 2771-2780.
- McKinnell, S.M., E. Curchitser, C. Groot, M. Kaeriyama et K.W. Myers. The decline of Fraser River sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Steller, 1743) in relation to marine ecology, PICES Advisory Report, Commission Cohen, Rapport technique, vol. 4, 2011, 195 p., Vancouver (Colombie-Britannique).
- Meakin, S. et T. Kurvits. *Assessing the impacts of climate change on food security in the Canadian Arctic*, rapport rédigé pour Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, 2009, <www.grida.no/files/publications/foodsec_updtd_LA_lo.pdf>.
- Meggs, G. *Salmon: the decline of the British Columbia fishery*, Douglas and McIntyre, Vancouver (Colombie-Britannique), 1991, 265 p.
- Meltofte, H. (éd.), *Conservation de la flore et de la faune arctiques*, Akureyri, 2013.
- MEO (ministère de l'Environnement). *Faire face au changement climatique : Stratégie d'adaptation et plan d'action de l'Ontario 2011-2014*, ministère de l'Environnement, 2011, <http://www.ene.gov.on.ca/environnement/fr/resources/STDPDPROD_081667.html>.
- Merino, G., M. Barange, J.L. Blanchard, J. Harle, R. Holmes, I. Allen, E.H. Allison, M.C. Badjeck, N.K. Dulvy, J. Holt, S. Jennings, C. Mullon et L.D. Rodwell. « Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? », *Global Environmental Change*, vol. 22, 2012, pp. 795-806.
- Merino, G., M. Barange, C. Mullon et L. Rodwell. « Impacts of global environmental change and aquaculture expansion on marine ecosystems », *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions*, vol. 20, n° 4, 2010, pp. 586-596.
- Ministère des Pêches et de l'Aquaculture. *Seafood industry year in review 2010*, ministère des Pêches et de l'Aquaculture de Terre-Neuve-et-Labrador, 2011, <www.fishaq.gov.nl.ca/publications/yir_2010.pdf>.
- Minns, C.K. « The potential future impact of climate warming and other human activities on the productive capacity of Canada's lake fisheries: a meta-model », *Aquatic Ecosystems Health and Management*, vol. 12, 2009, pp. 152-167.
- Moore, S.K., V.L. Trainer, N.J. Mantua, M.S. Parker, E.A. Laws, L.C. Backer et L.E. Fleming. « Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health », *Environmental Health*, vol. 7, supplément n° 2, S4, 2008.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Concrétiser la vision : rapport du Commissaire au développement de l'aquaculture*, Pêches et Océans Canada, Ottawa (Ontario), 2003.

- MPO (Pêches et Océans Canada). *Enquête de 2007 sur la pêche récréative de la morue à Terre-Neuve-et-Labrador*, Pêches et Océans Canada, 2007, <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/rec/can/NLCod2007/toc-fra.htm>>.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Évaluation du crabe des neiges de Terre-Neuve et du Labrador*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2008/009, 2008.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Évaluation du stock de morue du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) en 2009*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Avis scientifique 2010/011, 2010.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Statistiques des pêches canadiennes 2008*, Pêches et Océans Canada, 2011.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour l'infrastructure et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand bassin aquatique de l'Atlantique*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Réponse des Sciences 2012/044, 2012a.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour l'infrastructure et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – grand bassin aquatique de l'Arctique*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Réponse des Sciences 2012/042, 2012b.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Enquête sur la pêche récréative au Canada 2010*, Pêches et Océans Canada, no Fs42-1/2010F, 2012c.
- MPO (Pêches et Océans Canada). 2013a, <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/trade-commerce/can/export/xprv12-fra.htm>>.
- MPO (Pêches et Océans Canada). 2013b, <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/stats/aqua/aqua11-fra.htm>>.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour l'infrastructure et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand Bassin aquatique d'eau douce*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Réponse des Sciences 2013/011, 2013c.
- MPO (Pêches et Océans Canada). *Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour les infrastructures et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand Bassin Aquatique du Pacifique*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Réponse des Sciences 2013/016, 2013d.
- MRNO (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario). *Ressources halieutiques des Grands Lacs*, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 2013a, <http://www.mnr.gov.on.ca/fr/Business/GreatLakes/2ColumnSubPage/STEL02_176592.html>.
- MRNO (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario). *Pourquoi nous avons besoin de nos Grands Lacs*, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 2013b, <http://www.ene.gov.on.ca/environment/fr/subject/great_lakes/STDP00D_096916.html>.
- Murray, G., D. Bavington et B. Neis. « Local ecological knowledge, science, participation and fisheries governance in Newfoundland and Labrador: a complex, contested and changing relationship », dans *Participation in Fisheries Governance*, T.S. Gray (éd.), *Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries*, vol. 4, 2005, pp. 269-290.
- Nelson, R., M. Howden et M. Stafford Smith. « Using adaptive governance to rethink the way science supports Australian drought policy », *Environmental Science and Policy*, vol. 11, 2008, pp. 588-601.
- Nielsen, J.L., G.T. Ruggerone et C.E. Zimmerman. « Adaptive strategies and life history characteristics in a warming climate: Salmon in the Arctic? », *Environmental Biology of Fishes*, sous presse.
- Niemi, A., J. Paulic et D. Cobb. *Rapport de l'état des écosystèmes et des tendances : écozones marines de l'Arctique*, Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO, Document de recherche 2010/066, 2010, viii + 66 p.
- OCDE-FAO (Organisation de coopération et de développement économiques-Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). *Perspectives agricoles 2011*, Secrétariats de l'OCDE et de la FAO, 2011, <<http://dx.doi.org/10.1787/888932438000>>.
- Ogden, A. et P. Johnson. *Adaptation aux incidences du changement climatique dans le Nord canadien*, Northern Climate Exchange Occasional Paper Series 3, séance d'information préparée à l'intention du Comité sénatorial permanent de l'agriculture et des forêts, 2002.
- Oltenuca, P.A. et D.M. Broom. « The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows », *Animal Welfare*, vol. 19, 2010, pp. 39-49.
- OMC (Organisation mondiale du commerce). *Statistiques du commerce international 2000*, Organisation mondiale du commerce, 2000, <http://www.wto.org/french/res_f/statis_f/tradebysector_f.htm>.
- Ommer, E.R. et The Coasts under Stress Research Project Team. *Coasts under stress: restructuring and social-ecological health*, McGill-Queens University Press, Kingston, 2007.
- Ouranos. *Savoir s'adapter aux changements climatiques*, C. DesJarlais, M. Allard, D. Bélanger, A. Blondlot, A. Bouffard, A. Bourque, D. Chaumont, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivière, N. Lease, A.T. Pham, R. Roy, J.-P. Savard, R. Turcotte et C. Villeneuve (éd.), Montréal, 2010, 128 p.
- Overland, J.E., J. Alheit, A. Bakun, J.W. Hurrell, D.L. Mackas et A.J. Miller. « Climate controls on marine ecosystems and fish populations », *Journal of Marine Systems*, vol. 79, n° 3-4, 2010, pp. 305-315.
- Pace, M.L., J.J. Cole, S.R. Carpenter et J.F. Kitchell. « Trophic cascades revealed in diverse ecosystems », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 14, n° 12, 1999, pp. 483-488.
- Perez-Valdivia, C., D. Sauchyn et J. Vanstone. « Groundwater levels and teleconnection patterns in the Canadian Prairies », *Water Resources Research*, vol. 48, W07516, 2012.
- Perry, A.L., P.J. Low, J.R. Ellis et J.D. Reynolds. « Climate change and distribution shifts in marine fishes », *Science*, vol. 308, n° 5730, 2005, pp. 1912-1915.
- Perry, R.I., M. Barange et R.E. Ommer. « Global changes in marine systems: a social-ecological approach », *Progress in Oceanography*, vol. 87, n° 1-4, 2010, pp. 331-337.
- Perry, R.I., A. Bundy et E.E. Hofmann. « From biogeochemical processes to sustainable human livelihoods: the challenges of understanding and managing changing marine social-ecological systems », *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 4, n° 3, 2012, pp. 253-257.
- Peterman, R.M. et B. Dorner. *Fraser River sockeye production dynamics*, Commission Cohen, Rapport technique, vol. 10, 134 p., Vancouver (Colombie-Britannique), 2011.
- Peterman, R.M. et B. Dorner. « A widespread decrease in productivity of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) populations in western North America », *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, vol. 69, 2012, pp. 1255-1260.
- Picketts, I.M., A.T. Werner et T.Q. Murdock. *Climate change in Prince George: summary of past trends and future projections*, Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria, Victoria (Colombie-Britannique), 2009, 48 p.
- Pimentel, D., R. Zuniga et D. Morrison. « Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States », *Ecological Economics*, vol. 52, n° 3, 2005, pp. 273-288.
- Pittman, J., V. Wittrock, S. Kulshreshtha et E. Wheaton. « Vulnerability to climate change in rural Saskatchewan: case study of the Rural Municipality of Rudy No. 284 », *Journal of Rural Studies*, vol. 27, 2011, pp. 83-94.
- Planque, B., J.M. Fromentin, P. Cury, K.F. Drinkwater, S. Jennings, R.I. Perry et S. Kifani. « How does fishing alter marine populations and ecosystems sensitivity to climate? », *Journal of Marine Systems*, vol. 79, 2010, pp. 403-417.
- Plante, S., D. Chabot et J.D. Dutil. « Hypoxia tolerance in Atlantic cod », *Journal of Fish Biology*, vol. 53, 1998, pp. 1342-1356.
- Polovina, J.J., J.P. Dunne, P.A. Woodworth et E.A. Howell. « Projected expansion of the subtropical biome and contraction of the temperate and equatorial upwelling biomes in the North Pacific under global warming », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, n° 6, 2011, pp. 986-995.
- Polyakov, I.V., V.A. Alexeev, G.I. Belchansky, I.A. Dmitrenko, V.V. Ivanov, S.A. Kirillov, A.A. Korablev, M. Steele, L.A. Timokhov et I. Yashayaev. « Arctic Ocean freshwater changes over the past 100 years and their causes », *Journal of Climate*, vol. 21, 2008, pp. 364-384.
- Powell, A.M. Jr. et J. Xu. « Abrupt climate regime shifts, their potential forcing and fisheries impacts », *Atmospheric and Climate Sciences*, vol. 1, 2011, pp. 33-47.
- Proshutinsky, A., R. Krishfield, M.L. Timmermans, J. Toole, E. Carmack, F. McLaughlin, W.J. Williams, S. Zimmermann, M. Itoh et K. Shimada. « Beaufort Gyre freshwater reservoir: state and variability from observations », *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, C00A10, 2009.
- Prowse, T.D. et K. Brown. « Hydro-ecological effects of changing Arctic river and lake ice covers: a review », *Hydrology Research*, vol. 41, n° 6, 2010, pp. 454-461.
- Pullar, D., N. Allen et M. Sloyan. « Challenges and opportunities for sustainable livestock production in the UK », *Nutrition Bulletin*, vol. 36, 2011, pp. 432-437.
- Quinjon, P.A. et P. Snelgrove. « Differential regulatory roles of crustacean predators in a sub-arctic, soft sediment systems », *Marine Ecology Progress Series*, vol. 285, 2005, pp. 137-149.
- Rahel, F.J. et J.D. Olden. « Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species », *Conservation Biology*, vol. 22, n° 3, 2008, pp. 521-533.
- Reid, P.C. et L. Valdés. « ICES status report on climate change in the North Atlantic », CIEM, *Rapport des Recherches Collectives*, n° 310, 2011, 262 p.
- Reist, J.D., F.J. Wrona, T.D. Prowse, M. Power, J.B. Dempson, R.J. Beamish, J.R. King, T.J. Carmichael et C.D. Sawatzky. « General effects of climate change on Arctic fishes and fish populations », *Ambio*, vol. 35, n° 7, 2006, pp. 370-380.
- Reuten, C., A. Saprynka, J. Lundgren, T. Cavanaugh et J.W. Boulton. *Physical and socioeconomic impacts of global atmospheric processes to Canadian agriculture, Literature Survey*, RDWI #1201017, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Regina (Saskatchewan), mars, 2012.

- Rice, J.C. et S.M. Garcia. « Fisheries, food security, climate change, and biodiversity: characteristics of the sector and perspectives on emerging issues », *Ices Journal of Marine Science*, vol. 68, n° 6, 2011, pp. 1343-1353.
- Rice, J.C., P.A. Shelton, D. Rivard, G.A. Chouinard et A. Frechet. *Recovering Canadian Atlantic cod stocks: the shape of things to come? The scope and effectiveness of stock recovery plans in fishery management*, CM 2003/U:06, CIEM, Copenhague, 2003.
- RNCAN (Ressources naturelles Canada). *Le saumon dans l'eau chaude*, Ressources naturelles Canada, 2009, <<http://www.rncan.gc.ca/environnement/ressources/publications/impacts-adaptation/affiche/c-b/10526>>.
- Robards, M.D. et R.R. Reeves. « The global extent and character of marine mammal consumption by humans: 1970-2009 », *Biological Conservation*, vol. 144, 2011, pp. 2770-2786.
- Robson, P.A. *Salmon farming: the whole story*, Heritage House Publishing, Surrey (Colombie-Britannique), 2006, 271 p.
- Rogers, L.A. et D.E. Schindler. « Scale and the detection of climatic influences on the productivity of salmon populations », *Global Change Biology*, vol. 17, n° 8, 2011, pp. 2546-2558.
- Saskatchewan Pulse Growers. *Pulse Production Manual*, 2e éd., 186 p., Saskatchewan Pulse Growers, Saskatoon, 2000.
- Sauchyn, D. et S. Kulshreshtha. « Prairies », dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, pp. 275-328.
- Sauchyn, D., H. Diaz et S. Kulshreshtha (éd.) *The new normal: the Canadian Prairies in a changing climate*, CPRC Press, Regina, 2010, 380 p.
- Sauchyn, D., J. Vanstone et C. Perez-Valdivia. « Modes and forcing of hydroclimatic variability in the upper north Saskatchewan River Basin since 1063 », *Canadian Water Resources Journal*, vol. 36, n° 3, 2011, pp. 205-218.
- Savenkoff, C., M. Castonguay, D. Chabot, M. Hammill, H. Bourdages et L. Morissette. « Changes in the Northern Gulf of St. Lawrence ecosystem estimated by inverse modelling: evidence of a fishery induced regime shift », *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 73, n° 3-4, 2007, pp. 711-724.
- Schrank, W.E. « The Newfoundland fishery: ten years after the moratorium », *Marine Policy*, vol. 29, 2005, pp. 407-420.
- Schut, P., S. Smith, W. Fraser, X. Geng et D. Kroetsch. « Soil landscapes of Canada: building a national framework for environmental information », *Geomatica*, vol. 65, n° 3, 2011, pp. 293-309.
- Shackell, N.L., A. Bundy, J.A. Nye et J.S. Link. « Common large-scale responses to climate and fishing across Northwest Atlantic ecosystems », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 69, 2012, pp. 151-162.
- Shackell, N. et J. Loder (éd.) *State of the Scotian Shelf report*, 2012, <<http://coinalantic.ca/index.php/state-of-the-scotian-shelf>>.
- Shafer, S.R., C.L. Walthall, A.J. Franzluebbers, M. Scholten, J. Meijis, H. Clark, A. Reisinger, K. Yagi, A. Roel, B. Slattery, I.D. Campbell, B.G. McConkey, D.A. Angers, J.-F. Soussana et G. Richard. « Emergence of the global research alliance on agricultural greenhouse gases », *Carbon Management*, vol. 2, n° 3, 2011, pp. 209-214.
- Sharma, S., D.A. Jackson et C.K. Minns. « Will northern fish populations be in hot water because of climate change? », *Global Change Biology*, vol. 13, 2007, pp. 2052-2064.
- Sharma, S., D.A. Jackson et C.K. Minns. « Quantifying the potential effects of climate change and the invasion of smallmouth bass on native lake trout populations across Canadian lakes », *Ecography*, vol. 32, n° 3, 2009, pp. 517-525.
- Sharma, S., P. Legendre, M. De Caceres et D. Boisclair. « The role of environmental and spatial processes in structuring native and non-native fish communities across thousands of lakes », *Ecography*, vol. 34, n° 5, 2011, pp. 762-771.
- Skinner, C.B., A.T. DeGaetano et B.F. Chabot. « Implications of twenty-first century climate change on Northeastern United States maple syrup production: impacts and adaptations », *Climate Change*, vol. 100, 2010, pp. 685-702.
- Smith, A.L., N. Hewitt, N. Klenk, D.R. Bazely, N. Yan, S. Wood, I. Henriques, J.I. MacLellan et C. Lipsig-Mummé. « Effects of climate change on the distribution of invasive alien species in Canada: a knowledge synthesis of range change projections in a warming world », *Dossiers environnement*, vol. 20, n° 1, 2012, pp. 1-16.
- Sinclair, P. *From traps to druggers: domestic commodity production in Northwest Newfoundland, 1850-1982*, ISER Books, St John's (Terre-Neuve-et-Labrador), 1985.
- Solberg, S., P. Canning et S. Buehler. « Changing patterns of household food consumption in rural communities of Atlantic Canada », dans *Resetting the kitchen table*, C. Parrish, N. Turner et S. Solberg (éd.), Nova Science Publishers, New York, New York, 2007, pp. 161-175.
- Statistique Canada. *Dépenses alimentaires au Canada 2001*, Bulletin de service de Statistique Canada, no 62-554-XIF au catalogue, 2001.
- Statistique Canada. *Canada food stats, Canadian food trends to 2020: a long range consumer outlook*, rapport rédigé pour Agriculture et Agroalimentaire Canada par Serecon Management Consulting Inc, 2005.
- Statistique Canada. *L'activité humaine et l'environnement : statistiques annuelles*, Statistique Canada, n° 16-201-X au catalogue, 2009a.
- Statistique Canada. *Statistiques sur les aliments 2009*, Bulletin de service de Statistique Canada, n° 21-020-X au catalogue, 2009b.
- Statistique Canada. *Production et valeur du miel et des produits de l'érable 2011*, Bulletin de service de Statistique Canada, n° 23-221-X au catalogue, 2011.
- Statistique Canada. *Un portrait de l'agriculture canadienne*, Statistique Canada, 2012, <<http://www.statcan.gc.ca/pub/95-640-x/2012002/02-fra.htm>>.
- Stram, D.L. et D.C.K. Evans. « Fishery management responses to climate change in the North Pacific », *ICES Journal of Marine Science*, vol. 66, 2010, pp. 1633-1639.
- Stratégie d'adaptation panteritoriale. *Stratégie d'adaptation panteritoriale : agir ensemble pour s'adapter au changement climatique dans le Nord canadien*, *Stratégie d'adaptation panteritoriale*, 2011, <<http://www.anorthernvision.ca/fr/strategy/>>.
- Sumaila, U.R., W.W.L. Cheung, V.W.Y. Lam, D. Pauly et S. Herrick. « Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries », *Nature Climate Change*, vol. 1, n° 9, 2011, pp. 449-456.
- Syndicat national des cultivateurs. *The state of Canadian agriculture by the numbers*, Syndicat national des cultivateurs, avril 2011, 2011, <www.nfu.ca/policy/nfu-briefs-2011>.
- Thompson, J. et I. Scoones. « Addressing the dynamics of agri-food systems: an emerging agenda for social science research », *Environmental Science & Policy*, vol. 12, n° 4, 2009, pp. 386-397.
- Thomson, R.E. *Oceanography of the British Columbia coast*, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, vol. 56, 1981, 291 p.
- Toth, B., D.R. Corkal, D. Sauchyn, G. Van der Kamp et E. Pietroniro. « The natural characteristics of the South Saskatchewan River Basin: climate, geography and hydrology », *Prairie Forum*, vol. 34, n° 1, 2009, pp. 95-127.
- USDA (U.S. Department of Agriculture). *Maple Syrup 2012*, United States Department of Agriculture, National Agricultural Statistics Service, New England Field Office, 2012.
- USGS (U.S. Geological Survey). *Sea lamprey fact sheet 2012*, Great Lakes Science Center, Invasive Species Program, 2012, <<http://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=836>>.
- Usher, P.J. *Standard edible weights of harvested species in the Inuvialuit settlement region*, Ottawa, 2000.
- Vasseur, L. et N. Catto. « Canada atlantique », dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.L. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, pp. 119-170.
- Walker, I. et R. Sydneysmith. « Colombie-Britannique », *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.L. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éd.), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, pp. 329-386.
- Wang, M.Y. et J.E. Overland. « A sea ice free summer Arctic within 30 years: an update from CMIP5 models », *Geophysical Research Letters*, vol. 39, 2012, 6 p.
- Ware, D.M. et R.E. Thomson. « Bottom-up ecosystem trophic dynamics determine fish production in the northeast Pacific », *Science*, vol. 308, n° 5726, 2005, pp. 1280-1284.
- Wheaton, E. et S. Kulshreshtha. *The new normal: the Canadian Prairies in a changing climate*, D. Sauchyn, H. Diaz et S. Kulshreshtha (éd.), University of Regina, CPRC Press, pp. 124-125, 2009, 378 p.
- Wheaton, E. et S. Kulshreshtha. « Agriculture », dans *The New Normal: the Canadian Prairies in a Changing Climate*, pp. 117-139, CPRC Press, Regina, 2010, 380 p.
- Wheeler, P., V. Ford, K. Klokov et E. Syroechkovskiy. « Changes in harvest », dans *Arctic Biodiversity Trends 2010, Selected Indicators of Change*, 2010, pp. 92-95, Secrétariat international de la CFFA, Akureyri.
- Woodall, C.M., C.M. Oswalt, J.A. Westfall, C.H. Perry, Nelson, M.D. et A.O. Finley. « An indicator of tree migration in forests of the eastern United States », *Forest Ecology and Management*, vol. 257, 2009, pp. 1434-1444.
- Wright, M. *A fishery for modern times*, Oxford University Press, Don Mills (Ontario), 2001.
- Yvelin, J.F., A. Fréchet et J.C. Brêthes. *Parcours migratoires et structure du stock de la morue du nord du golfe du Saint-Laurent* (3Pn, 4RS), Secrétariat canadien de consultation scientifique, Document de recherche 2005/055, 2005, 50 p.
- Ziervogel, G. et P.J. Ericksen. « Adapting to climate change to sustain food security », *WIREs Climate Change*, vol. 1, 2010, pp. 525-540.
- Zeller, D.S., E. Booth, W. Pakhomov et D.P. Swartz. « Arctic fisheries catches in Russia, USA, and Canada: baselines for neglected ecosystems », *Polar Biology*, vol. 34, 2011, pp. 955-973.
- Zwiers, F.W., M.A. Schnorbus et G.D. Maruszczka. *Hydrologic impacts of climate change on BC water resources*, Summary Report for the Campbell, Columbia and Peace River Watersheds, Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria, Victoria (Colombie-Britannique), 2011, 17 p.