



REVUE DES COMPOSANTES DES VULNÉRABILITÉS DU QUÉBEC FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Rapport synthèse réalisé en appui au processus de consultation visant le développement d'une stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques

Juin 2010

Rapport rédigé par:

Richard Connor,
Julian Lee,
Marc Paquin et
Nicolas Perin

Coordination générale :

Patricia Robitaille, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
Nathalie Bleau, Ouranos

Rapport révisé par:

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec,
Ministère de la Santé et des Services sociaux et l'Institut national de santé publique du Québec,
Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire,
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et le Centre d'expertise hydrique du Québec,
Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation,
Ministère des Transports du Québec,
Ministère du Tourisme du Québec
Hydro-Québec,
Comités de programme d'Ouranos (Agriculture, Écosystèmes, Environnement bâti, Forêt, Ressources hydriques)

1. INTRODUCTION	1
A. PROCESSUS ENTREPRIS PAR LE GOUVERNEMENT DU QUÉBEC	1
B. OBJECTIF DU PRÉSENT RAPPORT SYNTHÈSE	2
C. STRUCTURE DU RAPPORT	2
2. DÉFINITIONS.....	5
3. ACRONYMES ET SIGLES.....	8
4. VULNÉRABILITÉS CLIMATIQUES DU QUÉBEC.....	9
A. COMMUNAUTÉS URBAINES ET RURALES	9
i. <i>Santé des populations</i>	10
ii. <i>Sécurité des populations</i>	16
iii. <i>Environnement bâti</i>	20
iv. <i>Ressources hydriques</i>	26
v. <i>Transports</i>	30
B. SECTEURS SOCIOÉCONOMIQUES	38
i. <i>Agriculture</i>	38
ii. <i>Énergie</i>	44
iii. <i>Foresterie</i>	49
iv. <i>Tourisme et loisirs</i>	53
v. <i>Secteur tertiaire</i>	58
C. ÉCOSYSTÈMES ET BIODIVERSITÉ	59
i. <i>Écosystèmes aquatiques et milieux humides</i>	60
ii. <i>Milieux côtiers</i>	64
iii. <i>Écosystèmes terrestres</i>	65
D. VULNÉRABILITÉS PAR ZONE GÉOGRAPHIQUE	68
i. <i>Sous-région Sud</i>	68
ii. <i>Sous-région Maritime</i>	73
iii. <i>Sous-région Centre</i>	76
iv. <i>Sous-région Nord</i>	79
ANNEXE 1 – TABLEAU SYNTHÈSE – MSSS/INSPQ	85
ANNEXE 2 – CONSULTATION MSSS	88
ANNEXE 3- CONSULTATION ENVIRONNEMENT BÂTI	89
ANNEXE 4 – CONSULTATION RESSOURCES HYDRIQUES.....	90
ANNEXE 5 – CONSULTATION AGRICULTURE.....	92
ANNEXE 6 – CONSULTATION FORESTERIE	93
ANNEXE 7 – CONSULTATION TOURISME	95
ANNEXE 8 – CONSULTATION ÉCOSYSTÈMES ET BIODIVERSITÉ	96
ANNEXE 9 – CONSULTATION SUD DU QUÉBEC	97
ANNEXE 10 – CONSULTATION ENVIRONNEMENT MARITIME.....	98
ANNEXE 11 – CONSULTATION ENVIRONNEMENT NORDIQUE.....	100
ANNEXE 12 – CONSULTATION GTDS	101
ANNEXE 13 - TERMES DE RÉFÉRENCE DE L'ÉTUDE	102
ANNEXE 14 - OUVRAGES CITÉS	103

1. INTRODUCTION

Dans toutes les régions de la planète les effets à court et moyen termes des changements climatiques représentent une menace majeure pour des secteurs économiques, des besoins sociétaux et des systèmes naturels. Les récentes études scientifiques et prospectives soulignent l'importance et la nécessité pressante pour les gouvernements de prendre des mesures d'adaptation appropriées à ces impacts. Que leurs conséquences soient directes ou indirectes, ces impacts affectent tous les territoires de façon à la fois interdépendante et particulière.

Le cas du Québec demande une approche qui tient notamment compte de l'importance de ses secteurs économiques primaires, de ses ressources hydriques, de sa production hydroélectrique et de sa nordicité.

A. PROCESSUS ENTREPRIS PAR LE GOUVERNEMENT DU QUÉBEC

Il existe un consensus dans la communauté scientifique que malgré tous les efforts consentis par les différents pays pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, il ne sera pas possible d'éviter tout changement de nature climatique. Les préoccupations relatives à l'adaptation aux changements climatiques se font de plus en plus nombreuses et soutenues dans le monde entier. Quoique l'adaptation aux changements climatiques consiste aussi à profiter des opportunités qui pourraient en découler, les gouvernements, de manière générale, sont préoccupés par la vulnérabilité des populations, des milieux naturels et bâtis, et des activités socio-économiques.

Ainsi, les impacts associés aux changements climatiques comporteront des coûts économiques et sociétaux pour le Québec qu'il importe de minimiser. À cet égard, le gouvernement du Québec désire agir de manière proactive pour réduire les vulnérabilités face aux changements climatiques.

Au cours des dernières années, différents gouvernements comme ceux de l'Allemagne, du Danemark, de la France, de la Finlande, de l'Australie, du Canada, de l'Alberta ont élaboré des stratégies ou des cadres de référence en matière d'adaptation aux changements climatiques. De même, le gouvernement du Québec se préoccupe d'adaptation aux changements climatiques depuis la fin des années 1990 avec une première initiative d'envergure qui a été la création d'Ouranos, consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques en 2001.

Fort de l'expérience acquise au cours des dernières années par les ministères, notamment dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012 et grâce aux travaux d'Ouranos, le Québec possède aujourd'hui l'expertise pour élaborer sa propre stratégie sur l'adaptation aux changements climatiques afin de définir les orientations du gouvernement en cette matière au cours des prochaines années. Le projet d'élaboration de cette stratégie, mentionné dans le plan stratégique du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) 2009-2014 est sous la responsabilité du MDDEP et ses partenaires gouvernementaux. L'élaboration d'une stratégie sur l'adaptation aux changements climatiques vise notamment à :

- identifier les priorités d'actions;
- construire la capacité d'adaptation; et,
- cibler des mesures d'adaptation appropriées.

Ouranos a été mandaté pour collaborer à cette démarche qui se décline en trois phases :

- 1) La première phase vise à apprécier les vulnérabilités du Québec face aux changements climatiques sur la base d'une consultation des ministères et organismes par l'entremise du groupe de travail sur le développement de la stratégie (GTDS) et des comités de programmes d'Ouranos (gestionnaires du gouvernement, professionnels et chercheurs universitaires) à l'aide d'une recherche dans la littérature sur les composantes des vulnérabilités du Québec face aux changements climatiques. Cette phase vise à faire ressortir les systèmes, les secteurs et les régions pour lesquels les impacts des changements climatiques pourraient être les plus importants et qui y seraient particulièrement vulnérables.
- 2) La deuxième phase consistera à identifier des leviers permettant d'augmenter la capacité d'adaptation des éléments jugés vulnérables à la première étape par le biais de consultations.
- 3) Enfin, la troisième phase portera sur la rédaction (section sur le climat) et à la validation du texte de la stratégie.

B. OBJECTIF DU PRÉSENT RAPPORT SYNTHÈSE

Le présent document consiste en une synthèse des composantes des différentes vulnérabilités du Québec aux changements climatiques. Il a été rédigé en se fondant sur la littérature scientifique portant sur les impacts des changements climatiques sur le Québec et s'inspire principalement des deux documents suivants:

- Lemmen, D.S., F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éditeurs). *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, 448 p. (ce texte est identifié dans les citations par la lettre «A»)
- Ouranos. *Savoir s'adapter aux changements climatiques*, rédaction C. Desjarlais, A. Blondlot, M. Allard, A. Bourque, D. Chaumont, C. Desjarlais, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, R. Roy, J.P. Savard, R. Turcotte, C. Villeneuve, Montréal (Canada), 2010, 153X p. En préparation (ce texte est identifié dans les citations par la lettre «B»).

Sa structure de présentation est quant à elle inspirée du rapport australien suivant:

- Government of Australia. *Climate Change Risk and Vulnerability: Promoting an efficient adaptation response in Australia*, Report to the Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Heritage, by the Allen Consulting Group. March 2005, 159 p. (www.greenhouse.gov.au).

Le présent document, réservé à l'usage des ministères et organismes engagés dans le processus d'élaboration de la stratégie gouvernementale sur l'adaptation aux changements climatiques, a été élaboré afin de servir d'outil de travail pour les premières consultations liées à l'exercice de priorisation des enjeux liés aux changements climatiques auprès des comités de programmes et des ministères et organismes.

C. STRUCTURE DU RAPPORT

Ce rapport débute tout d'abord avec une section (2) contenant la définition des principaux termes utilisés dans le rapport. Puis la section suivante (3) présente les composantes des vulnérabilités du Québec aux changements climatiques en s'attardant tout d'abord aux communautés urbaines et rurales

(A), puis aux secteurs socio-économiques (B), aux écosystèmes et à la biodiversité (C). Cette section se termine en abordant les zones géographiques (D). Le rapport est complété par diverses annexes.

**** Lorsque le nom d'un ministère ou organisme se trouve entre [crochets] à l'intérieur ou à la fin d'une phrase sans qu'une année de référence ne soit mentionnée, c'est qu'il s'agit d'un commentaire provenant de ce ministère ou organisme. ****

Dans le cadre de la revue des composantes des vulnérabilités du Québec face aux changements climatiques, le présent rapport a été complété par la tenue d'ateliers de priorisation des impacts conduits par Ouranos sur diverses thématiques reliées aux changements climatiques. Ainsi, des ateliers ont été tenus sur les thématiques suivantes :

- Agriculture
- Écosystèmes et biodiversité
- Environnement bâti
- Environnement maritime
- Environnement nordique
- Groupe de travail sur le développement de la stratégie (GTDS)
- Ressources hydriques
- Tourisme
- Transports
- Région Sud du Québec
- Santé des populations ¹

Les ateliers avaient pour objectifs de susciter la réflexion et les échanges entre les participants quant aux impacts qu'auront les changements climatiques sur la thématique de chacun des ateliers (par ex. agriculture, foresterie, environnement bâti).

La technique utilisée lors des ateliers afin de structurer les discussions s'apparentait à la *technique du groupe nominal*². Elle a été utilisée dans le but de générer un maximum d'idées sur chacun des enjeux et de procéder par la suite à une priorisation cohérente des impacts identifiés. Après une mise en contexte, l'animateur des ateliers demandait aux participants, de manière individuelle et en silence, de répondre à la question suivante : *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur [la thématique de l'atelier] pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?*

Pour y répondre, les participants devaient obligatoirement énoncer dans leurs réponses 1) une variable climatique entraînant 2) un impact biophysique ayant 3) un impact socio-économique (par exemple :

¹ Dans le cas du MSSS, aucun atelier de priorisation des impacts selon la technique du groupe nominal n'a été réalisé. Les enjeux de santé en lien avec les changements climatiques qui apparaissent dans le présent document proviennent des consultations tenues à l'INSPQ, à la Table de coordination nationale de santé publique (TCNSP) et à l'Exécutif de la TCNSP

² Cette méthodologie a été élaborée par André Delbecq, professeur à l'Université du Wisconsin et Andrew Van de Ven, professeur à l'Université de l'Ohio.

« *Je m'inquiète des sécheresses plus intenses -- qui provoqueront des problèmes d'approvisionnement en eau -- diminuant fréquemment les rendements agricoles de façon importante pour l'ensemble du Sud du Québec* ».

Suite aux réflexions individuelles inscrites sur papier, l'animateur faisait plusieurs tours de tables afin de permettre à toutes les idées d'être évoquées et notées sur un tableau, jusqu'à épuisement de celles-ci. Puis, chaque participant devait, sur papier et individuellement, sur la base de la même question et à partir des énoncés affichés, classer, en ordre de priorité les 5 énoncés qu'il considérait les plus importants (5=le plus important, 1 = moins important). Une compilation des votes permettait alors de déterminer les 10 impacts jugés les plus importants. Ultimement, un second et dernier vote individuel avait lieu afin que les participants identifient, à partir des 10 impacts retenus à l'étape précédente, les 5 qu'ils considérait les plus importants.

Pendant la durée de l'exercice, on demandait aux participants de garder en tête les considérations suivantes lors de la détermination de l'importance des impacts qu'ils avaient à évaluer :

- La variété des impacts potentiels;
- Le rôle et la durée des changements climatiques;
- La probabilité d'occurrence des phénomènes et les incertitudes liées aux changements climatiques;
- L'ampleur des conséquences environnementales, sociales et économiques de ne rien faire;
- L'évolution de la vulnérabilité;
- La capacité actuelle et future à s'adapter aux changements climatiques;
- Les niveaux de risque les plus élevés et les occurrences les plus certaines ou probables.

La technique du groupe nominal a été retenue car elle permet de générer dans un premier temps une liste d'idées importantes, puis de les prioriser par la suite. Elle permet également à chacun des participants de s'exprimer librement et d'empêcher la monopolisation du débat par un individu ou quelques individus. Le résultat obtenu résulte d'un débat d'idées et reflète le point de vue de la majorité. Cependant, l'une des principales limites de cette démarche est qu'elle ne peut être considérée que comme le reflet des idées des participants présents et peut entraîner une surpondération de certains résultats selon la présence ou non de plusieurs participants aux vues ou intérêts convergents.

Les annexes 2 à 12 du présent document présentent sous forme de grilles l'ensemble des idées énoncées et débattues lors des ateliers. Ces grilles sont riches de tous les points de vue exprimés par les participants. Elles contiennent également dans les colonnes de droite la priorisation résultant de l'exercice mené lors des ateliers. Enfin, il faut retenir de ces exercices qu'au-delà des priorités identifiées, les discussions et les grilles ont permis de recenser de nombreuses idées, contributions et pistes de réflexion pertinentes à la question.

2. DÉFINITIONS

Cette section contient la définition des principaux termes utilisés dans le rapport.

Adaptation

«*Accommodation des systèmes naturels ou des systèmes humains aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, afin d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages. On distingue plusieurs sortes d'adaptation, notamment l'adaptation anticipatoire, autonome et planifiée*» (Lemmen et al., 2008, p.442).

Aléas climatique

Phénomène climatique susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement (adapté de Morin, 2009, p.43)

Avantages des mesures d'adaptation

«*Dépenses d'indemnisation évitées ou avantages résultant de l'adoption et de la mise en œuvre de mesures d'adaptation*» (Lemmen et al., 2008, p.442).

Capacité d'adaptation

«*Somme ou combinaison de toutes les forces et ressources disponibles au sein d'une collectivité, d'une société ou d'une organisation qui peuvent concourir à la réduction des risques ou des conséquences découlant de la manifestation d'un [événement climatique]*» (Morin, 2009, p. 43).

Changement climatique

«*Variation de l'état du climat, que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des forçages externes ou à des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres.*

On notera que la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son article premier, définit les changements climatiques comme des « changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les changements climatiques attribuables aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère et la variabilité du climat imputable à des causes naturelles» (GIEC, 2007, p. 77).

Conséquences néfastes

Estimation des pertes qui pourraient résulter des impacts liés aux changements climatiques (Government of Australia, 2005, p. 22).

Écosystème

«Système interactif composé de tous les organismes vivants et de leur milieu abiotique (physique et chimique) dans une zone donnée. Les écosystèmes correspondent à des échelles spatiales très variables» (Lemmen et al., 2008, p.443).

Effets

Voir «impacts».

Exposition

«La nature et le degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives» (Lemmen et al., 2008, p.443).

Impacts

«Effets défavorables et bénéfiques des changements climatiques sur les systèmes naturels et les systèmes humains. Selon que l'on tient compte ou non de l'adaptation, on peut établir une distinction entre impacts potentiels et impacts résiduels» (Lemmen et al., 2008, p.444).

Risque

Combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement climatique et des conséquences pouvant en résulter sur les éléments vulnérables d'un milieu donné (Morin, 2009, p.44).

Sensibilité

«Degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques. Les effets peuvent être directs (par exemple la modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple les dommages causés par une augmentation de fréquence des inondations côtières en raison d'une élévation du niveau de la mer)" (GIEC, 2007, p.87).

Variabilité du climat

«Variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts types, phénomènes extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà de la variabilité propre à des phénomènes climatiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe)" (GIEC, 2007, p.88).

Vulnérabilité

Condition, résultant de facteurs physiques, techniques, sociaux, économiques et environnementaux, qui prédispose les éléments exposés aux impacts des changements climatiques à subir des préjudices et/ou des dommages (adapté de Morin, 2009, p. 44). «*La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de l'évolution et de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation*» (GIEC, 2007, p.89) (voir aussi la figure 1 ci-dessous).

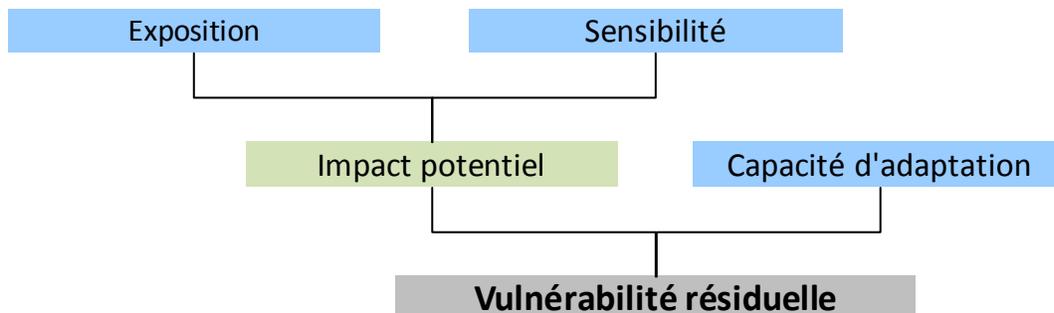


Figure 1. La vulnérabilité et ses composantes (traduit de Government of Australia, 2005, p.20).

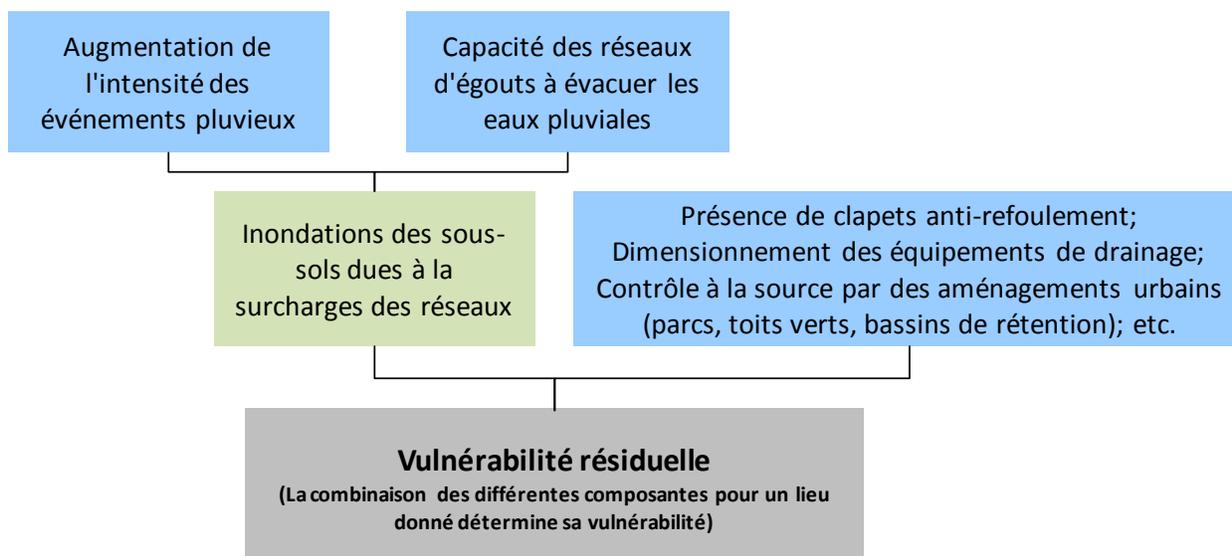


Figure 2. Exemples de composantes de la vulnérabilité

3. ACRONYMES ET SIGLES

ASSS	Agence de la santé et des services sociaux
CC	Changement climatique
CCCBPI	Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies
CCME	Conseil canadien des ministres en environnement
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec
EITU	Effet d'îlot thermique urbain
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GTDS	Groupe de travail sur le développement de la stratégie
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MDEIE	Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
MFQ	Ministère des finances du Québec
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
MSP	Ministère de la Sécurité publique
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec
MTO	Ministère du Tourisme du Québec
MTQ	Ministère des Transports du Québec
RNCAN	Ressources naturelles Canada

4. VULNÉRABILITÉS CLIMATIQUES DU QUÉBEC

Cette section du rapport présente les composantes des vulnérabilités climatiques du Québec en les regroupant sous quatre grands thèmes. Tout d'abord, les composantes sont traitées sous l'angle des communautés urbaines et rurales (A). Sont abordés dans cette section la santé et la sécurité des populations, les bâtiments, les ressources hydriques et les divers modes de transport. Puis, la section suivante porte sur les secteurs socio-économiques (B): agriculture, énergie, foresterie, et tourisme et loisirs. Cette section se termine par une analyse générale des composantes des vulnérabilités du secteur tertiaire. La troisième section (C) porte sur les écosystèmes et la biodiversité et se divise en trois sous thèmes: écosystèmes aquatiques, écosystèmes des milieux humides et côtiers et écosystèmes terrestres. Les composantes sont enfin traitées sous l'angle de grandes zones géographiques (D): Sud, Maritime, Centre et Nord.

A. COMMUNAUTÉS URBAINES ET RURALES

Avec ses «7,7 millions de personnes (2006)» [B, p.16], le Québec est la deuxième province en importance au Canada. Une grande partie de sa population «(82%) [...] se concentre [...] dans le sud du territoire et le long du Saint-Laurent» [B, p.16], le reste étant réparti dans d'autres régions où «l'économie est davantage axée sur l'exploitation des ressources naturelles. Le Québec est urbanisé : 75% de sa population demeure dans 73 villes de plus de 10 000 habitants, dont 54% dans les neuf villes de plus de 100 000 habitants» [B, p.16], et son économie est diversifiée. «Le territoire rural (80% du territoire habité) représente 1,6 million de personnes (22% de la population) vivant dans près de 1 000 agglomérations» [B, p.16]. Enfin, «la population autochtone totale avoisine les 87 000 personnes (77 000 amérindiens et 10 000 Inuits)(Secrétariat aux affaires autochtones, 2007)» [B, p.16].

«Selon le plus récent scénario de référence de l'Institut de la statistique, la population du Québec pourrait croître de 7,7 millions d'individus en 2006 à près de 9 millions en 2056. Une situation démographique moins favorable amènerait plutôt un plafonnement à près de 8,3 millions de personnes en 2029 suivi d'un déclin qui ramènerait la population du Québec à 7,7 millions en 2056. À l'inverse, une très forte croissance pourrait faire augmenter la population du Québec à 11 millions en 2056» [B, p.16].

Par ailleurs, «une proportion non négligeable de la population vit dans des conditions de précarité socioéconomique (INSPQ, 2006). Cette population, concentrée en nombre dans les grandes villes, pose des défis particuliers en matière de vulnérabilité aux changements climatiques, notamment face aux vagues de chaleur, [inondations et autres impacts]. Les progrès, qui seront accomplis pour réduire les taux de faible revenu au cours des prochaines décennies par les différentes mesures d'aide et de soutien au revenu, auront potentiellement un effet direct sur ce type de vulnérabilité» [B, p.21].

Au niveau des régions du Nord, «les Inuits du Nunavik et les Premières nations d'autres régions entretiennent avec leur environnement naturel une relation qui touche de près à l'identité même de leur communauté et à leur culture. En particulier la pêche et la chasse jouent dans ces communautés un rôle majeur tant sur le plan économique que culturel. Ces communautés, qui dans plusieurs cas connaissent un fort développement démographique, sont aux prises avec des changements majeurs apportés par le développement économique et l'évolution des technologies et des moyens de communication. Les changements climatiques viendront s'insérer dans cet ensemble de changements avec lesquels ces sociétés devront composer» [B, p.21].

i. Santé des populations

Portrait de la situation actuelle au Québec

«La croissance marquée du nombre d'aînés partout au Québec constitue un phénomène démographique important. En 2031, le nombre de personnes âgées de 65 ans et plus dépasserait les 2 millions et leur poids démographique excéderait les 20 % dans toutes les régions, sauf dans le Nord-du-Québec» [B, p.17]. «Ce vieillissement de la population doit être analysé en combinaison avec l'évolution de l'état de santé de la population québécoise qui, selon l'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ, 2006), évolue positivement pour les différentes régions administratives du Québec. En effet, la majorité des indicateurs socioéconomiques et de santé indiquent une amélioration graduelle et constante de l'état de santé, contrairement au rapport précédent qui avait signalé un accroissement potentiel du nombre de personnes vulnérables pour diverses raisons (sédentarité, excès de poids, personnes âgées vivant seules)» [B, p.18].

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. Hausse des températures et allongement de la saison chaude [voir B, p.85] associés « à un taux d'humidité élevé ainsi que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses » [B, p.6].</p> <p>2. « Les projections climatiques actuelles tendent vers une modification de la distribution intra-mensuelle des événements de pluie durant l'été ainsi que vraisemblablement, à une augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a) » [B, p.91].</p> <p>«Modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur [...] des sécheresses » [A, p.195].</p> <p>Des « températures au-dessus du point de congélation plus fréquentes et [...] une proportion plus grande de précipitations sous forme liquide plutôt que solide au cours des mois d'hiver » [B, p.45].</p> <p>3. «Augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitation intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas) en Amérique du Nord, bien qu'une certaine incertitude persiste (Field et al., 2007)» [B, p.68].</p>
Sensibilité	<p>1. « La hausse des températures moyennes pourrait [...] entraîner une augmentation du taux annuel de mortalité» [B, p.85]. «Cette augmentation toucherait la plupart des régions du Québec, à l'exception de la Côte-Nord et de la Gaspésie, avec une progression d'intensité de l'est vers l'ouest » [B, p.85].</p> <p>« Le groupe [de personnes âgées de] 65 ans et plus sont historiquement beaucoup plus vulnérables aux changements climatiques [exposition à la chaleur] que le groupe des 15 à 65 ans (Doyon et al. 2006) » [A, p.202].</p> <p>La sensibilité à la chaleur est accrue en milieu urbain à cause de l'effet d'îlot thermique urbain (EITU) [voir A, p.203].</p>

« Indirectement, la chaleur peut également aggraver des pathologies chroniques, comme le diabète, l'insuffisance respiratoire et l'insuffisance rénale. » [A, p.203].

D'autres facteurs « pouvant aggraver l'impact des vagues de chaleur [incluent] : « 1) le fait de vivre seules pour les personnes âgées; 2) la précarité économique; 3) une mobilité restreinte; 4) des problèmes neurologiques chroniques (épilepsie, sclérose en plaques); 5) le soutien social; 6) le type de logement occupé (dont certains types d'immeubles de logements); 7) l'accès à des activités récréatives lors des périodes de canicule (tels que lieux de baignade) (Bélanger et al. 2006) » [A, p.203].

L'allongement de la saison chaude inciterait « la population à vivre davantage à l'extérieur et s'exposant ainsi davantage aux rayons UV (Hill et al., 1992; Diffey, 2004), effet quantitativement plus important que celui qui découle de l'amincissement de la couche d'ozone » [A, p.208].

« La population urbaine (80,4 % des Québécois) est particulièrement vulnérable aux problèmes de qualité de l'air, surtout dans la région de l'île de Montréal (ISQ, 2005a, 2005b) » [B, p.87].

L'augmentation de la concentration atmosphérique de certains pollens peut susciter « une recrudescence des affections allergiques, telles que la rhinite allergique et l'asthme (McMichael et al., 2003) » [A, p.204]. « La rhinite allergique touche surtout les personnes âgées de 15 à 44 ans (Garneau et al. 2006) » [A, p.204].

« L'ozone troposphérique [O₃] est responsable de dommages aigus et chroniques au système respiratoire; les réactions aiguës étant particulièrement préoccupantes chez les asthmatiques » [B, p.87]. « Une grande part des émissions de CO₂ est reliée à l'utilisation des sources d'énergie fossiles, qui sont aussi associées aux émissions des précurseurs de l'ozone troposphérique et des particules fines » [A, p. 204].

2. « Les eaux de surface représentent environ 80% des volumes d'eau utilisés au Québec (Mailhot et al., 2004 ; Rousseau et al., 2004) » [A, p.196]. « Les pénuries d'eau [...] représentent un risque accru en cas d'incendie » [A, p. 204]. En cas de sécheresses, « les familles déjà en situation précaire vivraient davantage d'insécurité sur le plan alimentaire, en ayant à acheter leur eau (Direction de la santé publique de la Montérégie, 2004) » [A, p.204].

« Les jeunes enfants, les personnes âgées et les malades chroniques risquent davantage de présenter des symptômes sévères résultant de la contamination de l'eau » [A, p. 204]. « Les amateurs d'activités aquatiques sont particulièrement vulnérables à la contamination par biotoxines naturelles (Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux, 2003; MDDEP, 2005b) » [A, p. 204].

1. et 2. Des hivers plus doux, une saison chaude plus longue et une augmentation des précipitations sous forme de pluie [Ouranos] pourraient « modifier l'aire de distribution des parasites et des maladies transmises par des animaux, des insectes et des tiques, entraînant une hausse des maladies infectieuses existantes ou même l'apparition de nouvelles maladies infectieuses au Québec » [A, p. 205].

<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>1. Réchauffement moyen, vagues de chaleur et EITU : « <i>Des températures plus élevées associé à un taux d'humidité élevé ainsi que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses représentent des risques importants pour la santé humaine</i> » [B, p. 6].</p> <p>« <i>Un climat plus chaud et plus humide augmente la concentration atmosphérique de certains pollens (McMichael et al, 2003)</i> » [A, p.205].</p> <p>L'augmentation des températures a une incidence sur la pollution atmosphérique : « <i>L'Organisation mondiale de la santé a émis l'hypothèse qu'un climat plus chaud et plus humide augmente la concentration atmosphérique de certains pollens suscitant, par le fait même, une recrudescence des affections allergiques et l'asthme (McMichael et al., 2003)</i> » [B, p.87].</p> <p>« <i>L'ensoleillement contribue [...] à la formation d'ozone troposphérique (O₃) – composant principal du smog – dans les milieux urbains</i> » [B, p.87]. « <i>Une augmentation des extrêmes de température [...] se manifesteraient [...] par une hausse de la fréquence et de la durée des périodes de canicule et de smog (House et Brovkin, 2005; Organisation mondiale de la santé, 2005)</i> » [A, p.204]</p> <p>2. La « <i>modification de la distribution intra-mensuelle des événements de pluie durant l'été ainsi que [...] l'augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a) créent un contexte susceptible de favoriser l'éclosion de maladies infectieuses d'origine hydrique (MacKenzie et al. 1994 ; Rose et al., 2000 ; Thomas et al., 2006 ; Febriani et al., 2008)</i> » [B, p.91]. « <i>Les risques de contamination ... chimique et par biotoxines naturelles sont plus élevés</i> » [A, p. 204].</p> <p>Des changements au niveau de la quantité et qualité des ressources hydriques peuvent avoir un impact sur la santé des populations puisque ceux-ci constituent une source d'eau potable [voir B, p.90-91]. « <i>Dans la région du sud, les effets projetés des changements climatiques sont une baisse des niveaux et des débits des cours d'eau, une modification du régime pluviométrique et une hausse du taux de salinité des eaux du Saint-Laurent (Bourgault, 2001)</i> » [A, p.204].</p> <p>Une augmentation de l'intensité des événements pluvieux « <i>créera un contexte susceptible de favoriser l'éclosion de maladies infectieuses d'origine hydrique</i> » [B, p. 91].</p> <p>1. et 2. Les changements climatiques peuvent contribuer à l'émergence et l'intensification de maladies zoonotiques et à transmission vectorielle [Voir B, p.92].</p> <p>1. et 2. Baisse de productivité suite à la hausse de l'absentéisme du personnel pour maladie (pandémies, allergies, chaleurs, etc.) [MDEIE]</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>1. « <i>En 2006, sept régions sur huit possédaient déjà un plan d'intervention d'urgence en cas de vague de chaleur (MSSS, 2006a)</i> » [B, p.95].</p> <p>Campagnes d'informations auprès de « <i>la population et des groupes vulnérables (MSSS, 2006c) [...] de travailleurs, [...] d'établissement, d'organismes [...] et d'organisations de la santé</i> » [A, p.207].</p> <p>« <i>Une Table québécoise sur l'herbe à poux existe [...] depuis 1999 pour soutenir les</i></p>

actions sur le terrain des partenaires municipaux, privés et non-gouvernementaux en vue de contrôler ce risque (ASSS de la Montérégie, 2007) » [A, p. 206].

« Les stratégies d'adaptation relatives à la préservation de la qualité de l'air portent généralement sur la promotion d'achat de petits véhicules peu énergivores, de déplacements à bicyclette ou à pied, ou encore sur la promotion des transports en commun, dont le gouvernement du Québec (2006b) encourage une hausse annuelle de 8% d'ici à 2012» [A, p.206]. «Le programme Info-smog est maintenant disponible pour tout le Québec méridional, et ce, à longueur d'année (MSSS, 2006b), mais son impact sur les comportements semble négligeable jusqu'ici (Bélanger et al., 2006, Tardif et al., 2006) » [A, p. 206]. « Divers avis de santé publique visant à réduire l'étalement urbain et la circulation automobile ont été émis ces dernières années (Direction de la santé publique de Québec, 2004; King et al., 2005), mais sans effet mesurable jusqu'à ce jour » [A, p. 206]. « Les récentes interventions gouvernementales et municipales sur l'usage des moteurs à l'arrêt et sur la réglementation des poêles à bois n'auront vraisemblablement qu'un effet marginal pour de nombreuses années (Bélanger et al. 2008, 2009) » [B, p.96].

« Pour lutter contre l'EITU, la plantation d'arbres, l'usage de toits verts ou construits avec des matériaux à albédo élevé, de même que l'utilisation et la disponibilité du transport collectif dans certaines régions font l'objet d'un intérêt grandissant (Ducas, 2004; Ville de Montréal, 2005). Certaines directions régionales de santé publique commencent à promouvoir de telles approches en milieu urbain » [B, p.95]

2. « Règlement sur la qualité d'eau » [A, p.206]. « Programmes de suivi de la qualité d'eau de surface, [...] règlement sur la qualité de l'eau potable, [...] programmes de recherche et de développement sur les méthodes de traitement d'eau eau potable» [A, p.206]. Études sur « les maladies d'origine hydrique » [A, p.206-207].

« La capacité de traitement des usines québécoises (à l'état actuel) face aux cyanobactéries et les améliorations déjà en chantier seront amplement suffisantes pour se prémunir de risques liés aux biotoxines provenant de ces algues (Barbeau et al., 2008) » [B, p.90].

1. et 2. « Les zoonoses et les maladies à transmission vectorielle semblent être le secteur où l'on prend le plus d'initiatives d'adaptation au changement climatique, quoique les risques semblent peu élevés en comparaison avec d'autres secteurs socio-économiques » [A, p.207]. Ils incluent la détection précoce, la surveillance en temps réel et l'éducation publique [voir A, p.207].

<p>Conséquences néfastes</p>	<p>« L'étude de Doyon et al. (2006, 2008) sur la mortalité dans les villes de Montréal, Québec et Saguenay prévoit une hausse de la mortalité estivale (de causes non traumatiques) de l'ordre de 2 % pour l'horizon 2020 et de 10 % pour l'horizon 2080, selon le scénario A2 (GIEC, 2001a). Cette hausse ne serait pas compensée par une baisse de la mortalité en automne et en hiver et donc, sur une base annuelle la hausse du taux de mortalité serait de l'ordre de 0,5 % pour la période 2020 et de 3 % pour 2080, soit une augmentation de l'ordre de 150 décès vers 2020 et de 1 400 vers 2080 pour le Québec méridional au sud du 50e parallèle; ces excès n'incluent pas les décès supplémentaires lors de canicules » [B, p.85].</p> <p>« La rhinite allergique représente un sérieux problème de santé publique dans les pays industrialisés, altérant la qualité de vie des populations touchées et causant absentéisme et perte de productivité au travail. Les coûts reliés à l'hospitalisation, aux médicaments et aux consultations médicales sont également importants (Breton et al., 2006; Garneau et al., 2006) » [A, p.204].</p> <p>« Des maladies d'origine hydrique pourraient se manifester si des micro-organismes pathogènes migraient vers les sources d'eau souterraine ou de surface utilisées comme sources d'approvisionnement (CCME, 2005a, b) » [B, p.90].</p>
<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p>L'aménagement d'îlots de fraîcheur par la plantation apporte plusieurs autres avantages, comme une augmentation de la cohésion sociale, une amélioration de la qualité de l'air et une amélioration de l'habitat faunique [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p> <p>« Les solutions d'adaptation passent donc idéalement par une gestion globale, intégrée et adaptée du cycle de l'eau dans les bassins versants [...] élaborées dans un contexte d'aménagement territorial durable, respectant les réalités socioéconomiques et environnementales » [B, p.60].</p>

Les éléments se rapportant à la santé présents dans le document ne se trouvent pas tous dans la présente section. Plusieurs sont abordés dans d'autres sections comme par exemple celles sur la sécurité des populations, l'eau, l'agriculture et les régions. En complément de ce document, le lecteur trouvera à l'annexe 1 un tableau préparé par le MSSS-INSPQ qui synthétise les composantes des vulnérabilités liées à la santé et y associe des enjeux.

La grille portant sur la thématique *Santé de populations*, apparaissant à l'annexe 1, ne résulte pas de la tenue d'un atelier de priorisation des impacts selon la technique du groupe nominal (voir section I.C ci-dessus), mais tente plutôt de traduire les résultats de consultations réalisées auprès de représentants du domaine de la « Santé » en tableau comparable à ceux découlant des exercices de priorisation réalisées avec les autres comités de programme.

Plus d'une vingtaine d'impacts reliés à la santé des populations ont été identifiés lors des consultations. Le réchauffement du climat et les chaleurs extrêmes ont été retenus comme les variables climatiques les plus préoccupantes. Les participants ont, entre autres, souligné que celles-ci allaient engendrer une augmentation des canicules, une hausse de polluants atmosphériques, un allongement de la saison des pollens. Les impacts socio-économiques qui pourraient en découler consistent en une hausse de la

mortalité et des maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi qu'une augmentation des allergies, de l'asthme, des coups de soleil, des cancers et des autres maladies de la peau.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille de l'Annexe 2 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors des consultations, ainsi que de la priorisation établie.

ii. Sécurité des populations

Portrait de la situation actuelle au Québec

Les changements climatiques touchent la sécurité des populations surtout lorsqu'ils provoquent et/ou amplifient des événements climatiques extrêmes, ainsi que lorsqu'ils ont un impact sur les bâtiments et les infrastructures. Plusieurs exemples au Québec illustrent à quel point un événement climatique entraînant des dommages aux infrastructures peut perturber la sécurité des populations. « *On peut noter à cet égard, les inondations du Saguenay en 1996 (MSP, 1996; MTQ 2000), la tempête de verglas de 1998 (MSP, 1999) ou encore des glissements de terrains (Lebuis et al, 1983) et des avalanches (Lied et al., 2000; Sécurité publique Canada, 2006) provoqués par des précipitations importantes* » [B, p.39]. Des exemples plus récents incluent les inondations sur la Côte-Nord en 2005, du rond-point l'Acadie à Montréal en 2006 et dans la vallée de la Rivière-au-Renard en 2007, ainsi que les feux de forêt de Chibougamau en 2005. [Ouranos].

Compte tenu que les vulnérabilités rattachées à la sécurité publique sont également liées à la santé (voir pp. 7-11) et à l'environnement bâti (voir pp. 15-19), le lecteur est invité à consulter également ces sections. Le tableau ci-dessous se concentre sur la vulnérabilité face aux impacts des aléas climatiques, comme par exemple les inondations, l'érosion côtière, le verglas, les feux de forêts, les glissements de terrain et les avalanches.

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. « <i>Augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitation intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas) en Amérique du Nord, bien qu'une certaine incertitude persiste (Field et al., 2007)</i> » [B, p.68].</p> <p>2. « <i>Les cyclones extratropicaux affectant le territoire québécois pourraient être moins nombreux mais beaucoup plus intenses et donc que l'envergure des événements climatiques extrêmes à venir pourrait être plus grande</i> » [B, p.46]. De plus, « <i>les projections climatiques actuelles tendent vers une modification de la distribution intra-mensuelle des événements de pluie durant l'été ainsi que vraisemblablement, à une augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a)</i> » [B, p.91].</p> <p>« <i>Le nombre annuel d'événements de chutes de neige diminuerait alors que le nombre d'événements de pluies hivernales augmenterait tout comme les événements de redoux. La quantité de précipitations par événement serait aussi en hausse d'environ 10 et 20% pour les chutes de neige et la pluie hivernale respectivement</i> » [B, p.77].</p> <p>3. « <i>Allongement de la saison de croissance et d'une augmentation de l'occurrence de la foudre (Wotton et Flannigan, 1993)</i> » [B, p.68].</p> <p>« <i>Modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur [...] des sécheresses</i> » [A, p.195].</p>
Sensibilité	<p>1. « <i>L'augmentation de la fréquence, de l'intensité ou de la durée des événements climatiques extrêmes telles les précipitations (et les perturbations associées) représente des risques accrus pour des infrastructures vieillissantes</i> » [B, p.6].</p> <p>« <i>La modification des paramètres climatiques, pour lesquels [les] bâtiments et infrastructures ont été bâtis, affecte directement leur capacité à fournir les services prévus et dans certains cas met en jeu la sécurité des populations et leur bien-être</i> » [B, p.24].</p> <p>« <i>Les impacts directs et indirects des conditions climatiques sur l'environnement naturel et bâti augmenteraient probablement les risques pour la sécurité de populations isolées dans le nord</i> » [B, p.94]. « <i>Les tendances climatiques récentes ne semblent pas étrangères à la survenue de l'avalanche à Kangiqsualujjuaq en 1999</i> » [A, p. 203].</p> <p>2. « <i>Les événements météorologiques extrêmes prennent souvent la forme de fortes quantités de pluie, causant fréquemment des crues importantes.</i> » [B, p.78].</p> <p>« <i>Les inondations provoquées par les crues de rivières demeurent parmi les événements hydroclimatiques les plus dommageables (Ashmore et Church, 2001; Brissette et al., 2003; Ouranos, 2004) auxquels le Québec doit faire face (MSP, 1996)</i> » [B, p. 57].</p> <p>« <i>Les principales craintes à l'égard des infrastructures par rapport aux</i></p>

	<p><i>changements climatiques sont liées à des changements quant à la durée, la fréquence et/ou l'intensité des événements de pluie (Mailhot, 2007a), tant en milieu urbain que rural. Des événements de ce type, pouvant amener des inondations telles que celles du rond-point l'Acadie à Montréal en 2006 et de Rivière-au-Renard en août 2007, pourraient devenir plus fréquents » [B, p.39].</i></p> <p>3. « <i>Les pénuries d'eau [...] représentent un risque accru en cas d'incendie (Enright, 2001) » [B, p.90].</i></p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>1. « <i>Les événements climatiques extrêmes tels les sécheresses, pluies intenses, orages et tempêtes, vagues de froid et canicules représentent des dangers réels pour la santé et même la survie de plusieurs groupes de population notamment les plus vulnérables » [B, p. 25].</i></p> <p>« <i>Les effets directs sur la santé des tempêtes hivernales se traduisent par des blessures, des engelures, de l'hypothermie et, quelquefois, par des décès (Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 2005) » [A, p.203].</i></p> <p>2. « <i>Les précipitations plus abondantes pourront provoquer des inondations, des glissements de terrain et des avalanches » [B, p.40].</i> Par contre, l'impact des changements climatiques sur les inondations provoquées par les crues de rivières (embâcle de glace ou débit intense lié à un évènement de précipitation extrême) demeure incertain [voir B, p. 55 et 57].</p> <p>« <i>Au cours des prochaines décennies, on s'attend [...] à] des changements dans l'intensité et la fréquence des crues d'été et d'automne. Des changements sont aussi possibles dans les volumes annuels d'écoulement (Rousseau et al., 2003; Nantel et al., 2005) » [B, p. 54-55].</i></p> <p>« <i>Les effets indirects prennent la forme de maladies infectieuses ... causées par les matières contaminantes présentes dans l'eau des crues et les gastro-entérites dues à la contamination microbiologique des sources d'eau potable; des problèmes respiratoires liés aux moisissures sont aussi répertoriés » [A, p.202].</i></p> <p>3. « <i>Le réchauffement climatique pourrait aussi accroître la fréquence des feux de forêt dans plusieurs écosystèmes en raison notamment de l'allongement de la saison de croissance et d'une augmentation de l'occurrence de la foudre (Wotton et Flannigan, 1993) » [B, p.68]</i></p> <p>« <i>Des températures montantes pourraient augmenter les glissements de terrain » [B, p.78] et « accroître la fréquence des feux de forêts » [B, p.68].</i></p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p><i>Loi sur la sécurité civile [B, p.204].</i></p> <p>« <i>La gestion par bassins versants, actuellement en voie de réalisation, permettra d'assurer une approche écosystémique de la gestion de l'eau incluant les acteurs de santé publique (MDDEP, 2004). D'autre part, il serait souhaitable pour plusieurs d'élaborer et d'encourager de nombreuses autres initiatives d'adaptation aux événements météorologiques extrêmes (Giguère et Gosselin, 2006a), notamment :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ <i>la valorisation de la planification préventive</i> ▫ <i>la modélisation et la communication des risques sur les différents types</i>

	<p><i>d'événements,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ <i>la recherche en matière d'impacts sur la santé à court et long terme,</i> ▫ <i>la recherche sur le perfectionnement des mesures d'urgence dans le domaine sanitaire.</i> <p><i>Le MSSS (Gouvernement du Québec, 2006a) a annoncé son intention de mettre sur pied d'ici 2012 un système de surveillance et de suivi épidémiologique des conséquences des événements météorologiques extrêmes, et ces travaux sont en cours. » [B, p.97].</i></p> <p>Cartes des zones à risque [Ouranos].</p> <p>Cadre de prévention des risques naturels [Ouranos].</p> <p>Schéma/plan de sécurité publique [Ouranos].</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes qui produisent des services écologiques favorables à l'adaptation aux changements climatiques dans la planification du territoire, comme les schémas d'aménagement des MRC, est un outil d'adaptation rentable et efficace [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p><i>« La menace constante de perdre le patrimoine bâti, privé ou public [...] constitue parfois un enjeu de sécurité publique, lorsque l'érosion ou la submersion menace les infrastructures critiques » [B, p.37].</i></p> <p><i>«Infrastructures critiques» [B, p.37].</i></p> <p>Pertes en vies humaines et dommages matériels [Ouranos].</p> <p>Pertes de moyens de subsistance [Ouranos].</p> <p>Recul du pouvoir d'achat et de la production [Ouranos].</p> <p>Effets psychosociaux [Ouranos].</p> <p>Obstacle au développement et à la croissance économiques [Ouranos].</p> <p>Rupture de services en transport problématique en situation d'urgence [MTQ].</p>
<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p>Aménagement plus durable et pérennité des infrastructures [Ouranos].</p> <p>Diminution du coût des assurances [Ouranos].</p> <p>Diminution des coûts liés aux frais des services d'urgence [Ouranos].</p> <p>Diminution des coûts liés aux infrastructures [Ouranos].</p> <p>Garantie de la fonctionnalité des infrastructures de transport en tout temps [MTQ].</p>

iii. Environnement bâti

Portrait de la situation actuelle au Québec

« L'environnement bâti a connu une progression fulgurante au Québec depuis le début du XXe siècle, s'expliquant par l'urbanisation, l'enrichissement, les développements technologiques, la croissance et l'étalement de la population, ainsi que par l'interdépendance et la complexité croissante des activités socio-économiques » [A, p.178].

« Au cours des dernières années beaucoup d'attention a été accordée au problème des infrastructures vieillissantes notamment dans les municipalités, plusieurs ayant déjà dépassé leur durée de vie utile (Infrastructure Canada, 2004; Villeneuve et al., 1998). À cet égard, les besoins en nouvelles infrastructures mais surtout en réhabilitation d'infrastructures existantes demeurent et demeureront importants, et les investissements massifs attendus et prévus au cours des prochaines décennies sont déjà amorcés (Statistique Canada, 2006) » [B, p.21].

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. « Augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitations intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas [et sécheresses]) en Amérique du Nord, bien qu'une certaine incertitude persiste (Field et al., 2007) » [B, p.68].</p> <p>2. « Augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a) » [B, p.91].</p> <p>3. « Hausse du niveau de la mer » [B, p.34] et « disparition des glaces marines et côtières » [B, p.35] liées à l'augmentation des températures.</p> <p>4. « Augmentation des redoux hivernaux et cycles gel-dégel » [B, p.35]. Des « températures au-dessus du point de congélation plus fréquentes et ... une proportion plus grande de précipitations sous forme liquide plutôt que solide au cours des mois d'hiver » [B, p. 45].</p> <p>« Le nombre annuel d'événements de chutes de neige diminuerait alors que le nombre d'événements de pluies hivernales augmenterait tout comme les événements de redoux. La quantité de précipitations par événement serait aussi en hausse d'environ 10 et 20% pour les chutes de neige et la pluie hivernale respectivement » [B, p.77].</p> <p>5. « Les augmentations de températures dans le Nord seront encore plus prononcées que pour le reste du Québec, pouvant atteindre en 2080 une moyenne de 2,6°C en été et 7°C en hiver » [B, p.28].</p> <p>6. « Modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur des étiages et des sécheresses » [A, p.195].</p>

<p>Sensibilité</p>	<p>Les bâtiments existants les plus âgés ont été conçus selon une relative stationnarité climatique. « <i>L’environnement bâti devient vulnérable au moment d’évènements climatiques dépassant un seuil coût/risque établi.</i> » [A, p.178]. Ils sont donc potentiellement sensibles à des évènements nouveaux ou amplifiés. [voir A, p.178].</p> <p>« <i>L’interdépendance entre les infrastructures nous rend encore plus vulnérables aux défaillances provoquées par un événement climatique (Bruce et al., 1999; Kirshen et al., 2007; Chang et al., 2007)</i> » [B, p.38].</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. L’assèchement des terres est un enjeu « <i>dans des zones argileuses comme dans les régions de Montréal et de l’Outaouais</i> » [B, p.39]. 2. Les « <i>craintes à l’égard des infrastructures par rapport aux changements climatiques sont liées à des changements quant à la durée, la fréquence et/ou l’intensité des événements de pluie (Mailhot, 2007a), tant en milieu urbain que rural</i> » [B, p.39]. 3. « <i>La valeur du patrimoine bâti menacé par l’érosion d’ici 30 ans est importante : uniquement pour la Côte-Nord à l’est de Tadoussac, plus de 50% des bâtiments des collectivités côtières abritant près de 100 000 personnes sont à moins de 500 mètres de la rive (Dubois et al., 2006)</i> » [A, p.190]. « <i>Le processus d’érosion côtière en cours s’accélérait, il entraînerait une plus grande vulnérabilité des infrastructures, de l’environnement bâti ou encore des attraits touristiques</i> » [A, p.216]. <p>Plus grande exposition des infrastructures maritimes du nord à des conditions extrêmes étant donné une plus grande mobilité des glaces, des niveaux d’eau extrêmes, réduction de la période d’englacement, etc. : Endommagement prévisible de ces infrastructures [MTQ].</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. « <i>Une augmentation des cycles gel/dégel dans certaines régions qui affecteront la conception et l’entretien des infrastructures, tant en surface que sous terre</i> » [B, p.39]. 5. « <i>Le Nord du Québec [...] verrait sa population augmenter fortement en pourcentage à l’horizon 2031. Ces variations dans l’évolution régionale des populations affecteront les problématiques d’occupation du territoire créées par les changements climatiques [...] où elle accentuera la difficulté de localisation des bâtiments</i> » [B, p.17]. <p>« <i>Dans les zones où le sol est constitué de dépôts meubles contenant de la glace, la fonte du pergélisol cause des tassements et des déformations de sol susceptibles d’endommager les infrastructures</i> » [A, p.184].</p> <p>Localisation des infrastructures en zones de risques naturels [Ouranos].</p> <p>Forte dépendance des communautés et des activités socio-économiques sur les infrastructures [Ouranos], notamment pour les communautés isolées du nord [MTQ].</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Eaux de surface – variation de la quantité et la qualité d’eau dans les plans d’eau [MDDEP-CEHQ] [C.P. Environnement bâti].
--------------------	---

<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>« Les événements climatiques extrêmes présentent sans doute les risques les plus grands pour les infrastructures (GIEC 2007b; Bruce et al., 1999; Auld et al., 2004), mais les changements graduels les affecteront aussi de manière significative » [B, p.39].</p> <p>« On distingue trois grands types d'impacts directs des changements climatiques pour les infrastructures et l'environnement bâti (Ingénieurs Canada 2008, Infrastructure Canada 2006; Auld et al., 2004 ; Case, 2008) : Les problèmes structurels et la perte de fonctionnement suite à des charges excédant celles pour lesquelles la structure a été conçue à l'origine [...], une accélération du rythme d'usure des matériaux, traduite par une diminution générale de la durabilité des matériaux, de la corrosion, etc. ..., et une perte de la performance optimale de l'infrastructure » [B, p.39].</p> <p>Les impacts directs « portent sur l'environnement bâti, composé à la fois des bâtiments résidentiels et non-résidentiels et des infrastructures publiques et privées. La modification des conditions climatiques, pour lesquels ces bâtiments et infrastructures ont été bâtis, affecte directement leur capacité à fournir les services prévus et dans certains cas met en jeu la sécurité des populations et leur bien-être. À cet égard, l'Arctique québécois et le littoral [de la sous-région maritime du Québec] sont particulièrement vulnérables. » [B, p.24].</p> <p>« Les impacts indirects des changements climatiques sur l'environnement bâti sont essentiellement liés aux conséquences de ces derniers sur l'environnement naturel. Par exemple, les précipitations plus abondantes pourront provoquer des inondations, des glissements de terrain et des avalanches qui affecteront à leur tour les infrastructures qui se trouvent localisées dans ces zones à risque » [B, p.40].</p> <p>1. et 2. « Les inondations provoquées par les crues de rivières demeurent parmi les événements hydroclimatiques les plus dommageables (Ashmore et Church, 2001 ; Brisette et al., 2003 ; Ouranos 2004) auxquels le Québec doit faire face (MSP, 1996) » [B, p.53].</p> <p>1. « L'assèchement des sols, dû aux températures plus élevées et aux périodes sans pluie, particulièrement dans les zones argileuses ..., pourrait aggraver les problèmes d'apparition de lézardes dans les fondations » [B, p.39]</p> <p>2. « Une hausse des précipitations abondantes toucherait le milieu urbain, provoquant une surcharge pour les infrastructures municipales ainsi que des crues subites sur les bassins versants ruraux » (selon Mailhot et al., 2007) [A, p.200]. Elle pourrait également provoquer une défaillance des infrastructures essentielles [C. P. Environnement bâti].</p> <p>3. « L'élévation du niveau de la mer, la disparition progressive de l'englacement, la géologie de certaines côtes et les régimes possiblement changeants des tempêtes semblent en effet se conjuguer pour entraîner une intensification du processus naturel d'érosion » [le long des berges] [A, p.174]. « La sous-région maritime [...] assistera vraisemblablement à une accentuation de l'érosion des berges le long de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, là où se situent justement les principales zones socio-économiques » [A, p.174]. L'intensification de l'érosion des côtes</p>
---	--

	<p>menace à la fois les propriétés et les infrastructures publiques telles les routes situées dans des endroits vulnérables [MTQ].</p> <p>4. Les redoux hivernaux et l'augmentation des cycles gel-dégel pourraient affecter la densité de la neige et donc la charge (poids) de celle-ci lorsqu'elle s'accumule sur les toitures. [Ouranos].</p> <p>5. « <i>Le transfert de chaleur dans le sol provoquera inévitablement une fonte partielle du pergélisol (Lawrence et Slater, 2005). [...] cette dégradation du pergélisol [...] entraîne déjà des affaissements de terrain ainsi que la création et l'expansion de petits lacs de thermokarst (Seguin et Allard, 1984) » [B, p.28].</i></p> <p>1., 2., 3., 4. et 5. Baisse de productivité et précarité financière des entreprises devant soit investir en amont et en aval pour solidifier leurs infrastructures ou se délocaliser [MDEIE].</p> <p>6. Enjeux municipaux pour l'approvisionnement en eau de surface et pour le traitement des eaux usées [C.P. Environnement bâti].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>Les usagers et les ingénieurs sont de plus en plus sensibilisés à la problématique climatique (Institut canadien des ingénieurs, 2006) et la capacité d'adaptation semble donc croissante (Infrastructure Canada, 2006). « <i>Selon la durée de vie de l'infrastructure, son stade de vie ou la fréquence des activités d'entretien ou de réhabilitation, il peut être plus ou moins facile (sur les plans techniques, économiques, sociaux, environnementaux, etc.) d'adapter l'infrastructure aux conditions changeantes. ... Des mesures d'adaptation peuvent s'intégrer à tous les stades du cycle de vie d'une infrastructure, que ce soit : avant (par exemple, le choix de la localisation au moment de planifier l'infrastructure), pendant (par exemple, l'ajout d'un facteur de sécurité à sa conception ou les types de matériaux à privilégier pour la phase construction) ou après la construction (par exemple, le type de programme d'entretien à mettre en place ou la façon de réhabiliter l'infrastructure) » [voir B, pp.40].</i></p> <p>Lois et réglementation [ex. Loi sur l'aménagement et l'urbanisme, Règlements de construction] [Ouranos].</p> <p>La protection, la restauration ou l'aménagement d'écosystèmes peut constituer des solutions rentables pour protéger les infrastructures. Des études sont en cours à cet effet [MDDEP].</p> <p>1. et 2. « <i>En ce qui concerne les principales inquiétudes reliées aux changements climatiques anticipés, outre les initiatives déjà prises notamment par le MTQ et certaines municipalités, des études sur les impacts de la gestion des eaux pluviales sont en cours afin de vérifier l'efficacité réelle de différentes solutions d'adaptation sur le plan technique et économique » [B, p.40].</i></p> <p>2. « <i>Suite à plusieurs événements climatiques, des actions ont été entreprises pour diminuer les vulnérabilités des infrastructures et des milieux bâtis. Ainsi, le MTQ et la Ville de Québec ont décidé d'imposer le « surdimensionnement » de certains ouvrages de gestion des eaux pluviales, comme les ponceaux » [B, p.6].</i></p> <p>« <i>Dans un contexte d'infrastructures vieillissantes, Mailhot et al. (2007a) ont</i></p>

	<p><i>souligné que les répercussions [...] des événements de pluie intense pourraient être limitées :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>par la révision de critères de conception des infrastructures et édifices;</i> ▪ <i>par de nouvelles façons d'utiliser les statistiques de précipitations intenses au moment du dimensionnement (Duchesne et al., 2005), et</i> ▪ <i>par une meilleure gestion des eaux pluviales, principalement par l'amélioration du contrôle à la source grâce à un aménagement urbain optimal et une maximisation de l'infiltration » [B, p.62] comme par exemple la mise en place de toits végétalisés [MTQ].</i> <p>3. <i>« Une analyse de risques soutiendrait la décision de construire ou de réhabiliter une infrastructure essentielle éloignée d'un site côtier » [B, p.41].</i></p> <p><i>« Les solutions d'adaptation à l'érosion côtière sont de plusieurs types. Elle vont du zonage afin de limiter les vulnérabilités futures, au retrait préventif des infrastructures et des bâtiments menacés à court ou moyen terme et jusqu'aux travaux de protection tels que recharge en sable des plages, épis protecteurs, enrochements et construction de murs. Le choix des solutions dépend à la fois du coût des solutions techniques disponibles et des enjeux socioéconomiques et environnementaux en cause » [B, p.37].</i></p> <p>4. <i>La Climatic Loads Task Group de la Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI) a fait de l'étude de la densité de la neige une priorité. Une modification des codes du bâtiment pourrait éventuellement résoudre la question pour les nouveaux bâtiments. Le MSP a organisé des rencontres avec les parties prenantes afin d'examiner la question pour les bâtiments plus âgés à toit plat. [Ouranos].</i></p> <p>5. <i>Jusqu'à présent, la planification des communautés nordiques « a tenu compte, autant que possible, de la nature du terrain dans chaque communauté. De plus, la plupart des bâtiments institutionnels (écoles, hôpitaux) et résidentiels sont construits sur des pieux ou des chevalets, favorisant par la circulation de l'air le maintien du sol à des températures approchant celles de l'air (Fortier et Allard, 2003 a et b) » [B, p.29]. « Pour ce qui est de la consolidation et du maintien de l'intégrité des infrastructures qui sont par nécessité bâties sur le pergélisol, diverses solutions sont à l'essai ou ont déjà démontré leur efficacité. À cet égard, les nouvelles connaissances sur le pergélisol qui se trouve sous les infrastructures, ainsi que l'application de solutions et de pratiques de génie civil, aideront à gérer les impacts du changement climatique sur les aéroports, les routes et les bâtiments (Allard et al., 2002b) » [B, p.31].</i></p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p><i>« Les changements climatiques attendus viendront accentuer les besoins de réhabilitation des infrastructures dans la mesure où celles-ci ne pourront plus assurer les services pour lesquels elles ont été conçues » [B, p.21].</i></p> <p><i>« Au plan social, la menace constante de perdre le patrimoine bâti, privé ou public, est source d'anxiété et de frustration et constitue parfois un enjeu de sécurité publique, lorsque l'érosion ou la submersion menace les infrastructures critiques » [B, p.37].</i></p>

	<p>Perte d'un patrimoine collectif considérable [Ouranos].</p> <p>La perte de fonctionnement des infrastructures a des impacts significatifs sur les activités économiques [Ouranos] et la sécurité des populations lors de situations d'urgence [MTQ].</p> <p>Augmentation des frais de réparation et d'entretien [Ouranos].</p>
Avantages des mesures d'adaptation	<p>Le renouvellement des infrastructures et leur réhabilitation constituent une occasion unique de s'adapter aux conditions climatiques futures. « <i>L'impact de l'évolution des risques climatiques pertinents pour l'environnement bâti bénéficierait de :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>la mise au point de meilleurs scénarios climatiques et de meilleurs scénarios d'impacts (tant sur l'environnement naturel que bâti) ;</i> • <i>la prise en considération de l'incertitude climatique dans l'analyse des risques au moment de la conception des infrastructures;</i> • <i>l'intégration de nouveaux seuils de tolérance au risque, appelés à changer en fonction des besoins » [A, p.215].</i> • l'analyse des avantages et des coûts des options d'adaptation [C.P. Environnement bâti] <p>Créer des milieux de vie plus durables. [Ouranos].</p> <p>Gérer les infrastructures sur une base d'analyse de risques [MTQ].</p> <p>Rentabiliser davantage l'investissement [MTQ].</p> <p>Garantir la fonctionnalité des infrastructures [MTQ].</p> <p>Assurer la sécurité des infrastructures [MTQ].</p>

Lors de l'atelier de priorisation des impacts portant sur l'environnement bâti, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur l'environnement bâti pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter? »*

Plus d'une vingtaine d'impacts sur l'environnement bâti ont été identifiés par les participants à l'atelier qui s'est tenu le 7 avril 2010. L'augmentation des températures, le changement dans le régime de précipitations et l'augmentation des précipitations intenses ont été mentionnées le plus souvent comme variables climatiques d'importance. Celles-ci entraîneraient une augmentation des étiages, des inondations et débordements des réseaux, ainsi qu'une augmentation des chaleurs extrêmes. Cela se traduirait par des impacts sur l'approvisionnement en eau de surface et sur le traitement des eaux usées, par une menace de défaillance des infrastructures essentielles, par des problèmes de sécurité des populations et par une diminution de la qualité de vie des populations.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Environnement bâti » de l'Annexe 3 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

iv. Ressources hydriques

Portrait de la situation actuelle au Québec

« Les eaux de surface représentent environ 80% des volumes d'eau utilisés au Québec (Mailhot et al., 2004 ; Rousseau et al., 2004) », alors que les eaux souterraines « sont la source de 20% des approvisionnements en eau potable » [A, pp.195 et 196] et ce, sur 90% du territoire du Québec [MDDEP].

« La provenance des approvisionnements en eau de la population et de l'économie québécoise se répartit entre le Saint-Laurent (environ 45%), les lacs et rivières (35%) et les eaux sous-terraines (20%) » [B, p.53].

« Outre l'approvisionnement, les différents usages de l'eau sont considérés comme des instruments de développement économique et régional. En zones rurale et urbaine de la sous-région sud, les usages de l'eau sont majeurs et nombreux : prélèvements pour des utilisations différentes, telles que l'embouteillage, l'approvisionnement industriel, municipal, piscicole, agricole et minier, ou pour utilisation sur place, comme dans le cas de la production hydro électrique, du transport fluvial, des usages récréatifs, de la pêche et de l'évacuation des eaux usées (Vescovi, 2003; Ouranos, 2004) » [A, p.196].

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. « Augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a) » [B, p.91].</p> <p>Au Canada, les précipitations annuelles moyennes devraient augmenter d'environ 20 % et les précipitations hivernales de 30 % [GIEC, 2008].</p> <p>2. Allongement de la saison chaude [voir A, p.208] avec « des températures plus élevées associé à un taux d'humidité élevé ainsi que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses » [B, p.6].</p> <p>3. « Modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur des étiages et des sécheresses » [A, p.195].</p> <p>4. « Hausse du niveau de la mer » [B, p.34] et « la disparition des glaces marines et côtières » [B, p.35] liées à l'augmentation des températures.</p> <p>5. « Les augmentations de températures dans le Nord seront encore plus prononcées que pour le reste du Québec » [B, p.28].</p> <p>6. Le Centre et le Sud du Québec verront une diminution de l'accumulation de la neige au sol [B, p.13].</p>
Sensibilité	<p>1., 2., 3. et 6. Eaux de surface – variation de la quantité d'eau dans les plans d'eau [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1., 2., 3. et 4. Eaux de surface – variation de la qualité de l'eau brute</p>

	<p>d’approvisionnement [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1., 2., 3. et 6. Eaux souterraines – variation de la quantité des eaux souterraines [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1., 2. et 3. Le service écologique de purification de l’eau est atténué par la dégradation et la conversion des écosystèmes [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p> <p>4. Eaux souterraines – variation de la qualité des eaux souterraines [MDDEP-CEHQ].</p> <p>5. « <i>Pour plusieurs villages [dans le Nord], l’enfouissement des déchets dans le pergélisol en dégel polluerait les nappes phréatiques, les cours d’eau et les terrains avoisinants (Furgal et Seguin, 2005) » [A, p. 204].</i></p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>Complexification du traitement des eaux brutes d’approvisionnement (crues et étiages) [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1. Ensablement des prises d’eau [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1. Modification des zones inondables, la détermination desquelles est basée sur l’évaluation des débits de récurrence [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1. Modification de la capacité d’évacuation minimale exigible des barrages en raison des récurrences changeantes des crues de forte intensité [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1., 2. et 3. Complexification de la gestion en temps réel des barrages (Enjeu de gestion de conflits d’usages et de sécurité des populations) [MDDEP-CEHQ].</p> <p>1., 2. et 3. Modification de la ligne des hautes eaux et par conséquent du domaine hydrique de l’État [MDDEP-CEHQ].</p> <p>2. et 3. Enjeu d’approvisionnement pour les usagers; complexification de la gestion des prélèvements et augmentation des conflits d’usage; changement dans les comportements concernant l’utilisation des sources d’eau (eaux souterraines comme alternative); changement de comportement des usagers sur le bassin (construction d’ouvrages de retenue ou de dérivation sur les cours d’eau pour l’irrigation en agriculture); pression sur les eaux souterraines comme alternative aux eaux de surface pour l’irrigation en agriculture; inadéquation de la localisation de la prise d’eau brute [MDDEP-CEHQ].</p> <p>2. et 3. « <i>Dans la sous-région sud, les effets projetés du changement climatique sont une baisse des niveaux et des débits des cours d’eau [...] et une hausse du taux de salinité des eaux du Saint-Laurent (Bourgault, 2001) ».</i></p> <p>2. et 3. « <i>Un adoucissement des hivers et une « tropicalisation » des étés signifieraient une évaporation accrue des eaux naturelles » [B, p.100].</i></p> <p>2.3. Perturbation des processus de production pour certaines entreprises (secteur primaire, pâtes et papier) [MDEIE].</p> <p>3. « <i>L’intensification des étiages risque aussi d’amplifier certains problèmes de pollution des milieux récepteurs en réduisant la dilution bénéfique des contaminants » [B. 53].</i></p>

	<p>4. Contamination de l'eau douce (surface et souterraine) par des eaux salées menant à l'abandon de cette source d'approvisionnement dans le cas des secteurs affectés [MDDEP-CEHQ].</p> <p>5. La fonte du pergélisol pourrait impacter les systèmes d'approvisionnement en eau potable dans le Nunavik [voir A, p. 204] et engendrer des maladies d'origine hydrique et des intoxications reliées à la contamination des nappes phréatiques [MSSS].</p> <p>6. Diminution de la recharge des nappes phréatiques [MDDEP-CEHQ].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p><i>Le Centre de prévention et de contrôle des maladies infectieuses de l'Agence de santé publique du Canada collabore présentement avec l'INSPQ, dans une étude sur les déterminants de la gastroentérite, notamment les écosystèmes, la population, les collectivités et les individus, afin de définir la vulnérabilité aux maladies d'origine hydrique et alimentaire découlant du changement climatique dans le milieu rural du Québec</i> » [B, p.97].</p> <p>Suivi hydrologique en temps réel des cours d'eau [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Système de gestion de la qualité du réseau hydrométrique [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Études hydrologiques, cotes de crues, délimitation des zones inondables [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Plans de gestion de barrage spécifiques [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Règlement sur la gestion du domaine hydrique [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Programme de suivi de la qualité de l'eau [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Établissement d'objectifs environnements de rejets des eaux usées municipales et industrielles pour protéger le milieu récepteur [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Exigences des traitements concernant l'eau potable; contrôles réguliers de la qualité de l'eau potable; mesures de gestion de dépassements de normes; capacité de traitement des usines québécoises face aux biotoxines provenant des cyanobactéries [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Règlements sur le captage des eaux souterraines; sur la qualité de l'eau potable [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Plusieurs règlements encadrant la gestion des eaux usées industrielles [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Loi sur la qualité de l'eau (qui établit un nouveau régime d'autorisation des prélèvements d'eau (surface et souterraine) [MDDEP-CEHQ].</p> <p>Élaboration en cours d'une stratégie gouvernementale de protection et de conservation des sources d'eau potable qui permettra d'établir la vulnérabilité des zones de captage des eaux souterraines ou de surface [MDDEP-CEHQ]</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité].</p>

Conséquences néfastes	<p>Les changements climatiques toucheront « <i>en premier lieu le régime hydrologique des cours d'eau aménagés, mettant en jeu la capacité à respecter toutes les contraintes associées à l'usage multiple des ressources hydriques (production hydroélectrique, alimentation en eau potable, navigation, irrigation agricole, préservation des habitats fauniques, prévention des inondations, etc.)</i> » [B, p.42].</p> <p>« <i>La population en général serait touchée par des pénuries d'eau sur les plans physique et psychologique; les familles déjà en situation précaire vivraient davantage d'insécurité sur le plan alimentaire, en ayant à acheter leur eau (Direction de la santé publique de la Montérégie, 2004). De plus, les pénuries d'eau [...] représentent un risque accru en cas d'incendie, accompagné de blessures, décès et incidences psychologiques importantes pour les familles qui assistent à la destruction de leurs biens personnels (Enright, 2001)</i> » [B, p.90].</p>
-----------------------	---

Lors de l'atelier de priorisation des impacts portant sur les ressources hydriques, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur les usages de l'eau pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?* »

Une vingtaine d'impacts ont été discutés lors de l'atelier qui s'est tenu le 27 avril 2010. Les participants ont évalué que l'augmentation de la température, des changements dans le régime des précipitations ainsi qu'une augmentation des précipitations intenses étaient les variables climatiques les plus déterminantes pour les ressources hydriques. Ils ont associé à ces variables des impacts au niveau de l'étiage, du niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent et de différents cours d'eau ainsi qu'au niveau des crues subites. Ces impacts bio-physiques pourraient avoir des conséquences sur la qualité, l'approvisionnement et le traitement de l'eau, ainsi que sur les conflits potentiels pouvant résulter de la diminution de la ressource. Les dommages aux biens, notamment dans les zones inondables ainsi que la sécurité de populations ont également été jugés prioritaires.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Ressources hydriques » de l'Annexe 4 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

v. Transports

Portrait de la situation actuelle au Québec

« Sur le plan interne, les transports terrestres constituent la part la plus importante des activités de transport des personnes et des marchandises. À cet égard le réseau routier y joue le rôle principal suivi du rail qui assure une bonne part du transport des marchandises. Le réseau routier québécois comprend environ 185 000 km d'autoroutes, de routes nationales, régionales, de rues et de chemins locaux dont plus de 20 000 kilomètres de routes principales. On y retrouve aussi près de 12 000 ponts, tunnels, murs de soutènement, ponceaux et autres ouvrages d'art » [B, p.77].

« Les transports sont essentiels à la vie de tous les jours en assurant les déplacements des personnes et des biens nécessaires aux activités culturelles, sociales et économiques [particulièrement pour les communautés isolées [MTQ]]. Ils constituent l'un des premiers moyens de communication. L'existence de systèmes de transport efficaces, fiables et sécuritaires représente un atout considérable pour l'économie du Québec, leur efficacité étant un élément important de productivité et de compétitivité tant sur le plan interne que dans les échanges avec l'extérieur. Une interruption des voies de transport, même momentanée, peut, surtout en région éloignée, signifier entre autres des risques accrus pour [la sécurité et] la santé humaine, une diminution de la qualité de vie et des pertes économiques importantes pour les producteurs de biens et services tels que les productions agricoles ou les activités touristiques. Globalement, on estime que la demande finale en transport au Québec (c'est-à-dire l'ensemble des achats de biens et de services reliés au transport) représente 12% de la valeur du PIB » [B, p.76].

Transport routier et ferroviaire

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. « <i>Brown et al. (2009) concluent que selon les scénarios climatiques, le climat hivernal de la période 2041-2070 serait plus chaud et plus humide avec une arrivée plus tardive de la période de gel et une arrivée plus hâtive de la période de dégel, ce qui entraînerait une diminution de la période de gel de 24 jours. Le nombre annuel d'événements de chutes de neige diminuerait alors que le nombre d'événements de pluies hivernales augmenterait tout comme les événements de redoux. La quantité de précipitations par événement serait aussi en hausse d'environ 10 et 20% pour les chutes de neige et la pluie hivernale respectivement</i> » [B, p.77].</p> <p>2. « <i>Augmentation des redoux hivernaux et cycles gel-dégel</i> » [B, p.35]. Des « <i>températures au-dessus du point de congélation plus fréquentes et ... une proportion plus grande de précipitations sous forme liquide plutôt que solide au cours des mois d'hiver</i> » [B, p. 45].</p> <p>3. « <i>Les cyclones extratropicaux affectant le territoire québécois pourraient être moins nombreux mais beaucoup plus intenses et donc que l'envergure des événements climatiques extrêmes à venir pourrait être plus grande</i> » [B, p.46].</p> <p>De plus, « <i>les projections climatiques actuelles tendent vers une modification de la distribution intra-mensuelle des événements de pluie durant l'été ainsi que vraisemblablement, à une augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a)</i> » [B, p.91].</p> <p>4. Hausse du niveau de la mer et disparition des glaces marines et côtières [MTQ].</p> <p>5. Hausse des températures et allongement de la saison chaude [voir B. p.85]</p>
Sensibilité	<p>« <i>Le réseau routier est influencé par un climat rigoureux, l'étendue du territoire, la répartition de la population ainsi que la circulation intense des grandes agglomérations (MTQ, 2006b). Ce contexte particulier accroît la sensibilité des infrastructures et des activités de transport au changement climatique</i> » [A, p.200].</p> <p>1.et 2. « <i>La gestion des opérations de viabilité hivernale, qui couvre l'ensemble des mesures prises par les divers acteurs pour combattre ou s'adapter à la dégradation des conditions de circulation en hiver, deviendrait plus complexe, notamment en présence de mélange de plusieurs types de précipitations (pluies, neiges, verglas, grésil)</i> » [B, p.77].</p> <p>2. « <i>Au printemps, après avoir résisté à la déformation due au gel profond, la route doit être en mesure de supporter des charges importantes, alors que la résistance de la chaussée est réduite de 40 % (Frigon, 2003). Or, les scénarios dérivés des modèles climatiques laissent présager une augmentation de l'incidence des épisodes de redoux (Gouvernement du Québec, 2006b)</i> » [B, p.77].</p> <p>3. « <i>La majeure partie du Québec habité, se trouve sur des sols argileux propices aux glissements de terrain et toute hausse du nombre des glissements aurait des conséquences importantes sur la sécurité des personnes et des biens. ... Les</i></p>

	<p><i>nombreux glissements de terrain qui surviennent au printemps ou lors d'événements exceptionnels – comme les pluies diluviennes de juillet 1996 au Saguenay–Lac-Saint-Jean, où plus de 1 000 glissements de terrain ont eu lieu en moins de 36 heures (MTQ, 2000) – en sont la preuve » [B, p.78].</i></p> <p>4. L'érosion et les inondations menacent les routes construites aux abords des côtes de la Gaspésie, de la Côte-Nord et des Îles-de-la-Madeleine. La hausse du niveau de la mer augmente les risques de surcote et de submersion, exposant les hauts de plage, les talus côtiers et les infrastructures à l'action des vagues [MTQ].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p><i>« Les modifications des moyennes de température et de précipitations de même que de la fréquence et de la sévérité des événements climatiques extrêmes affecteront à la fois l'utilisation des moyens de transport et les infrastructures nécessaires à leur fonctionnement. Elles toucheront en particulier le transport terrestre mais aussi les transports maritime et aérien notamment en ce qui concerne les infrastructures » [B, p.76].</i></p> <p>1. et 2. Une plus grande variabilité dans l'intensité et la nature des phénomènes météo et routiers pourrait se traduire par une consommation de fondants plus importante avec les impacts environnementaux en découlant [MTQ].</p> <p>2. Les cycles de gel-dégel accentuent les phénomènes de fluage des revêtements. Ces nouvelles conditions météorologiques pourraient avoir une incidence sur l'état de la chaussée [MTQ].</p> <p>3. <i>« Bien qu'il existe peu de connaissances sur les liens entre le climat et la géologie du Sud du Québec, il est à craindre qu'une augmentation des précipitations intenses due aux changements climatiques ne se traduise par une augmentation encore plus importante du nombre de glissement de terrain et de rupture du réseau routier » [B, p.78].</i></p> <p>5. Une augmentation de la fréquence et l'intensité des journées chaudes pourrait causer des problèmes aux routes, en raison de l'amollissement de la chaussée, de la formation d'ornières, et du fait de la remontée d'asphalte liquide à la surface (par ressuage) sur les chaussées anciennes ou mal construites [MTQ].</p> <p>Le problème de l'orniérage pourrait s'aggraver avec l'allongement de la saison chaude sur les routes empruntées par les poids lourds [MTQ].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p><i>« Un système d'aide aux décisions en viabilité hivernale (nommé DVH-6024), basé sur les informations obtenues des stations équipées de capteurs météorologiques et routiers, a été mis en place par le MTQ en 1999 (Tanguay et Roussel, 2000). Le développement et l'appropriation des technologies liées à la météo routière se poursuivent, notamment en ce qui concerne l'instrumentation fixe et mobile déployée à l'échelle du territoire » [A, p.200]. Ces stations météo-routières (fixes et mobiles) sont utilisées pour améliorer la prise de décision [MTQ].</i></p> <p><i>« L'évolution rapide des méthodes et des connaissances en matière de conception de chaussées et l'apparition de nouvelles technologies et de nouveaux produits ont incité le MTQ à adapter diverses technologies à la réalité québécoise et à concevoir et à mettre au point de nouveaux équipements d'auscultation. Ces activités,</i></p>

	<p><i>réalisées en collaboration avec le milieu universitaire, font l'objet de rencontres et d'échanges techniques ainsi que de projets de recherche conjoints avec plusieurs pays, dont la France (Doré et Savard, 2006) et les États-Unis » [B, p.80].</i> Prévention et monitoring des infrastructures [MTQ].</p> <p><i>« Pour les infrastructures qui ont une durée de vie plus courte, comme une route, il est plus facile d'introduire, au moment de leur réhabilitation ou des activités d'entretien, des solutions d'adaptation à moindre coût » [B, p.41].</i></p> <p><i>« En ce qui concerne les principales inquiétudes reliées aux changements climatiques anticipés, outre les initiatives déjà prises notamment par le MTQ et certaines municipalités, des études sur les impacts de la gestion des eaux pluviales sont en cours afin de vérifier l'efficacité réelle de différentes solutions d'adaptation sur le plan technique et économique. Ingénieurs Canada poursuit ses travaux avec le Comité sur la vulnérabilité des infrastructures publiques (Ingénieurs Canada 2008) et développe des études de cas partout au pays pour promouvoir un outil d'analyse de vulnérabilité. L'Association canadienne de normalisation se penche également sur la gestion des risques pour les infrastructures dans un contexte de changements climatiques et commence à développer des outils pour aider les municipalités » [B, p.40].</i></p> <p>Réglementations (Par exemple la réglementation limitant le poids des véhicules en période de dégel) [Ouranos].</p> <p>Répertorier et évaluer l'état des sites vulnérables aux risques naturels (ex. zone d'érosion ou d'inondation) et développer des stratégies et plans d'action pour les réhabiliter et les conserver face aux changements climatiques [MTQ].</p> <p>Introduction d'innovations et de formation permettant une utilisation plus efficiente du sel sur les voies publiques [MTQ].</p> <p>Le Plan ministériel de mesures d'urgence (MTQ) et de sécurité civile est en continuelle évolution et qu'il inclut et inclura davantage des mesures d'urgence spécifiques aux risques identifiés [MTQ].</p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p>Pour des infrastructures critiques reliées aux services essentiels tels que les transports, la minimisation des risques <i>« peut être difficilement réalisable à un coût raisonnable dans le cas des régions éloignées » [B, p.41].</i></p> <p>Une augmentation des coûts d'entretien sous des latitudes élevées [MTQ].</p> <p>Une plus grande variabilité dans l'intensité et la nature des phénomènes météo et routiers susceptibles d'affecter le réseau routier en période hivernale risque d'avoir un impact au plan de la sécurité routière et le bilan routier [MTQ].</p>
<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p>Mieux planifier le développement et l'entretien des infrastructures [Ouranos].</p> <p>Gérer les infrastructures sur une base d'analyse de risques [MTQ].</p> <p>Rentabiliser davantage l'investissement [MTQ].</p> <p>Garantir la fonctionnalité des infrastructures [MTQ].</p>

	Assurer la sécurité des infrastructures [MTQ]. Remédier à la dégradation accélérée des infrastructures [MTQ].
--	--

Transport aérien

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>« Les températures moyennes augmenteraient pour les trois horizons climatiques, particulièrement pour la saison froide. Les précipitations saisonnières totales augmenteraient aussi, surtout en hiver et au printemps » [A, p.181].</p> <p>« Les augmentations de températures dans le Nord seront encore plus prononcées que pour le reste du Québec » [B, p.28].</p> <p>« Augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitations intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas [et sécheresses]) en Amérique du Nord, bien qu'une certaine incertitude persiste (Field et al., 2007) » [B, p.68].</p>
Sensibilité	<p>« Dans l'Arctique québécois, l'augmentation très rapide et marquée des températures entraînera une fonte accélérée du pergélisol qui exposera les infrastructures et les bâtiments à des risques d'affaissement et de déformation » [B, p.5].</p> <p>Au Nunavik, « les bâtiments et les infrastructures importantes (aéroports, routes) sont partiellement ou totalement construits sur des terrains sensibles. C'est le cas des infrastructures aéroportuaires de treize des quatorze villages, qui sont sous la responsabilité du MTQ, dont la sécurité et l'intégrité sont devenues préoccupantes (Grondin et Guimond, 2005) » [A, p.184].</p>
Impacts potentiels des changements climatiques	<p>« En matière de transport aérien, les impacts potentiels touchent essentiellement aux infrastructures aéroportuaires partiellement construites sur du pergélisol » [B, p.79].</p> <p>« En effet, la fonte du pergélisol a déjà provoqué des tassements et des fissures, et est à l'origine de signes de détérioration que l'on remarque, autant sur plusieurs pistes d'atterrissage que sur les routes qui relient les aéroports aux villages (Beaulac et Doré, 2005) » [B, p.29].</p> <p>« Les modifications des moyennes de température et de précipitations de même que de la fréquence et de la sévérité des événements climatiques extrêmes affecteront à la fois l'utilisation des moyens de transport et les infrastructures nécessaires à leur fonctionnement. Elles toucheront en particulier le transport terrestre mais aussi les transports maritime et aérien notamment en ce qui concerne les infrastructures » [B, p.76].</p> <p>Risque de rupture de remblais [MTQ].</p>

Capacité d'adaptation	« Les mesures d'entretien courantes ont jusqu'à maintenant suffi à assurer la sécurité; toutefois, la hausse des dommages et des activités d'entretien ainsi que la fréquence et les coûts accrus des réparations ont amené le MTQ et Ouranos à élaborer un programme de recherche visant à caractériser le pergélisol en dessous et en bordure des infrastructures (profil thermique, tassements, conditions climatiques), évaluer le comportement de ces infrastructures depuis leur construction, prévoir leur évolution et élaborer des mesures d'adaptation (Beaulac et Doré, 2005; MTQ, 2006a; Allard et al., 2007a) » [B, p.29].
Conséquences néfastes	<p>« Les infrastructures de transport ont des durées de vie qui, dans bien des cas, rejoignent les horizons pour lesquels les impacts des changements climatiques commenceront à se faire sentir de façon nettement perceptible. Le bon fonctionnement de ces infrastructures implique donc de prendre en compte ces nouvelles informations pour en assurer la viabilité à moyen et long terme. Ceci est particulièrement vrai pour les infrastructures de plus longue durée telles que ... les bâtiments aéroportuaires et maritimes » [B, p.79].</p> <p>Dans l'Arctique, « en particulier les pistes d'aéroport de plusieurs villages, essentielles aux communications et aux approvisionnements pourraient être sévèrement endommagées et requérir des travaux d'entretien plus fréquents » [B, p.5].</p>
Avantages des mesures d'adaptation	<p>Un « investissement massif dans les infrastructures constitue une occasion idéale pour intégrer des considérations liées aux changements climatiques dans la conception, la gestion et l'entretien des infrastructures » [B, p.40].</p> <p>Mieux planifier le développement et l'entretien des infrastructures [Ouranos].</p> <p>Gérer les infrastructures sur une base d'analyse de risques [MTQ].</p> <p>Rentabiliser davantage l'investissement [MTQ].</p> <p>Garantir la fonctionnalité des infrastructures [MTQ].</p> <p>Assurer la sécurité des infrastructures [MTQ].</p>

Transport maritime

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. « Une combinaison de facteurs liés aux changements climatiques [hausse des températures et des taux d'évaporation, modification du régime de précipitations] pourrait provoquer une baisse des niveaux d'eau du Saint-Laurent en lien avec une baisse des niveaux d'eau des Grands-Lacs » [B, p.78].</p> <p>2. « La saison des glaces de mer diminuera des deux tiers d'ici 2050 » et prendra fin « avant la fin du siècle dans le golfe du Saint-Laurent » [B, p.36].</p> <p>« Les cyclones extratropicaux affectant le territoire québécois pourraient être moins nombreux mais beaucoup plus intenses et donc que l'envergure des événements climatiques extrêmes à venir pourrait être plus grande » [B, p.46]. De</p>

	<p>plus, « <i>les projections climatiques actuelles tendent vers une modification de la distribution intra-mensuelle des événements de pluie durant l'été ainsi que vraisemblablement, à une augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a)</i> » [B, p.91].</p> <p>3. Augmentation des glaces mobiles [Ouranos]. Des simulations de la dynamique des glaces montrent que la durée de la saison de glace diminuera d'environ 6 semaines dans le Golfe du Saint-Laurent d'ici 2050. Les glaces de mer seront plus mobiles, surtout dans le nord du Golfe [MTQ].</p> <p>4. Hausse du niveau de la mer [MTQ].</p>
Sensibilité	<p>1. « <i>L'une des inquiétudes principales, suscitées par les changements climatiques dans le domaine des transports, est liée à la baisse anticipée des niveaux d'eau du Saint-Laurent en lien avec une baisse des niveaux d'eau des Grands-Lacs</i> » [B, p.78].</p> <p>2. « <i>En ce qui concerne les conditions d'approvisionnement des communautés côtières du golfe et du Nunavik, on peut raisonnablement anticiper un allongement important de la saison de navigation qui les rendra plus faciles et moins coûteuses. Il est possible cependant que la diminution du couvert de glace rende les installations portuaires plus vulnérables</i> » [B, p.78].</p>
Impacts potentiels des changements climatiques	<p>« <i>Les modifications des moyennes de température et de précipitations de même que de la fréquence et de la sévérité des événements climatiques extrêmes affecteront à la fois l'utilisation des moyens de transport et les infrastructures nécessaires à leur fonctionnement [enjeu de sécurité [MTQ]]. Elles toucheront en particulier le transport terrestre mais aussi les transports maritime et aérien notamment en ce qui concerne les infrastructures</i> » [B, p.76].</p> <p>Des événements extrêmes pourraient engendrer un plus grand risque d'incidents environnementaux en mer [MTQ].</p>
Capacité d'adaptation	<p>1. « <i>Parmi les moyens d'adaptation aux profondeurs plus faibles [retrouvées dans la voie maritime], on retrouve la réduction des tonnages transportés, l'utilisation accrue de bateaux à plus faible tirant d'eau, et la réduction de la vitesse de circulation des navires pour minimiser l'effet de 'squat'</i> » [B, p.80].</p> <p>« <i>La gestion par la Commission Mixte Internationale des eaux du système Grands Lacs – Saint-Laurent pourrait aussi intervenir en permettant la modulation des débits sortants du lac Ontario en fonction des besoins de la navigation commerciale</i> » [B, p.80]. Cet élément d'adaptation devrait tenir compte de la gestion de l'eau sur le bassin de la rivière des Outaouais afin d'y minimiser les conflits d'usage, notamment en lien avec la production d'hydro-électricité [Hydro-Québec].</p> <p>Adaptation aux tempêtes et aux glaces mobiles [Ouranos].</p>

<p>Conséquences néfastes</p>	<p>« D’arcy et al., 2005 ont montré que les baisses des niveaux d’eau du Saint-Laurent pourraient atteindre 1 mètre sous le zéro des cartes à Montréal en 2050 [...]. En raison de la très faible marge entre le fond du chenal maritime dans le fleuve et la coque des navires, cette baisse des niveaux pourrait se traduire par l’obligation de réduire à court terme le tonnage des cargaisons. Une telle réduction des tonnages entraînerait des conséquences économiques importantes en affectant la compétitivité du trafic maritime par le fleuve par rapport à d’autres routes maritimes [B, p.78].</p> <p>« Les infrastructures de transport ont des durées de vie qui, dans bien des cas, rejoignent les horizons pour lesquels les impacts des changements climatiques commenceront à se faire sentir de façon nettement perceptible. Le bon fonctionnement de ces infrastructures implique donc de prendre en compte ces nouvelles informations pour en assurer la viabilité à moyen et long terme. Ceci est particulièrement vrai pour les infrastructures de plus longue durée telles que ... les bâtiments aéroportuaires et maritimes » [B, p.79].</p>
<p>Avantages des mesures d’adaptation</p>	<p>Mieux planifier le développement et l’entretien des infrastructures [Ouranos].</p> <p>Gérer les infrastructures sur une base d’analyse de risques [MTQ].</p> <p>Rentabiliser davantage l’investissement [MTQ].</p> <p>Garantir la fonctionnalité des infrastructures [MTQ].</p> <p>Assurer la sécurité des infrastructures [MTQ].</p>

B. SECTEURS SOCIOÉCONOMIQUES

« Première province du Canada sur le plan de la superficie » [A, p. 177], « le Québec avait en 2007 un produit intérieur brut de près de 277 milliards de dollars (ISQ, 2009b) » [B, p.18].

« Son économie diversifiée, largement tournée vers l'extérieur, assure à sa population un haut niveau de vie et lui donne d'importants moyens financiers pour faire face aux impacts potentiels du changement climatique. [...] Il compte maintenant sur un secteur tertiaire qui occupe près de 70% du PIB, contre 30% pour celles des industries productrices de biens des secteurs primaire et secondaire (Statistique Canada, 2007b, p. 41). Tout indique que cette tendance vers la tertiarisation se poursuivra, notamment avec la croissance des industries de l'information, des loisirs et du tourisme ainsi qu'avec la croissance des services de santé » [A, p.177].

« L'économie québécoise est aussi caractérisée par de profondes différences entre ses régions. Si dans le sud du Québec, où l'économie est très diversifiée, les activités manufacturières et tertiaires occupent une place considérable dans la production du travail et dans l'emploi, dans certaines autres régions, les secteurs primaire et secondaire continuent de fournir une part importante des emplois directs (12% à 20%) » [A, p.177]. « Selon les tendances actuelles de la démographie et de la productivité du travail (+1,6% selon Lafrance et Desjarlais, 2006), le Québec connaîtrait une croissance économique soutenue et doublerait sa production d'ici 50 ans (MFQ, 2005) » [A, p.177].

Les entreprises sont vulnérables aux CC si elles sont présentement affectées par les phénomènes météorologiques et ce, particulièrement si elles s'engagent dans des investissements à long terme. Elles pourront aussi être confrontées à des enjeux transversaux des CC comme la fragilisation des infrastructures de transports et de l'environnement bâti, la perturbation des flux de ressources en eau et de l'électricité, la santé de la main d'œuvre, la pérennité des ressources forestières, etc. [MDEIE]. Les entreprises auront fort probablement à faire des modifications, des transformations pour prévenir ou réagir aux impacts des CC [Metcalf et Jenkinson, 2005]. Ces modifications pourraient se traduire par le déménagement de l'industrie pour échapper au risque d'inondation, par l'utilisation de nouvelles cultures mieux adaptées à des conditions météorologiques estivales plus chaudes et plus sèches, etc. Pour les entreprises, les principaux risques sont, entre autres, une augmentation des coûts, une perte de revenus, une augmentation des primes d'assurance.

i. Agriculture

Caractéristiques du secteur au Québec

Les activités agricoles au Québec se concentrent essentiellement dans le Sud ; environ 70% des recettes agricoles provenant du marché sont réalisés dans les cinq régions de la Montérégie, de la Chaudière-Appalaches, du Centre-du-Québec, de la Lanaudière et de l'Estrie [MAPAQ]. *Les superficies cultivées comptaient 1,9 millions d'hectares en culture au Québec en 2006. En même temps, à l'instar de la plupart des pays développés, le nombre de fermes a chuté considérablement entraînant une augmentation de la superficie en culture par ferme (Statistique Canada, 2007) » [B, p.71].*

« En 2008, l'industrie agricole atteignait un produit intérieur brut (PIB) de 3 160 millions de dollars et représentait quelque 61 500 emplois. Le secteur de la production animale représentant près de 68% des recettes agricoles. Les fourrages, les cultures commerciales (maïs, céréales à paille, soya, etc.), les légumes et les pommes de terre occupent plus de 95% des terres cultivées et représentent presque 70% de la valeur de la production végétale » (MAPAQ, 2009).

« La longueur de la saison de croissance des cultures et le cumul de chaleur pendant cette saison représentent des facteurs agro-climatiques fondamentaux qui conditionnent le choix des cultures et les rendements » [B, p.71]. « Les conditions climatiques relativement fraîches et humides de la région agricole du Québec sont favorables aux plantes fourragères et aux céréales [à paille] (blé, orge, avoine, seigle), ce qui explique en partie l'importance de la production laitière dans l'agriculture québécoise. Pour les cultures plus exigeantes en chaleur (ex. maïs, soya), les superficies dédiées sont concentrées dans les régions plus au sud de la province. Notons que la productivité des cultures dont les besoins de chaleur sont importants est généralement supérieure à celle des cultures plus adaptées aux climats frais » [B, p.71]. Ces cultures ont toutefois un impact négatif plus grand au niveau environnemental [MAPAQ].

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<ol style="list-style-type: none"> 1. Températures plus élevées et périodes de croissance plus longues dans le sud du Québec [voir B, p.73]. 2. « Étant donné que la plupart des scénarios climatiques pour le sud du Québec n'indiquent pas d'augmentation significative des précipitations pendant la saison de croissance, il existe une probabilité accrue de stress hydrique due à l'augmentation de l'évapotranspiration occasionnée par les températures plus élevées » [B, p.73]. 3. « Augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a) » [B, p.91]. 4. « Augmentation des redoux hivernaux et cycles gel-dégel » [B, p.35]. Des « températures au-dessus du point de congélation plus fréquentes et ... une proportion plus grande de précipitations sous forme liquide plutôt que solide au cours des mois d'hiver » [B, p. 45.] dans le Sud. 5. « La hausse de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère » [B, p.65]. 6. Le Centre et le Sud du Québec verront une diminution de l'accumulation de la neige au sol [B, p.13].
Sensibilité	<ol style="list-style-type: none"> 1. « Pour des cultures qui profitent de la chaleur estivale et d'une longue saison de croissance (le maïs et le soya), on prévoit une augmentation importante du potentiel agronomique pour les années à venir (Bootsma et al., 2004, 2005a, b). [La production de ces cultures] pourrait s'étendre dans de nouvelles régions où les sols et la topographie s'y prêtent, comme par exemple le Saguenay-Lac-St-Jean, l'Abitibi et le Bas-St-Laurent/Gaspésie. Selon les mêmes études, les rendements des céréales [à paille] seraient moins favorisés par les changements climatiques. Quant aux plantes fourragères, le nombre de récoltes par saison pourrait augmenter (Bélanger, 2002), mais la qualité nutritive peut être diminuée (Gitz et al., 2006) » [B, p.74]. 2. « Les changements climatiques risquent d'accroître les stress hydriques et thermiques qui menacent toujours les cultures et plus particulièrement les productions horticoles. » [B, p.74]. Les plantes fourragères à la base de l'autosuffisance alimentaire des troupeaux sont sensibles aux stress hydriques [MAPAQ].

	<p>3. « Les excès d'eau sont aussi dévastateurs en agriculture et les changements climatiques pourraient augmenter la probabilité de ces événements. À part leur impact direct sur les cultures, les précipitations ont aussi une grande influence sur le ruissellement, l'érosion des sols et la qualité de l'eau. Des questions non seulement sur les apports en eau, mais également sur les changements d'intensité et sur le ratio pluie/neige des précipitations sont donc à considérer (Nearing et al., 2004) » [B, p.73].</p> <p>4. « D'après Rochette et al. (2004), il y aurait moins de risques de dommages dus aux premiers froids automnaux pour les arbres fruitiers, mais une plus grande probabilité de dommages dus aux pertes [liées aux conditions moins favorables à l'] 'endurcissement. Pour les plantes fourragères, une diminution de la couverture de neige et une hausse des pluies hivernales augmenteraient les risques de mortalité en hiver, malgré des conditions automnales plus favorables à l'endurcissement (Bélanger et al., 2002). Des conditions hivernales moins rudes auraient pour effet d'entraîner un plus grand gain de poids pour les bovins de boucherie élevés en plein air et de diminuer les besoins de chauffage pour les poulaillers et les porcheries » [A, p.194].</p> <p>2., 3. et4. Sensibilité des ouvrages (structures, bâtiments) aux variables climatiques (capacité d'entreposage des ouvrages de stockage, des déjections animales, dimensionnement des ouvrages hydro-agricoles tels que les avaloirs, ponceaux, drains, bassins de rétention et de sédimentation, etc. [MAPAQ].</p> <p>5. « l'augmentation de la concentration atmosphérique du CO₂ influe directement sur la croissance des cultures 1 en augmentant la photosynthèse nette (Long et al, 2006) et peut aussi affecter le ratio feuille/racine des plantes (Ziska et Mcclung, 2008) [et réduire, dans certains cas, la tolérance au froid (Bertrand et al., 2007). D'ailleurs, l'augmentation de la concentration du CO₂ a un impact important sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les plantes. (MAPAQ)].</p> <p>Élevages : « Les changements climatiques auront des conséquences aussi sur les productions animales qui dominent l'agriculture au Québec. Le danger que peuvent poser les vagues de chaleur a été mis en évidence en juillet 2002 où au moins 500 000 volailles ont péri, malgré l'utilisation de systèmes de ventilation modernes. À l'opposé, des conditions hivernales moins rudes pourraient avoir pour effet un plus grand gain de poids pour les bovins de boucherie élevés en plein air et une réduction des besoins de chauffage pour les poulaillers et les porcheries » [B, p.74].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>Augmentation des risques de dommages aux récoltes [MAPAQ].</p> <p>« Les impacts les plus importants [que les changements climatiques pourraient avoir sur l'agriculture dépendent des] scénarios socio-économiques plutôt que climatiques. L'incertitude inhérente à ces scénarios empêche de tirer des conclusions claires quant à l'avenir de l'agriculture. De nombreux facteurs [socio-économiques] influencent ... les activités agricoles dont l'évolution des marchés domestiques et internationaux liée aux accords commerciaux, l'action des gouvernements et leurs programmes d'appui au revenu agricole, l'évolution des technologies, la capacité de gestion de l'entreprise, l'accès au financement, la réglementation en matière d'environnement. En particulier, il faudra tenir compte</p>

	<p><i>des impacts des changements climatiques sur l'agriculture en dehors du Québec qui amèneront des changements dans les marchés mondiaux des produits agricoles potentiellement aussi importants que les impacts directs sur la production québécoise</i> » [B, p.74].</p> <p><i>« La combinaison simultanée ou successive de différents stress climatiques cause des dommages immédiats aux cultures ou encore les rend plus vulnérables aux maladies »</i> [B, p.74] et aux insectes [MAPAQ]. Ceci est particulièrement vrai pour les productions horticoles [C.P. Agriculture].</p> <p>Une augmentation de la saison de croissance pourrait signifier un accroissement dans l'utilisation d'intrants (engrais, pesticides, etc.) avec certains impacts sur l'environnement [C. P. Agriculture].</p> <p>1. Impact sur la production de plantes fourragères [MAPAQ].</p> <p>2. et 3. <i>« Des modifications au niveau des populations d'agents pathogènes et des insectes sont inéluctables, ces derniers étant étroitement affectés par la température et l'humidité »</i> [B, p.74]. Par contre, <i>« une évaluation de l'ampleur des impacts de ces éléments [agents phytopathogènes et insectes] demeure toujours difficile »</i> [B, p.74].</p> <p>3. Au niveau des structures agricoles, les impacts concernent la capacité d'entreposage des ouvrages de stockage des déjections animales de même que le dimensionnement des ouvrages hydro-agricoles [MAPAQ].</p> <p>Plus de précipitations intenses auraient des impacts sur les infrastructures agricoles (pont, ponceau, ouvrages, etc.) avec comme conséquence un accès plus limité aux zones cultivées [C.P. Agriculture].</p> <p>4. <i>« La fonte des neiges au printemps est une période particulièrement propice pour l'érosion des sols et les pertes d'éléments nutritifs (Beudet et al., 2008) »</i> [B, p.73].</p> <p>1., 3. et 4. Au niveau des impacts pour les sols, en plus des risques accrus d'érosion causés par les fortes pluies, les redoux hivernaux et la mise en culture de certaines terres fragiles ou à fortes pentes, on peut penser qu'une saison de croissance plus longue et plus chaude pourrait mener à une minéralisation plus importante de la matière organique du sol (donc impact potentiel sur la structure du sol (érosion) et la rétention en eau) et à des risques accrus de pertes de nitrates en raison de la reprise de la minéralisation lors des épisodes de redoux hivernaux [MAPAQ].</p> <p>5. <i>« Puisque l'efficacité de l'utilisation d'eau par les plantes augmente sous une atmosphère enrichie en CO₂ (Bunce, 2004), l'évaluation des impacts combinés de ces différents facteurs sur la productivité des cultures est incertaine »</i> [B, p.73].</p> <p><i>« L'effet net, soit positif ou négatif, dépendra des interactions complexes et parfois imprévisibles de tous ces facteurs et pourraient se traduire par des gains ou des pertes de revenus selon les cultures, l'intensité et la rapidité des changements et bien entendu la réaction des agriculteurs »</i> [B, pp.72-73].</p>
Capacité	<p><i>« Quant aux cultures, les dates de semis et des récoltes seront adaptées à l'évolution de la saison de croissance. Les producteurs pourront aussi choisir des</i></p>

<p>d'adaptation</p>	<p><i>types de cultures [et des cultivars] actuellement utilisés dans les régions plus au sud</i> » [A, p.195].</p> <p>Introduction de nouvelles variétés et espèces. Diversification des cultures [C.P. Agriculture].</p> <p>« <i>Dans le cas des élevages, il existe des recommandations susceptibles d'aider les producteurs à prendre soin des animaux pendant les périodes de chaleur afin de diminuer leur stress (Blanchard et Pouliot, 2003). Elles portent sur la densité des animaux à l'intérieur des bâtiments, sur leur alimentation et sur la ventilation et la brumisation des bâtiments; aussi, les élevages en plein air bénéficieraient davantage d'abris et d'abreuvoirs</i> » [A, p.195].</p> <p>« <i>Sur le terrain, les producteurs estiment posséder les outils et les moyens leur permettant d'adapter la gestion de leurs entreprises au changement climatique, du moins à moyen terme (André et Bryant, 2001; Bryant et al., 2007)</i> » [A, p.195]. Toutefois, même s'il est vrai que le secteur agricole est habitué de s'adapter au climat, il n'en demeure pas moins que les changements climatiques représentent un nombre important de défis potentiels pour lesquels il est difficile de prévoir tous les impacts possibles. De plus, certaines mesures d'adaptation exigent du temps pour être développées. On n'a qu'à penser à la disponibilité de nouveaux cultivars adaptés à des conditions climatiques variables comme des périodes prolongées de sécheresse et d'humidité dans la même saison de croissance [MAPAQ].</p> <p>Des changements dans les dates recommandées pour les opérations culturales et la gestion des engrais et des pesticides permettraient de mieux gérer les cultures. [MAPAQ].</p> <p>Programmes d'assurances agricoles. [Ouranos], de même que d'autres programmes d'aide financière aux producteurs agricoles [MAPAQ].</p> <p>Réseau d'avertissement phytosanitaire (RAP) ou équivalent [MAPAQ].</p> <p>Diversification des cultures [MAPAQ].</p> <p>Implantation générale de meilleures pratiques agricoles disponibles [MDDEP].</p> <p>La protection des milieux naturels existants dans l'agroécosystème ainsi que les aménagements agroforestiers constituent des façons d'augmenter leur résilience contre les impacts des changements climatiques [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p>« <i>La variabilité interannuelle climatique peut indiquer l'état de la sensibilité du secteur agricole par rapport aux conditions climatiques. Par exemple, pendant la période s'étendant de 1987 à 2001, la plus importante baisse de rendement du maïs a eu lieu en 2000, année marquée par une humidité excessive et un ensoleillement insuffisant pour en favoriser la croissance (Environnement Canada, 2002). En conséquence, il y a eu un niveau record d'indemnités des assurances-récoltes pour le maïs, soit 97 millions de dollars en 2000, contre 191 000 \$ en 1999 (La Financière agricole du Québec, 2006)</i>» [B, p.72].</p> <p>Augmentation des coûts pour contrôler certains ravageurs. [Ouranos]. et impact environnemental de l'utilisation accrue de pesticides [MAPAQ].</p>

	<p>Impacts socio-économiques sur les communautés et régions qui dépendent de l'agriculture. [Ouranos]. Les conséquences pourraient aussi être bénéfiques [C.P. Agriculture].</p> <p>En regard de la gestion de l'eau, les producteurs agricoles devront gérer dans une même saison de culture, soit les périodes d'excès d'eau important et, à l'inverse, les périodes de grande sécheresse. Ces deux impacts affectent directement les rendements des cultures [MAPAQ].</p> <p>Détérioration de la qualité de l'eau [MAPAQ].</p> <p>Pertes de récoltes (plantes fourragères, cultures maraîchères, arbres fruitiers) [MAPAQ].</p> <p>Augmentation possible des réclamations auprès de la Financière agricole en lien avec la production des plantes fourragères [MAPAQ].</p>
<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p>« Certaines pratiques agricoles, telles que l'établissement de bandes riveraines, la gestion des résidus aux champs ainsi que [de meilleures pratiques de gestion de l'eau]... ont été élaborées afin de favoriser la production tout en respectant l'environnement. Une saison de croissance plus longue pourrait favoriser l'établissement des cultures de couverture qui protège le sol contre les effets de l'érosion et le lessivage des éléments nutritifs après la récolte de la culture principale » [B, p.75].</p> <p>Gains environnementaux résultant de l'adoption de pratiques de conservation des sols [MAPAQ].</p> <p>Gains financiers pouvant résulter d'une meilleure gestion des cultures, des sols, de la fertilisation et des conditions d'élevage [MAPAQ].</p>

Lors de l'atelier portant sur l'agriculture, les participants avaient à répondre à la question suivante : « Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur le secteur agricole pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter? »

Près d'une vingtaine d'impacts sur l'agriculture ont été identifiés par les participants lors de l'atelier qui s'est tenu le 21 avril 2010. Les participants appréhendent particulièrement que le secteur agricole sera affecté par l'augmentation des températures (estivale et hivernale), par des changements dans le régime des précipitations ainsi que par une augmentation des précipitations intenses. Les impacts de ces variables climatiques jugés prioritaires se retrouvent au niveau des changements dans la distribution et l'abondance des ennemis des cultures, de la diminution de l'endurcissement des plantes au froid, des dommages aux cultures pérennes, des dommages aux infrastructures agricoles (pont, ponceau, ouvrages, etc.) et de l'augmentation de l'érosion des sols et de la saison de croissance. Ces impacts bio-physiques engendreraient des conséquences environnementales, notamment sur la qualité de l'eau, et des conséquences économiques liées à l'utilisation accrue d'intrants (engrais, pesticides, etc.), une baisse de la productivité, une diminution de la qualité de l'eau de surface pour usages variés et à un accès déficient en certaines circonstances aux zones cultivées.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Agriculture » de l'Annexe 5 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

ii. Énergie

Caractéristiques du secteur au Québec

« L'économie du Québec est associée à une forte consommation d'énergie en raison de la structure industrielle, du climat, de l'étendue du territoire et du style de vie. En 2007, le secteur industriel représentait 39% de la demande en énergie, celui des transports, près de 26% et les secteurs commercial, institutionnel et résidentiel correspondaient à 35% de la demande (MRNF, 2007) ». [\[http://www.mrn.gouv.qc.ca/energie/statistiques/statistiques-consommation-secteur.jsp\]](http://www.mrn.gouv.qc.ca/energie/statistiques/statistiques-consommation-secteur.jsp)

« Au Québec le secteur énergétique occupe une place prépondérante dans l'économie. L'électricité provient principalement de centrales hydroélectriques (96%) ainsi que de quelques centrales thermiques (pétrole, gaz naturel ou biomasse) et d'une centrale nucléaire. La puissance installée atteint [44 192 mégawatts, incluant la production de la centrale de Churchill Falls [Hydro-Québec]. Or, 80% de cette puissance installée se trouve au nord du 49e parallèle (Institut national de recherche sur les eaux, 2004). Au nord, les centrales à réservoir représentent 95% de la puissance installée, alors qu'au sud, les centrales au fil de l'eau représentent 95% de la puissance installée, ce qui justifie qu'on distingue les vulnérabilités anticipés au changement climatique sur ces deux types de centrales » [A, p.188].

Production hydroélectrique et demande énergétique

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. « De façon globale, on estime que les changements climatiques se traduiront par une augmentation des précipitations de neige et de pluie pour l'ensemble des bassins versants, avec cependant des différences importantes selon les régions (Desrochers et al., 2008) » [B, p.43].</p> <p>2. « De façon générale, les températures sur l'ensemble du territoire québécois se réchaufferont, et ceci de façon plus marquée en hiver qu'en été (Christensen et al., 2007) » [B., p.11] amenant « davantage de précipitations liquides » [A, p.189] en hiver.</p> <p>Allongement de la saison chaude [voir A, p.208] avec « des températures plus élevées associé à un taux d'humidité élevé ainsi que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses » [B, p.6].</p> <p>« Modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur des étiages et des sécheresses » [A, p.195].</p> <p>3. « Les modèles climatiques suggèrent que les cyclones extratropicaux affectant le territoire québécois pourraient être moins nombreux mais beaucoup plus intenses et donc que l'envergure des éléments climatiques extrêmes à venir pourrait être plus grande » [B, p.46].</p>
Sensibilité	<p>1. et 2. « Les changements attendus, tant dans les moyennes de précipitations que dans leur variabilité, pourraient avoir des conséquences sur les risques auxquels font face les entreprises de cette industrie. Pour Hydro-Québec, par exemple, le</p>

	<p>«risque hydraulique» représente très nettement le risque économique le plus élevé pour l'entreprise et la capacité de celle-ci à prévoir les conditions d'hydraulicité des prochaines années est essentielle à l'évaluation du risque global que ce facteur déterminant fait peser sur ses bénéficiaires. En effet, les conditions d'hydraulicité représentent à elles seules, pour l'entreprise, un risque aussi important que toutes les autres sources de risque réunies » [B, p.45].</p> <p>2. La production des centrales au fil de l'eau au Sud est sensible à une augmentation des étiages [Ouranos].</p> <p>« Le réchauffement probable des températures pourrait aussi modifier la capacité de refroidissement des eaux qui circulent dans les turbines hydrauliques. La hausse des températures de l'eau pourrait exiger que l'on ait recours à des systèmes de refroidissement d'appoint. Notons que ce dernier élément est encore plus important pour les centrales thermiques conventionnelles et nucléaires qui dépendent des cours d'eau pour leur refroidissement et pour lesquelles un réchauffement des températures peut entraîner une baisse de production » [B, p.46].</p> <p>3. « À défaut de prévoir des mesures d'adaptation, [les] événements climatiques [extrêmes] pourraient compromettre l'intégrité des installations de production, de transport et de distribution de l'hydroélectricité » [B, p.46].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>En modifiant le régime des crues et des précipitations, et en causant des périodes de pointe de consommation d'énergie liée à une plus grande variabilité du climat, les changements attendus viendront accentuer « la vulnérabilité des réseaux de production, de transport et de distribution d'électricité » [A, p.193].</p> <p style="text-align: center;">La production hydroélectrique</p> <p>« L'évolution du régime hydrologique dépend à la fois de l'évolution du régime des précipitations et des variations du régime thermique. En effet, la variation des températures est susceptible d'avoir une incidence sur les conditions d'évapotranspiration et d'évaporation des bassins versants et, par conséquent, d'intervenir de manière importante dans le cycle hydrologique (Guillemette et al., 1999; Allen et Ingram, 2002) » [A, p.188].</p> <p>« Un régime thermique modifié entraînerait une réduction des précipitations sous forme solide et du couvert de neige. Il causerait aussi une augmentation du taux d'évapotranspiration durant la période d'eau libre, qui serait néanmoins compensée par une hausse importante des précipitations générales, résultant en une hausse du niveau des réservoirs » [A, p.188].</p> <p>1. « La moyenne des changements de débits annuels projetée à l'horizon 2050 se situe entre 1 % et 15 % selon les différents bassins. L'augmentation de débit annuel serait plus importante dans le Nord du Québec que dans la partie Sud-ouest du Québec. Ainsi, pour la région Nord-ouest, l'augmentation varierait entre 10 % et 15 % selon les différents bassins versants et entre 7 % et 10 % pour Churchill Falls et la Côte-Nord, alors que pour la région Sud-ouest, elle se situerait entre 1 % et 8 % » [B, p.43].</p>

	<p>« Les changements dans la répartition [des débits] à travers l'année seraient tout autant, sinon plus importants, que les changements de moyenne annuelle (Roy et al., 2008b). [...] En moyenne, les apports [au printemps] seraient plus importants dans le futur, [liés au] devancement de la crue printanière. Pour la période estivale à l'inverse, on s'attend à une diminution des apports naturels en raison justement de ce même déplacement de la période de crue. [...] Peu de changements sont anticipés pour la période automnale. On envisage enfin pour l'hiver une augmentation des apports à l'horizon 2050, [qui seraient le résultat] des températures au dessus du point de congélation plus fréquentes [...]. Les étiages hivernaux plus soutenus découleraient ainsi des conditions d'hydraulicité plus favorables qui prévaudraient avant le début de l'hiver » [B, pp.44-45].</p> <p>« La moyenne du changement relatif de débit moyen annuel [...] est généralement plus grande dans la partie Sud-ouest du Québec que pour les bassins versants plus au nord. Il est intéressant aussi de souligner que pour le Nord-ouest du Québec, là où l'on produit une quantité importante d'hydroélectricité, le signal de changement de débit annuel moyen est beaucoup plus grand que la dispersion entre les réalisations [de modélisation du climat], ce qui nous procure une certaine confiance à l'égard des changements anticipés dans cette région. Ce n'est pas le cas pour le Sud-ouest du Québec où la dispersion entre les différentes réalisations se compare au signal de changement lui-même » [B, pp.43-44].</p> <p style="text-align: center;">La demande énergétique</p> <p>« Pour le Québec, l'un des impacts directs des changements climatiques parmi les plus importants sur le plan économique, est l'effet du réchauffement des températures sur la demande d'énergie » [B, p.51]. « L'impact anticipé du réchauffement du climat sur la demande énergétique se traduira naturellement par des besoins de chauffage moindres en hiver et des besoins de climatisation accrus en été » [B, p.49].</p> <p>Au niveau du secteur résidentiel, « les besoins énergétiques de climatisation seraient multipliés par 4 en 2030 et par 7 en 2050 alors que les besoins de chauffage diminueraient respectivement que de 13% et 14%. Pour sa part la demande d'énergie dans le secteur commercial et institutionnel baisserait en 2050 de 10% en raison des économies de chauffage dans un scénario médian et augmenteraient de 2,5% pour les besoins de climatisation soit une baisse nette de 7,5% de la demande totale. En 2001, la part de la climatisation dans la consommation de ce secteur était supérieure à celle du secteur résidentiel » [B, p. 50].</p>
Capacité d'adaptation	<p>« Toute une gamme de mesures d'adaptation est disponible. Au nombre de celles-ci on retrouve des mesures d'ordre structurelles et d'autres non structurelles. [...] De manière générale, les mesures d'adaptation non structurelles sont plus simples à réaliser et moins coûteuses, alors que les mesures structurelles sont beaucoup plus complexes et onéreuses. Ces dernières mesures ne seront envisagées que si le niveau de certitude quant aux retombées associées à leur déploiement est élevé. Autrement, il est plus avantageux de promouvoir graduellement des mesures moins contraignantes au fur et à mesure que les changements climatiques se manifesteront » [B, p.47].</p>

	La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité].
Conséquences néfastes	Secteur crucial de l'économie (bien d'autres secteurs en dépendent) [Ouranos]. Une baisse des profits d'Hydro-Québec dus à une diminution de la demande énergétique a un impact sur les revenus du gouvernement [Ouranos]. La gestion des centrales au fil de l'eau requiert la prise en compte de plusieurs usages [Ouranos].
Avantages des mesures d'adaptation	« De façon globale, la demande en énergie (chauffage et climatisation) dans l'ensemble des secteurs (résidentiel, commercial et institutionnel) serait réduite selon le scénario médian de 2,7% à l'horizon 2050. De plus cette réduction affectera beaucoup plus fortement l'usage des combustibles importés, contribuant ainsi sensiblement à la réduction des gaz à effet de serre. Bien que modestes en pourcentage de la consommation totale de l'économie québécoise, il s'agit d'économies annuelles pouvant s'élever à plusieurs centaines de millions de dollars sur la base des prix de 2003. De plus ces économies contribueront à l'amélioration de la balance commerciale du Québec » [B, p.51]. Usage plus efficace de la ressource [Ouranos].

Infrastructures de transport et de distribution électriques

Paramètres	Connaissances
Exposition	1. « Les modèles climatiques suggèrent que les cyclones extratropicaux affectant le territoire québécois pourraient être moins nombreux mais beaucoup plus intenses et donc que l'envergure des éléments climatiques extrêmes à venir pourrait être plus grande » [B, p.46]. « La fréquence des événements météorologiques extrêmes (p. ex. verglas) [est] également appelée à changer » [B, p.63]. 1. « Les changements climatiques entraîneront vraisemblablement une augmentation des cycles gel/dégel dans certaines régions qui affecteront la conception et l'entretien des infrastructures, tant en surface que sous terre » [B, p.39]. 2. « La hausse du niveau marin, [...] la disparition des glaces de mer et des glaces de rivage » [B, p.33].
Sensibilité	1. « À défaut de prévoir des mesures d'adaptation, ces événements climatiques [extrêmes] pourraient compromettre l'intégrité des installations de production, de transport et de distribution de l'hydroélectricité » [B, p.46]. 1. et 2. « Les événements climatiques extrêmes présentent sans doute les risques les plus grands pour les infrastructures (GIEC 2007b; Bruce et al., 1999; Auld et al., 2004), mais les changements graduels les affecteront aussi de manière

	<p><i>significative. On distingue trois grands types d'impacts directs des changements climatiques pour les infrastructures et l'environnement bâti (Ingénieurs Canada 2008, Infrastructure Canada 2006; Auld et al., 2004 ; Case, 2008) : les problèmes structurels et la perte de fonctionnement suite à des charges excédant celles pour lesquelles la structure a été conçue à l'origine, [...], une accélération du rythme d'usure des matériaux, traduite par une diminution générale de la durabilité des matériaux, de la corrosion, etc, [...], et une perte de la performance optimale de l'infrastructure » [B, p.39].</i></p> <p>3. L'érosion fragilise le réseau en bordure de lagunes, de cours d'eau, de l'estuaire ou du golfe du St-Laurent (augmentation des pannes). L'absence de glace pendant une tempête hivernale, par exemple, peut entraîner une érosion plus marquée, provoquant le déchaussement d'un poteau lors d'une seule marée [Hydro-Québec].</p>
Impacts potentiels des changements climatiques	<p>En causant des périodes de pointe de consommation d'énergie liée à une plus grande variabilité du climat, les changements climatiques attendus viendront accentuer « <i>la vulnérabilité des réseaux de production, de transport et de distribution d'électricité</i> » [A, p.193].</p>
Capacité d'adaptation	<p>« <i>Pour ce qui est des installations de transport d'électricité, à la suite de la crise du verglas de 1998, les critères de conception ont été révisés de manière à rendre le réseau de transport (conducteurs et pylônes) moins vulnérable aux intempéries (Hydro-Québec, 2006)</i> » [A, p.189]. De nombreux investissements pour renforcer le réseau de distribution dans les régions plus vulnérables, notamment en Montérégie, ont été réalisés.</p>
Conséquences néfastes	<p>« <i>Le développement même des communautés et des activités économiques dans une société aussi tertiariée que celle du Québec, dépend fortement du bon fonctionnement des infrastructures. L'interdépendance entre les infrastructures nous rend encore plus vulnérables aux défaillances provoquées par un événement climatique (Bruce et al., 1999; Kirshen et al.,2007; Chang et al., 2007)</i> » [B, p.38].</p>
Avantages des mesures d'adaptation	<p>Assurer l'alimentation des usagers et activités socio-économiques qui en dépendent [Ouranos].</p>

iii. Foresterie

Caractéristiques du secteur au Québec

« Les forêts du Québec couvrent une superficie totale de 761 100 km², soit près de la moitié du territoire. Le secteur des produits forestiers est un des principaux moteurs économiques du Québec, alors que près du tiers des municipalités doivent leur développement socioéconomique aux entreprises de transformation du bois. Cette industrie représente près de 3% du PIB et ses entreprises fournissent plus de 80 000 emplois directs qui se répartissent dans toutes les régions du Québec, y compris les régions urbaines. Les exportations atteignaient 11,1 milliards de dollars en 2006, produisant une balance commerciale nette de 9,2 milliards de dollars dans les produits forestiers » (MRNF, 2007).

« Le Québec est [aussi] le plus grand producteur mondial de sirop d'érable et cette activité rapporte plus de 200 millions de dollars brut aux nombreux producteurs du Québec » [B, pp.68-69].

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. « Sur le territoire de la forêt québécoise, la prédiction médiane de l'ensemble des modèles globaux montre une augmentation d'environ 300 à 400 degrés-jours avec des augmentations plus élevées au sud du territoire. [...] Globalement, les augmentations de degrés-jours prévues sont quantitativement très élevées, étant de l'ordre de 35 à 45% » [B, p.65].</p> <p>2. « La hausse de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère » [B, p.65].</p> <p>3. « Les modèles actuels projettent une augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitation intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas) en Amérique du Nord, bien qu'une certaine incertitude persiste (Field et al., 2007) » [B, p.68].</p> <p>4. « La réduction du couvert de neige et la diminution de la durée de l'hiver » [B, p.68].</p> <p>5. « Modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur des étiajes et des sécheresses » [A, p.195].</p>
Sensibilité	<p>1. L'augmentation des températures peut se traduire par un allongement de la saison de croissance. « Étant donné que la longueur de la saison de croissance est déjà passablement courte particulièrement pour les conifères de la forêt boréale, une telle hausse [de l'ordre de 25 à 30 jours] est quantitativement importante » [B, p.65].</p> <p>« En plus de prolonger la saison de croissance, l'augmentation de température pourrait agir directement sur la physiologie et le métabolisme des arbres et ainsi augmenter la productivité primaire des forêts, dans la mesure où cet accroissement de température n'affecterait pas la disponibilité en eau (Price et al., 1999; Kirschbaum, 2000) » [B, p.64].</p>

« *L'adaptation [des insectes aux changements climatiques] pourrait être rapide à cause de leur grande mobilité et de leur taux de reproduction élevé. Leur rythme métabolique pourrait bénéficier d'une augmentation de température (Ayres et Lombardero, 2000). Les infestations pourraient ainsi être plus fréquentes, plus intenses et plus longues, rendant les forêts particulièrement vulnérables (Logan et al., 2003) » [B, p.68].*

Bergeron et al. (2006) anticipent une augmentation de la fréquence des feux à travers le Québec pour un scénario de changements climatique 2xCO₂, mais cette augmentation serait modulée régionalement. Elle serait plus importante dans le nord de la forêt commerciale (+65%) que plus au sud où la fréquence de feu pourrait même diminuer (-17%) [C.P. Foresterie].

« *On s'attend à une augmentation des superficies forestières affectées par les deux principaux agents perturbateurs naturels de la forêt boréale d'ici la fin du présent siècle, en l'occurrence les feux et les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana) (Flannigan et al., 2005; Kurz et al., 2008). La conjonction des deux types de perturbation risque de rendre encore plus vulnérables certains écosystèmes boréaux, notamment les forêts d'épinettes noires à mousses (Jasinsky et Payette 2005; Girard et al., 2008), le plus fréquent des écosystèmes de la forêt boréale continue, et de créer un effet de rétroaction positive envers le réchauffement climatique (Kurz et al., 2008) » [B, p.103].*

« *Le réchauffement climatique pourrait [...] perturber la dynamique de gel du sol forestier. La diminution de l'épaisseur du couvert nival, sa discontinuité ou sa fonte précoce exposerait davantage le sol au gel, entraînant potentiellement des dommages importants aux racines pouvant ainsi affecter la croissance des arbres (Boutin et Robitaille, 1995) » [B, p.68].*

2. « *La hausse de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère [...] aurait un effet fertilisant sur les forêts en augmentant le rendement photosynthétique des plantes et l'efficacité d'utilisation de l'eau, entraînant ainsi une augmentation de la productivité primaire nette (Drake et al., 1997; Ainsworth et Long, 2005; Norby et al., 2005). [...]. Toutefois, à long terme, ces gains pourraient être annulés par l'acclimatation des arbres aux nouvelles concentrations de CO₂ (DeLucia et al., 1999), ou encore limités par le manque d'éléments nutritifs, tels que l'azote, dans le sol (Luxmoore et al., 1993; Luo et al., 2004) » [B, p.65].*

3. « *Une hausse de la fréquence des événements [météorologiques extrêmes] pourrait affecter la dynamique des populations et des communautés ainsi qu'altérer les processus de l'écosystème forestier (Williamson et al., 2009) » [B, p.68].*

4. « *La réduction du couvert de neige et la diminution de la durée de l'hiver pourrait [...] affecter les activités forestières et leur planification notamment par une réduction de la période d'accès aux sites pendant l'hiver, une hausse du potentiel de dégradation du terrain et une augmentation des fluctuations saisonnières des emplois » [B, p.68].*

<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>« Il est prévisible que le réchauffement climatique [...] accélère davantage la rupture de l'équilibre entre le climat et la forêt. Ceci entraînerait des modifications dans la composition et la productivité des peuplements forestiers. La dynamique des perturbations naturelles (feux et insectes) et la fréquence des événements météorologiques extrêmes (sécheresses et verglas) sont également appelées à changer » [B, p.63].</p> <p>Le réchauffement dû aux « changements climatiques aurait pour effet d'allonger la période de croissance et de favoriser la migration vers le nord des zones de végétation » [A, p.188].</p> <p>« Les prédictions des modèles globaux ainsi que du modèle régional pour 2050 montrent des augmentations [de la saison de croissance] de l'ordre de 25 à 30 jours (Logan et al., en préparation) » [B, p.65].</p> <p>« Les changements climatiques pourraient affecter la distribution et l'abondance des insectes. [...] En se basant sur une modélisation à l'échelle du paysage, Régnière et al. (2005) ont révélé que la tordeuse des bourgeons de l'épinette (<i>Choristoneura fumiferana</i> [Clem.]) verrait son aire de répartition augmenter de façon importante. De plus, la tordeuse provoquerait davantage de dommages dus à des infestations plus longues et à une augmentation du pourcentage de défoliation (Gray, 2008). Également, l'invasion de plusieurs espèces exotiques d'insectes, due aux changements climatiques, pourrait affecter grandement les forêts du Québec. Par exemple, la distribution de la spongieuse (<i>Lymantria dispar</i> [L.]) pourrait en progressant vers le nord atteindre le Sud du Québec, le dendroctone du pin ponderosa <i>Dendroctonus ponderosae</i> [Hopk]) pourrait s'étendre sur toute la forêt boréale de l'Ouest canadien jusqu'au Québec et aux Maritimes alors que le longicorne asiatique (<i>Anoplophora glabripennis</i> [Motschulsky]) pourrait envahir les érables, les ormes et les bouleaux du Sud-est du Canada (Carroll et al., 2003; Gray, 2004; Peterson et Scachetti-Pereira, 2004) » [B, p.68].</p> <p>« Le réchauffement climatique pourrait accroître l'aire brûlée sur une base annuelle dans plusieurs écosystèmes en raison notamment de l'allongement de la saison de croissance et d'une augmentation de l'occurrence de la foudre (Wotton et Flannigan, 1993) ».</p> <p>La saison de feu pourrait commencer plus tôt et se terminer plus tard qu'actuellement (Wotton et Flannigan, 1993). Le Goff et al. (2009) anticipent un déplacement du pic saisonnier des feux plus tard dans la saison (juillet au lieu de juin) dans le nord-ouest de la forêt boréale québécoise [C.P. Foresterie].</p> <p>Une augmentation des périodes de sécheresse pourrait avoir un impact sur la croissance des arbres et sur la régénération de la forêt entraînant une baisse de la productivité forestière et possiblement des pertes économiques [C.P. Foresterie]</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>Quant à l'industrie du sirop d'érable, « la quantité de sève produite par chaque érable à sucre lors de la coulée printanière est directement influencée par les conditions climatiques. [...] Il existe déjà une variation importante dans les dates de coulées d'une année à l'autre, ce qui suggère une certaine adaptabilité de l'érable à sucre, mais cette variabilité est présentement mal documentée » [B, pp.68-69].</p>

	<p>Restaurer la biodiversité des forêts, notamment via la foresterie écosystémique, permettrait d'augmenter la résilience de l'écosystème forestier face aux impacts des changements climatiques [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p> <p>SOPFIM [Ouranos].</p> <p>SOPFEU [Ouranos].</p> <p>Plans d'aménagement forestier en développement [Ouranos].</p>
Conséquences néfastes	<p>« <i>Compte tenu de l'importance des ressources naturelles dans son économie, le Québec est plus vulnérable que certaines autres régions développées du monde dont l'économie est moins liée au climat. [...] Les industries de transformation, soit l'agroalimentaire, le bois d'œuvre, les pâtes et papiers et la transformation des métaux, seraient touchées quant à la disponibilité et aux coûts des approvisionnements</i> » [A, p.208].</p> <p>Impacts sur la production forestière [Ouranos].</p> <p>Industries en aval qui en dépendent (construction) [Ouranos].</p> <p>Communautés qui en dépendent [Ouranos].</p> <p>Habitats fauniques [Ouranos].</p>
Avantages des mesures d'adaptation	<p>« <i>Comme les écosystèmes forestiers seront vraisemblablement fortement affectés par les changements climatiques, [l'adaptation] de la gestion forestière [permettra] de réduire la vulnérabilité de la forêt et de maintenir la viabilité des activités forestières. Les mécanismes d'adaptation permettront entre autres de :</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <i>tirer profit des opportunités ;</i> 2) <i>réduire les impacts potentiellement négatifs des changements climatiques et ;</i> 3) <i>réduire les risques associés aux changements climatiques (Williamson et al., 2009) »</i> [B, p.69]. <p>Production de services écologiques utiles au bien-être humain [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p>

Lors de l'atelier portant sur la foresterie, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur les forêts et les secteurs qui en dépendent pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?* »

Une vingtaine d'impacts ont été discutés lors de l'atelier qui s'est tenu le 15 avril 2010. Les participants ont jugé que l'augmentation des températures (estivales et hivernales), les changements dans le régime des précipitations ainsi que l'augmentation d'événements orageux auraient des impacts au niveau de l'augmentation des sécheresses, du dépérissement des forêts ainsi que sur la distribution et l'abondance des espèces exotiques. Il en résulterait des pertes économiques que ce soit en raison de l'augmentation des feux de forêts, des impacts sur la productivité et la composition forestières ainsi qu'en raison des impacts sur la croissance des arbres et la régénération des forêts.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Foresterie » de l'Annexe 6 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

iv. Tourisme et loisirs

Caractéristiques du secteur au Québec

Les recettes touristiques au Québec dépassent « les 10 milliards \$ annuellement. [...] À titre d'exemple, le Québec représente le plus grand marché régional du ski au Canada avec 80 stations, 37% du marché du ski et annuellement près de 7 millions de visiteurs dans les différents centres. [...] L'impact économique annuel total de l'industrie du ski au Québec est évalué à quelque 600 millions de dollars » [B, pp. 80-81]. D'autres activités hivernales telles que la motoneige, le ski de randonnée et la raquette, comportent « également des retombées économiques majeures, notamment pour les régions ressources » [B, p. 81].

« Le climat est un facteur déterminant des activités touristiques, sportives et de plein air, soit directement (soleil, beau temps, neige et glace), soit indirectement (paysages et végétaux). Il conditionne, par exemple, la nature et la durée des activités concernant la neige et le froid (ski, motoneige), l'eau (baignade, activités nautiques) ou encore la couleur automnale des feuilles (randonnées) et influence les conditions de vie du gibier (chasse) ou du poisson (pêche). Il peut même influencer le nombre et la durée des séjours culturels. Malgré cette importance du climat pour le tourisme et les loisirs, les connaissances sur les impacts du climat sur ce secteur et ses capacités d'adaptation à la variabilité climatique demeurent limitées (Scott et Jones, 2006) » [B, p.80].

Tableau des composantes des vulnérabilités: Activités hivernales

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>« En hiver, à l'horizon 2050 les températures augmenteraient de 2,5°C à 3,8°C dans le Sud du Québec » [B, p.5].</p> <p>Des « températures au-dessus du point de congélation plus fréquentes et [...] une proportion plus grande de précipitations sous forme liquide plutôt que solide au cours des mois d'hiver » [B, p. 45.]. Augmentation des précipitations hivernales (total) dans la région sud de 8.6 à 18.1% à l'horizon 2050 et de 14.5 à 27.6% à l'horizon 2080 [voir B, p.15].</p> <p>« La réduction du couvert de neige et la diminution de la durée de l'hiver » [B, p.68].</p> <p>Événements extrêmes et impacts à plus long terme pour une région [Ouranos].</p>
Sensibilité	<p>« Il semble que le climat puisse avoir un impact négatif sur la demande des sports d'hiver en raison de problème de perception (pluie en métropole alors qu'il neige dans les stations de ski) ou encore en facilitant des activités alternatives (Hamilton et al, 2007) » [B, p.82].</p> <p>« L'industrie québécoise du ski devra s'adapter à des conditions climatiques plus difficiles au cours des prochaines décennies. Les régions du Sud du Québec (Montréal, Estrie) verraient s'accroître des conditions douces et pluvieuses qui raccourciront la saison de ski. Certaines périodes rentables (Noël, Pâques, la semaine de relâche scolaire) [qui correspondent aussi au début et à la fin de la saison] pourraient aussi être touchées. Un réchauffement (moins de froid et de</p>

	<p>vent) aurait néanmoins pour effet d'augmenter le nombre de journées skiabiles et la fréquentation des pistes, surtout en janvier et février » [B, p.81].</p> <p>« Des répercussions sérieuses sont également à craindre pour d'autres activités hivernales telles que la motoneige, le ski de randonnée et la raquette où les moyens d'adaptation sont moins efficaces. Selon un scénario pessimiste, on a estimé ainsi (Scott et al., 2002a et Scott et Jones, 2006) que la réduction de la couverture de neige anticipée pourrait amener une réduction atteignant 50% de la saison de motoneige dans plusieurs régions du Canada. » [B, p.82].</p> <p>« La pêche sur glace présente une grande vulnérabilité aux hausses de température, entraînant des risques accrus pour la sécurité des pêcheurs. [...] Des activités comme les festivals d'hiver seraient également touchées » [B, p.82].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>« Selon une étude plus récente (Scott et McBoyle, 2007), [...] on estime que la saison de ski pourrait, dans un scénario de climat optimiste, n'être que très peu écourtée à l'horizon 2020 alors que, dans un scénario plus chaud ou pessimiste, elle serait amputée de 13% à 15%. À l'horizon 2050 cependant, si les changements demeurent mineurs dans les trois régions étudiées selon un scénario optimiste, il pourrait y avoir, selon un scénario pessimiste, une réduction de plus de 30% de la saison de ski pour chacune des trois régions (Québec, Sherbrooke et Laurentides) » [B, p.81].</p> <p>« Les études dont on dispose indiquent que dans certaines localités les plus au sud du Québec, le ski et les autres sports d'hiver verraient leur saison diminuer de plusieurs jours » [B, p.112].</p> <p>Une plus grande variabilité des conditions météorologiques pourrait entraîner une compétitivité accrue des produits de substitution récréotouristiques hors et intra Québec [C.P. Tourisme].</p> <p>Les impacts négatifs des CC sur le secteur du tourisme à l'international posent comme enjeu la question des opportunités de la nordicité québécoise [C.P. Tourisme].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>« Face à une plus grande compétitivité des marchés, au renouvellement régulier des infrastructures et à l'augmentation des tarifs (coûts de fabrication de la neige artificielle, électricité, taxes foncières), de nombreux exploitants de stations de ski estiment que la meilleure stratégie d'adaptation consiste à mieux connaître les phénomènes climatiques futurs, pour mieux planifier leurs investissements et satisfaire une clientèle toujours plus exigeante et plus sélective. [...]. Les solutions technologiques comprennent l'augmentation des capacités de fabrication de neige accompagnée par l'aménagement de réservoirs d'eau et le développement de nouvelles pistes mieux situées ou encore l'aménagement des pistes en pentes plus douces avec couvert forestier ou encore le ski d'intérieur » [B, p.83].</p> <p>« Bénéficiant des progrès techniques constants, l'industrie du ski démontre une capacité à s'adapter aux nouvelles habitudes de consommation, à la croissance de la concurrence et aux nouveaux phénomènes de société, tels que la consommation excessive et rapide, la modification du contexte familial ou encore l'accès</p>

	<p><i>instantané à l'information sur les prévisions climatiques, lesquelles seraient amenées à jouer un rôle de plus en plus prépondérant » [A, p.199].</i></p> <p>Diversification de l'offre de services [Ouranos]</p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p><i>« Des répercussions sérieuses sont à craindre pour d'autres activités hivernales telles que la motoneige, le ski de randonnée et la raquette où les moyens d'adaptation sont moins efficaces. Selon un scénario pessimiste, on a estimé ainsi (Scott et al., 2002a et Scott et Jones, 2006) que la réduction de la couverture de neige anticipée pourrait amener une réduction atteignant 50% de la saison de motoneige dans plusieurs régions du Canada. Or il s'agit également d'une activité touristique comportant des retombées économiques majeures notamment pour les régions ressources.» [B, p.82].</i></p> <p><i>« Les coûts de fabrication de la neige artificielle, malgré le fait que les installations nécessaires soient déjà en place, risquent d'augmenter et d'affecter ainsi la rentabilité des centres de ski. Des problèmes sont également à craindre pour la disponibilité de l'eau nécessaire à la fabrication de la neige artificielle, [... qui] pourrait devenir un enjeu critique là où des prélèvements accrus, conjugués à une baisse possible des niveaux d'eau, provoqueraient ou amplifieraient des conflits d'usages (Singh et al., 2006) » [B., p.82].</i></p> <p><i>« Pour ce qui est des stratégies d'affaires disponibles pour les exploitants, on retrouve le développement de vocations différentes ou la diversification des activités des sites, la constitution de conglomerats interrégionaux, des efforts accrus de mise en marché, l'achat d'assurances climatiques ou encore pour les gouvernements et les médias, le développement des prévisions météorologiques et une meilleure diffusion des conditions d'enneigement (Scott et McBoyle, 2007 ; Singh et al., 2006) » [B, p.83].</i></p> <p>Pertes économiques additionnelles [Ouranos].</p> <p>Perte potentielle de centres de ski régionaux (qui ont accès à un moins grand marché) [Ouranos].</p> <p>Augmentation des coûts d'opération [Ouranos].</p>
<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p><i>« Le développement de vocations différentes pour les sites représente déjà une adaptation à la variabilité climatique et ses impacts et devient une piste intéressante d'adaptation dans le cas de changements plus importants (Singh et al., 2006) » [A, p.199].</i></p> <p>Maintenir et diversifier l'offre touristique [Ouranos]. Ce qui représente un défi important pour l'industrie récréotouristique [C.P. Tourisme].</p>

Tableau des composantes des vulnérabilités: Activités estivales

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>« L'accroissement des précipitations, des canicules ou de la dégradation de la qualité de l'eau... » [A, p.199].</p> <p>« Les étiages estivaux pourraient être plus sévères et de plus longue durée » [B, p.53].</p>
Sensibilité	<p>Les événements pluviaux extrêmes représentent une problématique pour la localisation et l'aménagement des campings [MTO].</p> <p>« [...] l'érosion côtière, les déficits hydriques des lacs et des rivières ou d'approvisionnement (Wall, 1998) » [A, p.199].</p> <p>« Les changements anticipés dans les effectifs de certaines populations fauniques recherchées par les chasseurs et les pêcheurs commerciaux et sportifs représentent des pressions supplémentaires sur les espèces fragilisées » [A, p.106].</p> <p>Entretien des terrains de golf dépend de la disponibilité en eau [Ouranos].</p> <p>« Prolifération des cyanobactéries et d'autres espèces nuisibles (MDDEP, 2005a) » [A, p.199].</p> <p>Diminution de la qualité de l'eau qui pourrait entraîner une dégradation du potentiel récréotouristique dans certaines régions [C.P. Tourisme].</p>
Impacts potentiels des changements climatiques	<p>« Sur le plan de l'économie et de l'emploi, les activités de tourisme et loisir sont parmi les plus importantes activités économiques potentiellement affectées par les changements climatiques » [B, p.80].</p> <p>« La pêche serait perturbée, les poissons étant sensibles même à de faibles variations de la température » [A, p.199].</p> <p>« L'accélération de l'érosion côtière pourrait également être préjudiciable à plusieurs régions touristiques » [B, p.112].</p> <p>Le phénomène des cyanobactéries peut mener à des interdictions de consommer l'eau et de se baigner [voir A, p.204].</p>
Capacité d'adaptation	<p>« Pour ce qui est des stratégies d'affaires disponibles pour les exploitants, on retrouve le développement de vocations différentes ou la diversification des activités des sites, la constitution de conglomerats interrégionaux, des efforts accrus de mise en marché, l'achat d'assurances climatiques ou encore pour les gouvernements et les médias [et] le développement des prévisions météorologiques [...] (Scott et McBoyle, 2007 ; Singh et al., 2006) » [B, p.83].</p> <p>« Par rapport à l'industrie du golf, les stratégies d'adaptation portent surtout sur la gestion de l'eau, aussi bien en ce qui concerne les apports naturels que le drainage des terrains. [...]. Cependant, le changement climatique ne semble pas être la priorité du secteur, les coûts d'entretien des terrains étant essentiellement reliés à la main-d'œuvre et aux produits phytosanitaires (Singh et al., 2006) » [A, pp. 199-</p>

	<p>200].</p> <p>« L'atténuation des impacts passe, par exemple, de l'aménagement d'un couvert végétal sur les berges pour la pêche sportive à la surveillance accrue de la qualité de l'eau des sites réservés à la baignade » [A, p.200].</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité].</p>
Conséquences néfastes	<p>Tourisme représente un pourcentage significatif de l'économie – pertes possibles [Ouranos].</p> <p>Emplois à risque [Ouranos].</p> <p>Certaines régions sont très dépendantes du tourisme [Ouranos].</p>
Avantages des mesures d'adaptation	<p>Conserver les revenus et emplois générés par tourisme [Ouranos].</p> <p>Maintenir et diversifier l'offre touristique [Ouranos].</p>

Lors de l'atelier portant sur le Tourisme et les Loisirs, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur le tourisme et les loisirs pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?* »

Une quinzaine d'impacts ont été recensés lors de l'atelier qui s'est tenu le 12 mai 2010. Les participants ont identifié que l'augmentation des températures (estivales et hivernales) ainsi que des changements dans le régime des précipitations se traduiraient par les impacts biophysiques prioritaires suivants : une diminution de la qualité de l'eau, une diminution de la quantité de neige, une variabilité accrue des conditions météorologiques et un allongement de la saison estivale. Les conséquences socio-économiques prioritaires qui en découleraient consisteraient en une dégradation du potentiel récréotouristique due à une mauvaise qualité des eaux de surface, une remise en cause de la pérennité de certaines activités (raquette, ski de fond, motoneige), une augmentation des coûts d'entretien (des lieux et des équipements), une concurrence accrue, notamment de produits de substitution hors et intra Québec. La situation poserait de plus le défi de l'adaptation de l'offre et le risque de manquer les opportunités que représente la nordicité québécoise.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Tourisme » de l'Annexe 7 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

v. Secteur tertiaire

Caractéristiques générales

« L'économie du Québec en croissance est aujourd'hui majoritairement à caractère tertiaire et largement imbriquée dans l'économie continentale et mondiale » [A, p.173].

« Le secteur tertiaire, composé des activités commerciales et financières, de la santé et de l'éducation, des loisirs et de l'administration publique, y occupe près de 70 % du PIB, contre 30 % pour les industries productrices de biens (secteurs primaire et secondaire) (ISQ, 2009b). Tout indique que cette tertiarisation de l'économie s'accroîtra encore notamment avec la croissance des industries de l'information, des loisirs et du tourisme ainsi qu'avec la croissance des services de santé » [B, pp. 18-19].

Vulnérabilités du secteur

« Les industries des services sont à priori moins sensibles aux changements climatiques si on fait exception de l'industrie du tourisme et des loisirs (hébergement et restauration) dont l'offre est en partie axée sur le climat et des services de santé qui peuvent être affectés par les conséquences des variations climatiques sur la santé publique. A ces deux industries il faut aussi ajouter celle des assurances qui est bien sûr concernée, entre autres, par l'accroissement des événements de vents violents et de précipitations intenses se traduisant par une augmentation des dommages » [B, p.19].

« [...] Plusieurs industries de service seraient aussi sensibles aux modifications du climat, dont notamment le tourisme qui pourrait être avantagé ou désavantagé en fonction de sa capacité d'adaptation aux conditions changeantes. De même, les services de santé et sanitaires feront face à de nouveaux besoins. D'autres secteurs, comme ceux des transports routiers et maritimes, des services financiers et des assurances, auront aussi à s'ajuster, notamment pour ces derniers face aux incertitudes accrues et aux coûts supérieurs d'indemnisation » [B, p.25].

« Les changements démographiques et socioculturels auront aussi des répercussions notables sur la demande de biens et services, comme une hausse des besoins en services de santé requis par une population vieillissante ou encore des besoins en loisirs des retraités, allant de pair avec des moyens technologiques mis au point pour les satisfaire. En somme, le contexte socio-économique sera, lui aussi, différent du contexte actuel et les liens accrus avec les marchés internationaux viendront modifier de façon complexe la sensibilité du système socio-économique aux répercussions ayant lieu au Québec et ailleurs » [A, pp. 177-178].

C. ÉCOSYSTÈMES ET BIODIVERSITÉ

« Chaque écosystème a une biodiversité propre qui se maintient dans le temps de manière dynamique, en fonction de l'évolution des paramètres du milieu (Di Castri et Younes, 1990). ... Les écosystèmes présentent une multitude de biens et services essentiels à la survie humaine, [et à son adaptation aux CC] comme l'attestent certaines collectivités autochtones ou rurales particulièrement dépendantes de ces ressources (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2002) » [A, p.209].

L'intégrité des milieux naturels risque d'être affecté par l'augmentation des événements climatiques extrêmes (les sécheresses, pluies intenses, orages et tempêtes, vagues de froid et canicules), ainsi que par les changements des moyennes de température et de précipitation [voir B, p.25-26]. « Les espèces plus vulnérables, à la limite de leur aire de distribution naturelle, seront plus touchées par les changements » [B, p.26].

« Le climat est le principal facteur agissant sur la structure et la productivité végétale ainsi que sur la répartition des espèces animales et végétales à l'échelle mondiale (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2002). Il est certain que le changement climatique prévu sur le territoire du Québec aura des effets que l'on pourra constater à l'échelle locale, sur des populations ou des écosystèmes sensibles. Dans certains cas, les changements climatiques se traduiront par la réduction d'effectifs ou la disparition de certaines populations; pour d'autres, il sera l'occasion de multiplier les effectifs et d'étendre l'aire de répartition. Ils modifieront les dynamiques écologiques des écosystèmes et, à moyen et long terme, les paysages (McCarty, 2001; Root et Schneider, 2002; Scott et al., 2002; Walther et al., 2002). Ces transformations ne sont pas déterministes; les êtres vivants sont soumis à de multiples pressions, et les changements climatiques ne constituent qu'un des éléments de l'équation » [A, p.209].

« La région Sud abrite la majeure partie des espèces menacées ou vulnérables (Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 2003) et sera, entre autres, touché par la hausse des températures moyennes, la modification du régime des crues et les redoux hivernaux (Kling et al., 2003) » [A, p.209]. Il faut cependant prendre en considération que les impacts des changements climatiques, plus particulièrement du réchauffement, tendent à se faire ressentir plus rapidement dans les régions nordiques. Les espèces des hautes latitudes risqueraient donc une disparition plus rapide [MDDEP].

De tout temps, certains écosystèmes ont protégés les humains contre les aléas naturels. De nos jours, l'activité humaine a réduit leur capacité à nous protéger contre les impacts des changements climatiques. Notre vulnérabilité est accrue aujourd'hui à cause des gestes posés dans le passé, des gestes qui ont eu comme résultats de diminuer la résilience des écosystèmes du Québec. Cesser leur dégradation et entreprendre leur restauration constitue une mesure importante pour réduire les impacts des changements climatiques. Elle peut constituer une solution plus abordable que les solutions techniques et, de plus, génère une série d'avantages non négligeables qui bénéficient à la population. [C.P. Écosystèmes et biodiversité].

i. Écosystèmes aquatiques et milieux humides

Caractéristiques

« Le territoire québécois recèle une quantité importante d'eau douce, soit environ 3% des eaux douces renouvelable de l'ensemble de la planète. Les ressources en eau sont essentielles tant en qualité qu'en quantité, au bien-être économique, social et environnemental du Québec » [B, p.53].

« Au Québec, les milieux humides occupent 170 millions d'hectares, soit 10% du territoire. Qu'il s'agisse d'étangs, de marais, de marécages ou de tourbières, les milieux humides représentent les mailles essentielles de la trame des milieux naturels du territoire québécois. Ces écosystèmes constituent l'ensemble des sites saturés d'eau ou inondés pendant une période suffisamment longue pour influencer la nature du sol et la composition de la végétation » (Couillard et Grondin, 1992).

Turgeon et al., (2005) ont démontré qu'il existait des liens fondamentaux entre l'hydrologie et la distribution spatiale des grandes classes de terres humides.

« Les milieux humides jouent un rôle crucial dans le maintien de la vie sur terre au même titre que les terres agricoles et les forêts. Les biens et services écologiques qu'ils procurent à la société représentent un moteur pour l'économie locale, régionale, nationale et mondiale » (MDDEP, 2002).

Les milieux humides jouent un rôle important au niveau de la filtration des eaux de surface et dans la recharge des nappes phréatiques. Ils peuvent également agir comme tampon en augmentant le niveau de protection contre les inondations et l'érosion fluviale et côtière [Ouranos].

De plus, d'autres pressions, notamment l'agriculture et le développement industriel et urbain, s'y exerceront (Bernier et al., 1998; Robichaud et Drolet, 1998; Jean et al., 2002; Ouranos, 2004) et entraîneront un fractionnement néfaste des habitats (Root et Schneider, 2002 ; Villeneuve 2008) » [A, p.211].

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. Augmentation des températures des eaux de surface [voir A, p.210].</p> <p>« Les étiages estivaux pourraient être plus sévères et de plus longue durée » [B, p.53].</p> <p>2. « Les événements météorologiques extrêmes prennent souvent la forme de fortes quantités de pluie, causant fréquemment des crues importantes. » [B, p.78].</p> <p>3. « La pointe de la crue printanière serait devancée de deux à trois semaines, ... le volume de la crue serait probablement réduit et ... les apports estivaux seraient probablement moins considérables en raison d'une augmentation importante de l'évaporation » [A, p.188].</p>
Sensibilité	<p>« Les écosystèmes aquatiques semblent les plus sensibles aux changements climatiques car leurs biocénoses se déplacent difficilement d'un bassin versant à un autre (Hauer et al., 1997) » [A, p.209].</p> <p>1. Une augmentation de la température des eaux de surface peut entraîner une eutrophisation accélérée dans les lacs de la région Sud et pourra avoir des effets</p>

	<p>négatifs sur des espèces de poissons d’eau froide comme le saumon de l’Atlantique (Swansberg et El-Jabi, 2001) et le touladi (Hesslein <i>et al.</i>, 2001) [voir A, p.210-211].</p> <p>2. et 3. « <i>Dans la sous-région sud, les espèces dépendantes du régime de crues du Saint-Laurent, comme le grand brochet et la perchaude, seront touchées (Casselman, 2002; Chu et al., 2005, Brodeur et al., 2006) » [A, p. 210].</i></p> <p>1. Perturbation des habitats de vie et de reproduction</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Augmentation des organismes pathogènes dont la croissance est généralement favorisée par des T° + chaudes ▫ Augmentation des toxines et autres polluants (par manque de dilution) <p>La sensibilité est accrue là où le couvert végétal est déficient et où les milieux humides sont dégradés [MDDEP].</p> <p>2. Perturbation des habitats de vie et de reproduction</p> <ul style="list-style-type: none"> ▫ Pertes d’habitats lorsque incision et déstabilisation des berges ▫ Pertes de certaines communautés benthiques [MDDEP]. <p>3. Pertes de sites de reproduction [MDDEP].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>1.2. « <i>Les changements climatiques entraîneront des modifications significatives de précipitations et conséquemment ... (du) régime hydrique des cours d’eau aménagés, mettant en jeu la capacité à respecter toutes les contraintes associées à l’usage multiples des ressources hydriques (production hydroélectrique, alimentation en eau potable, navigation, irrigation agricole, préservation des habitats fauniques, prévention des inondations, etc.) » [B, p.42].</i></p> <p>1.2.3. « <i>Plusieurs espèces fauniques utilisant les terres humides seraient perturbées, ce qui représente un enjeu important pour l’écosystème du Saint-Laurent, tout comme les marais du lac Saint-Pierre » (Hudon et al., 2005).</i></p> <p>1. Mortalité accrue [MDDEP].</p> <p>Diminution de la taille des individus [MDDEP].</p> <p>Perturbation des chaînes alimentaires [MDDEP].</p> <p>Menace pour les amphibiens [MDDEP].</p> <p>Menace pour les espèces dépendantes des mares temporaires [MDDEP].</p> <p>Menace pour les espèces à niches écologiques étroites [MDDEP].</p> <p>Plusieurs espèces fauniques perturbées dans l’écosystème Saint-Laurent (lac St-Pierre) [MDDEP].</p> <p>1. « <i>En revanche, le réchauffement des températures pourrait permettre à certaines espèces d’amphibiens d’étendre leur aire de répartition vers le Nord (Araujo et al., 2006) » [B, p.101].</i></p> <p>2. « <i>Les modifications du régime des crues et des débits et niveaux moyens du Saint-Laurent amèneront un réajustement géomorphologique des embouchures des tributaires. Celui-ci se traduira par l’incision et la déstabilisation des lits et des berges,</i></p>

	<p><i>touchant de nombreuses espèces fauniques et floristiques, reliées ou non aux terres humides, qui subissent déjà les effets de l'activité humaine (Mortsch et al., 2000; Morin et al., 2005) » [B, p.101].</i></p> <p>2. Perturbation des chaînes alimentaires [MDDEP]</p> <p>3. « <i>Les modifications projetées des crues printanières entraîneront une baisse de reproduction comme celle constatée chez [certaines espèces d'oiseaux] de la plaine du Saint-Laurent qui comprennent quelques espèces en péril (Giguère et al., 2005; Lehoux et al., 2005; Desgranges et al., 2006). Dans la plaine inondable du fleuve, le rat musqué est particulièrement sensible aux fluctuations hivernales du niveau de l'eau et des changements le toucheront profondément (Ouellet et al., 2005) » [B, p.103]. et plusieurs autres services écologiques [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</i></p> <p>3. Diminution du succès de reproduction de certaines espèces [MDDEP].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>Outils d'aménagement du territoire dont ceux appuyé sur des connaissances écologiques (ex. schémas d'aménagement) [MDDEP].</p> <p>Outils de connaissance du territoire (ex. cadre écologique de référence; modèles prédictifs; cartographie) [MDDEP].</p> <p>Outils de sensibilisation [MDDEP].</p> <p>Outils de suivi et surveillance [MDDEP].</p> <p>Lois (ex. Qualité de l'environnement; Eau; Espèces menacées et vulnérables; Aménagement et urbanisme, Aires protégées; Parcs) [MDDEP].</p> <p>Stratégies (ex. Aires protégées; Biodiversité) [MDDEP].</p> <p>Politiques (ex. Protection des rives, du littoral et des plaines inondables; Nationale de l'eau (approche par bassin versant, plan directeur de l'eau) [MDDEP].</p> <p>Programmes (ex. reboisement des rives en milieu agricole; reboisement des bassins versants dégradés) [MDDEP].</p> <p>Plans d'action (ex. Espèces envahissantes) [MDDEP].</p> <p>Techniques appliquées (ex. migration assistée, stabilisation des berges, génie végétale) [MDDEP].</p> <p>Gestion active des barrages [MDDEP].</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité].</p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p>« <i>Les populations de poissons d'eau froide de la sous-région sud seront touchées par une eutrophisation accélérée ainsi que par des crues subites, potentiellement plus fréquentes, qui entraîneront une érosion du bassin versant et le transport de sédiments dans les lacs, tendance d'ailleurs déjà renforcée par l'activité humaine, comme l'agriculture, l'urbanisation et l'exploitation forestière (Shuter et al., 1998) » [A, p.210].</i></p> <p>Dépendance à une eau de qualité (eau potable, agriculture, tourisme, etc.) [Ouranos].</p>

<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p>« Les études préliminaires touchant la gestion des crues, comme celles abordant la problématique de la satisfaction des besoins futurs en eau d'irrigation et potable ainsi que des écosystèmes, démontrent que ces problématiques pourront être abordées selon une approche favorisant la gestion globale et intégrée de la ressource hydrique à l'échelle d'un bassin versant » [A, p.197].</p> <p>« La gestion des ressources en eau jouera pour sa part un rôle central dans l'ampleur des impacts des changements climatiques. L'approvisionnement en eau est en effet un élément clé de l'adaptation de plusieurs des activités économiques aux nouvelles conditions climatiques notamment pour l'agriculture et le tourisme tout en étant essentiel à la santé humaine et au maintien des écosystèmes » [B, p.24].</p>
---	--

ii. Milieux côtiers

Caractéristiques

« L'érosion des côtes est en progression partout dans le golfe du Saint Laurent, qui est corrélée avec des modifications de plusieurs variables climatiques comme la fréquence des tempêtes hivernales ou le recul des glaces (Bernatchez et al., 2008). La hausse du niveau de la mer dans le golfe touche aussi directement les écosystèmes côtiers les plus à risque et entraîne la réduction des aires de reproduction et d'alimentation pour de nombreuses espèces résidentes ou migratrices (Harvell et al., 2002 ; Jackson et Mandrak, 2002, Kennedy et al., 2002) » [B, p.103].

« Dans la région Maritime, les rivages sont en général des milieux fragiles qui jouent un rôle clé dans les processus écologiques car ils assurent le lien entre les milieux marins et terrestres. En particulier, les côtes du golfe du Saint-Laurent, et les écosystèmes et populations qu'elles abritent, sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques (Savard et al., 2008) » [B, p.103]. Certains de ces écosystèmes protègent efficacement contre les assauts des mers [C.P. Écosystèmes et biodiversité].

Exposition	<ol style="list-style-type: none"> 1. « Hausse du niveau de la mer » [B, p.34]. 2. « Disparition des glaces marines et côtières » [B, p.35]. 3. « Augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitations intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas [et sécheresses]) en Amérique du Nord, bien qu'une certaine incertitude persiste (Field et al., 2007) » [B, p.68].
Sensibilité	<ol style="list-style-type: none"> 1., 2. et 3. Perte d'habitats, d'aires de reproduction, d'alimentation en raison de l'érosion côtière accrue (haut marais, cordons dunaires, cap rocheux de roches sédimentaires) [MDDEP]. 1. Intrusion du front salin dans les estuaires [MDDEP]. 2. Fragmentation des habitats insulaires par la diminution des ponts de glace [MDDEP].
Impacts potentiels des changements climatiques	<ol style="list-style-type: none"> 1., 2. et 3. Impact sur les populations des écosystèmes marins comme terrestres [MDDEP]. 1. Disparition des espèces d'eau douce au détriment d'espèces de milieu salin [MDDEP]. 2. Réduction des espèces dépendantes des glaces [MDDEP].
Capacité d'adaptation	<ul style="list-style-type: none"> Aires marines protégées [MDDEP]. Parc marin [MDDEP]. Cadre de prévention des risques naturels [MDDEP]. Rechargement de plage [MDDEP]. Modélisation [MDDEP]. Concertation avec le fédéral [MDDEP].

iii. Écosystèmes terrestres

Caractéristiques

« La partie extrême nord présente une végétation de toundra, un sol reposant sur du pergélisol plus ou moins continu et un climat rigoureux aux vents forts sous lequel évoluent une faune et une flore adaptées [à ces conditions] » [A, p.179]. « Plus au sud, le couvert forestier (757 900 km²) est dominé par une forêt boréale (73,7%) dense, qui abrite une importante faune et une grande variété d'oiseaux. La forêt mixte, mélange de feuillus et de conifères, couvre les basses terres du Saint-Laurent et compte une grande diversité d'espèces végétales et animales » [A, p.179]. Mais cette forêt est fragmentée, ce qui l'empêche de fournir les services écologiques qui permettent de s'adapter aux changements climatiques. Cette fragmentation nuit aussi à la migration des espèces vers le nord, ce qui réduira d'autant plus la résilience des écosystèmes dans le futur [C.P. Écosystèmes et biodiversité].

De plus, d'autres pressions, notamment l'agriculture et le développement industriel et urbain, s'y exerceront (Bernier et al., 1998; Robichaud et Drolet, 1998; Jean et al., 2002; Ouranos, 2004) et entraîneront un fractionnement néfaste des habitats (Root et Schneider, 2002 ; Villeneuve 2008) » [A, p.211].

« Les impacts des changements climatiques sur les espèces et écosystèmes du Québec seront différents selon la région considérée et de façon générale on peut s'attendre à une progression des espèces du Sud vers le Nord en réaction au réchauffement des températures et au déplacement vers le Nord d'isothermes (Berteaux, 2009). Les modifications de précipitations ainsi que le devancement des crues et des étiages auront aussi des impacts variés selon les espèces concernées. Ceci s'appliquera en particulier aux insectes qui devraient connaître des changements dans leurs aires de distribution géographique, entraînant localement des modifications de la biodiversité (Rodenhouse, 2009) » [B, pp.100-101].

« Une hausse de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère aurait un effet fertilisant sur les forêts, entraînant une augmentation de la productivité primaire nette (Ainsworth et Long, 2005; Price et Scott, 2006). Le portrait plutôt positif du Québec doit être considéré comme un scénario optimiste, duquel des pertes potentielles devront être soustraites. Ainsi, l'émergence d'espèces exotiques ou de conditions de sécheresse plus fréquentes résultant d'une augmentation de l'évapotranspiration chez les végétaux pourraient annuler les gains de croissance (Kirschbaum, 2000; Johnston et Williamson, 2005). De plus, certaines études semblent indiquer que les gains seraient annulés après quelques années à cause de l'acclimatation aux nouvelles concentrations de CO₂, (Gitay et al., 2001), ou limités en raison de la présence d'éléments nutritifs (Drake et al., 1997) et d'autres facteurs (Kirschbaum, 2000; Johnston et Williamson, 2005) » [A, p.187].

« Au Québec, Bergeron et al. (2006) anticipent une augmentation de la fréquence des feux à travers le Québec pour un scénario de changements climatique 2xCO₂. Cette augmentation serait plus importante dans le nord de la forêt commerciale (+65%) que plus au sud où la fréquence de feu pourrait même diminuer (-17%)» [C.P. Foresterie].

Exposition	<p>1. « Une « tropicalisation » des étés signifieraient une évaporation accrue des eaux naturelles » [B, p.100].</p> <p>2. « Les événements météorologiques extrêmes prennent souvent la forme de fortes quantités de pluie, causant fréquemment des crues importantes. » [B, p.78].</p>
------------	--

<p>Sensibilité</p>	<p>1. Changements de l’environnement climatique ; diminution des débits des rivières et du fleuve.</p> <p>1. et 3. « L’activité des feux (nombre et aire brûlée annuellement) étant étroitement liée à la température atmosphérique, les études qui utilisent les modèles de circulation générale ainsi que le modèle régional du climat anticipent une augmentation de l’activité des feux à ces échelles. Cependant, les changements futurs de l’activité des feux à l’échelle locale est difficile à prévoir en raison des interactions complexes et non-linéaires qui existent entre les conditions météorologiques, les forêts et les activités humaines (Flannigan et al. 2009). »</p> <p>2. Disponibilité de nouvelles zones à la suite de perturbations de berges causées par des incisions lors de fortes crues.</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>Une augmentation des perturbations naturelles pourrait conduire à une fragmentation des habitats terrestres [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p> <p>1. Certaines espèces sensibles à des T° + chaudes pourraient étendre leurs aires de distribution vers le nord [MDDEP].</p> <p>Modification de l’aire de distribution de parasites et de maladies zoonotiques et à transmission vectorielle entraînant une augmentation des maladies infectieuses ou l’apparition de nouvelles maladies [Voir A, p.205].</p> <p>Perte de biodiversité pour les espèces moins bien outillées pour s’adapter [MDDEP].</p> <p>La survie d’espèces exotiques actuellement non adaptées aux conditions climatiques actuelles pourrait être favorisée par de nouvelles conditions aux désavantages d’espèces indigènes [MDDEP].</p> <p>Désynchronisation des rythmes phénologiques [MDDEP].</p> <p>Les zones exondées pourraient devenir des habitats disponibles pour des espèces terrestres [MDDEP].</p> <p>1. et 3. « <i>Les écosystèmes forestiers de la sous-région centrale ne devraient pas connaître d’importantes modifications de leur composition spécifique. Par contre, la fréquence des feux de forêts et l’activité humaine peuvent favoriser certaines formations végétales à l’échelle locale, en accélérant le processus d’ouverture du territoire forestier</i> » (Gagnon, 1998; Payette, 1999; Côté et Gagnon, 2002; Jasinski et Payette, 2005) [A, p.211].</p> <p>2. L’établissement d’espèces terrestres pourrait se faire sur des zones préalablement situées en milieu aquatique.</p>
<p>Capacité d’adaptation</p>	<p>Outils d’aménagement du territoire dont ceux appuyé sur des connaissances écologiques (ex. schémas d’aménagement) [MDDEP].</p> <p>Outils de connaissance du territoire (ex. cadre écologique de référence; modèles prédictifs; cartographie) [MDDEP].</p> <p>Outils de sensibilisation [MDDEP].</p> <p>Outils de suivi et surveillance [MDDEP].</p>

	<p>Lois (ex. Qualité de l'environnement; Espèces menacées et vulnérables [MDDEP].</p> <p>Aménagement et urbanisme, Aires protégées; Parcs) [MDDEP].</p> <p>Stratégies (ex. Aires protégées; Biodiversité) [MDDEP].</p> <p>Politiques (ex. Protection des rives, du littoral et des plaines inondables; Nationale de l'eau (approche par bassin versant, plan directeur de l'eau) [MDDEP].</p> <p>Programmes (ex. reboisement des rives en milieu agricole; reboisement des forêts coupées) [MDDEP].</p> <p>Plans d'action (ex. Espèces envahissantes) [MDDEP].</p> <p>Techniques appliquées (ex. migration assistée, stabilisation des berges, génie végétale) [MDDEP].</p> <p>Corridors écologiques et migratoires] [MDDEP].</p>
--	---

Durant l'atelier portant sur les Écosystèmes et la Biodiversité, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur les écosystèmes et la biodiversité pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?* »

Une quinzaine d'impacts ont été proposés lors de l'atelier qui s'est tenu le 3 mai 2010. Les participants ont identifié que l'augmentation des températures, les changements dans le régime des précipitations, les printemps hâtifs, les redoux hivernaux ainsi que l'augmentation des précipitations intenses se traduiraient par les impacts biophysiques importants. Parmi ceux-ci, nous retrouvons la dégradation des milieux humides, la diminution du niveau d'eau du Saint-Laurent, un accroissement des perturbations naturelles, une augmentation des espèces vulnérables et menacées, une augmentation de l'érosion des sols ainsi que des modifications de la phénologie. Ces impacts biophysiques auraient comme conséquences une altération de la quantité et la qualité de l'eau, des impacts majeurs sur l'écosystème fluvial, une fragmentation des habitats terrestres, une perte de maillons dans la chaîne alimentaire, une perte dans le patrimoine vivant ainsi qu'une prolifération de cyanobactéries.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Écosystèmes et biodiversité » de l'Annexe 8 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

D. VULNÉRABILITÉS PAR ZONE GÉOGRAPHIQUE

Les degrés d'exposition, aussi bien que les capacités d'adaptation des différentes communautés et environnements québécois sont sensiblement inégaux. Ces divergences sont en partie liées à l'immensité et à la variété du territoire de la province, mais peuvent aussi provenir de caractéristiques socioéconomiques, comme l'illustre bien le cas de la région Nord. La présente section vise à présenter les composantes des vulnérabilités du Québec en fonction de quatre sous-régions de la province. La catégorisation géographique de chaque zone étudiée n'est pas liée à une quelconque grille administrative, mais regroupe des territoires qui partagent des caractéristiques naturelles similaires. [voir A, p.183].

i. Sous-région Sud

Caractéristiques

« La sous-région sud est caractérisée par une forte urbanisation, et regroupe la majorité des activités économiques, des infrastructures et des populations présentes au Québec. Il en résulte une forte pression sur l'environnement naturel » [A, p.183], et une complexité importante de l'adaptation due à une forte interdépendance des activités. Ce sont des écosystèmes souvent dégradés, fragilisés, dont la régulation est de moins en moins assurée par les services écologiques [C.P. Écosystèmes et biodiversité].

« La grande majorité de la population du Québec est établie dans le sud du territoire, où se déroule le gros de l'activité économique, bien que cette sous-région soit la plus petite des quatre » [A, p.192]. L'économie y est très diversifiée et les activités manufacturières et tertiaires occupent une place considérable dans la production du travail et dans l'emploi [voir A, p.177]. « Les activités agricoles se concentrent essentiellement dans le Sud, région propice à l'agriculture grâce à son climat et à ses terres fertiles » [B, p.71].

« Une densification et une hausse de sa population, l'interdépendance complexe [des] infrastructures, la tertiarisation de son économie associée à l'évolution des marchés internationaux, un tissu social en évolution et une population de plus en plus désensibilisée aux conditions climatiques, rassemble beaucoup de facteurs pouvant générer des impacts nombreux, complexes, et parfois coûteux, surtout reliés à une augmentation de fréquence, d'intensité ou de durée des événements climatiques extrêmes » [A, p.216].

Tableau des composantes des vulnérabilités

N.B. Le lecteur est invité à compléter sa lecture de la grille ci-dessous par une lecture de la section «Communautés urbaines et rurales» (voir pp. 6-28) de même que de la sous-section sur «l'agriculture» (voir pp. 29-32) et de la thématique «demande énergétique» (voir pp. 32-36) qui traitent principalement de vulnérabilités associées à la sous-région Sud.

Paramètres	Connaissances
Exposition	<ol style="list-style-type: none"> 1. « Augmentation de la fréquence, de l'intensité ou de la durée des événements climatiques extrêmes » [B, p.6]. 2. « Augmentation des intensités de chaque événement pluvieux (Mailhot et al., 2008a) » [B, p.91].

	<p>3. Allongement de la saison chaude [voir A, p.208] avec « <i>des températures plus élevées associé à un taux d'humidité élevé ainsi que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses</i> » [B, p.6].</p> <p>4. « <i>Modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur des étages et des sécheresses</i> » [A, p.195].</p> <p>5. Des « <i>températures au-dessus du point de congélation plus fréquentes et ... une proportion plus grande de précipitations sous forme liquide plutôt que solide au cours des mois d'hiver</i> » [B, p. 45].</p> <p>6. Augmentation des températures des eaux de surface [voir A, p.210].</p>
Sensibilité	<p>1. et 2. « <i>L'augmentation de la fréquence, de l'intensité ou de la durée des événements climatiques extrêmes telles les précipitations représente des risques accrus pour des infrastructures vieillissantes se traduisant en perte d'efficacité, usure accélérée ou même une perte totale. De plus, les événements météorologiques récents ont démontré la forte dépendance des communautés urbaines et rurales à l'égard des infrastructures d'approvisionnement en eau et en énergie et de transport exposées aux aléas climatiques</i> » [B, p.110].</p> <p>2. et 3. Eau de surface – Variation de la quantité d'eau dans les plans d'eau [MDDEP-CEHQ].</p> <p>3. « <i>Des températures plus élevées associé à un taux d'humidité élevé ainsi que des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses représentent des risques importants pour la santé humaine</i> » [B, p.6]. « <i>Les populations du sud sont plus sensibles à une fréquence accrue des épisodes de chaleur accablante (Santé Canada, 2005)</i> » [A, p.203].</p> <p>3. « <i>La population urbaine (80,4 % des Québécois) est particulièrement vulnérable aux problèmes de qualité de l'air, surtout dans la région de l'île de Montréal (ISQ, 2005a, 2005b)</i> » [B, p.87].</p> <p>4. « <i>la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement en eau potable dépendra de l'ampleur des changements (qualitatif et quantitatif) mais surtout de la capacité des infrastructures et des organisations à y faire face</i> » [A, p.195].</p> <p>« <i>La région Sud abrite la majeure partie des espèces menacées ou vulnérables (Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 2003)</i> » [A, p.209].</p> <p>6. « <i>Prolifération des cyanobactéries et d'autres espèces nuisibles (MDDEP, 2005a)</i> » [A, p.199].</p> <p>Une augmentation de la température des eaux de surface peut entraîner une eutrophisation accélérée dans les lacs de la région Sud » [voir A, p.210-211].</p>
Impacts potentiels des changements climatiques	<p>« <i>Les impacts des changements climatiques y seraient potentiellement nombreux, variés et parfois complexes, étant donné les interconnexions entre les infrastructures et les activités socio-économiques. Les régions rurales vivent d'une économie primaire et de transformation fragile, pouvant être directement touchée par le climat alors que les régions urbaines dépendent d'une économie tertiaire, où</i></p>

	<p><i>le climat peut agir indirectement (p. ex., défaillance d'infrastructures lors de la crise du verglas en 1998) » [A, p.192].</i></p> <p>1. 2. <i>« Une hausse des précipitations abondantes toucherait le milieu urbain, provoquant une surcharge pour les infrastructures municipales ainsi que des crues subites sur les bassins versants ruraux » [A, p.200].</i></p> <p>2. <i>« les changements climatiques pourraient entraîner une baisse des niveaux et des débits des cours d'eau, une modification du régime pluviométrique et une hausse du taux de salinité des eaux du Saint-Laurent (Bourgault, 2001) » [B, p.90].</i></p> <p>2. et 3. Augmentation des conflits d'usage relatifs à la disponibilité de la ressource en eau douce [MDDEP].</p> <p>3. <i>« Les estimations actuelles de mortalité et de morbidité pour le Québec liées à la pollution atmosphérique sont appréciables (Bouchard et Smargiassi, 2008). La charge sanitaire totale associée à la pollution de l'air pourrait donc augmenter substantiellement dans un contexte de changements climatiques» [B, p.88].</i></p> <p>Modification de l'aire de distribution de parasites et de maladies zoonotiques et à transmission vectorielle entraînant une augmentation des maladies infectieuses ou l'apparition de nouvelles maladies [Voir A, p.205].</p> <p>Certaines espèces sensibles à des T° + chaudes pourraient étendre leurs aires de distribution vers le nord [MDDEP].</p> <p>4. <i>« Les impacts sur la disponibilité en eau [...] seront liés aux modifications des fréquences d'occurrence et de l'ampleur des étiages et des sécheresses (Institut national de recherche sur les eaux, 2004) » [A, p.195].</i></p> <p>Une augmentation de la sécheresse et des étiages aura possiblement une influence pour la survie des espèces déjà menacées ou vulnérables [MDDEP].</p> <p>6. Le phénomène des cyanobactéries peut mener à des interdictions de consommer l'eau et de se baigner [voir A, p.204].</p> <p>L'eutrophisation des lacs engendre une détérioration de la qualité de l'eau avec déstabilisation des chaînes alimentaires et une diminution de la valeur esthétique et récréative des eaux affectées [MDDEP].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p><i>« Des stratégies d'adaptation portant en priorité sur les infrastructures critiques [peuvent] limiter l'ampleur des impacts appréhendés [par des investissements] dans la réhabilitation, la mise à niveau et la construction de nouvelles infrastructures afin de prévenir les risques, plutôt que de réagir aux événements. Le renouvellement des infrastructures vieillissantes constitue à cet égard une occasion unique pour s'adapter aux conditions climatiques futures » [B, p.110].</i></p> <p><i>« L'hypothèse voulant que les conditions climatiques du passé soient représentatives des conditions futures est remise en cause avec les changements climatiques. Ceci soulève notamment des questions de sécurité et d'efficacité des infrastructures dont la durée de vie est en général de plusieurs décennies, soit une période pendant laquelle les effets des changements climatiques se feront sentir » [B, p.38].</i></p> <p>4. <i>« Les mesures d'adaptation considérées sont nombreuses. Selon les</i></p>

	<p><i>problématiques étudiées, on retrouve, par exemple, la réhabilitation, voire la relocalisation de certaines prises d'eau, l'amélioration de l'efficacité de traitement, la réduction des volumes d'eau perdus en réseau et l'augmentation des capacités des réserves. Les mesures recommandées portent autant sur les infrastructures que sur les modes de gestion (un programme d'économie d'eau) » [A, p.197].</i></p> <p>Programmes d'investissement, expertise, accès à l'information et aux ressources, programmes en place et études en cours, réglementation, sensibilité croissante, plan de chaleur accablante dans certaines municipalités, implantation d'îlots de fraîcheur [Ouranos].</p> <p>Réserves écologiques, aires de conservation, refuges fauniques [MDDEP]. aménagements agroforestiers [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p> <p>Restauration des écosystèmes [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité].</p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p><i>« Le développement même des communautés et des activités économiques dans une société aussi tertiarisée que celle du Québec, dépend fortement du bon fonctionnement des infrastructures. L'interdépendance entre les infrastructures nous rend encore plus vulnérables aux défaillances provoquées par un événement climatique (Bruce et al., 1999; Kirshen et al., 2007; Chang et al., 2007). Plusieurs exemples au Québec illustrent à quel point un événement climatique entraînant la destruction d'infrastructures peut perturber les activités socioéconomiques et les populations. On peut noter à cet égard, les inondations du Saguenay en 1996 (MSP, 1996; MTQ 2000), la tempête de verglas de 1998 (MSP, 1999) ou encore des glissements de terrains (Lebuis et al, 1983) et des avalanches (Lied et al., 2000; Sécurité publique Canada, 2006) provoqués par des précipitations importantes. Les pertes et dommages causés par des événements climatiques sont en effet significatifs et semblent en augmentation (Bruce et al., 1999 ; McBean et Henstra, 2003) » [B, p.38].</i></p> <p>4. <i>« La population en général serait touchée par des pénuries d'eau sur les plans physique et psychologique; les familles déjà en situation précaire vivraient davantage d'insécurité sur le plan alimentaire, en ayant à acheter leur eau (Direction de la santé publique de la Montérégie, 2004). De plus, les pénuries d'eau, dues à la diminution de la capacité des aqueducs, représentent un risque accru en cas d'incendie, accompagné de blessures, décès et incidences psychologiques importantes pour les familles qui assistent à la destruction de leurs biens personnels (Enright, 2001) » [B, p.110].</i></p> <p>Perturbation des activités; contrainte supplémentaire avec laquelle les gestionnaires et professionnels doivent composer; santé et sécurité des populations à risque; propriétaires de barrages au fil de l'eau [Ouranos].</p> <p>La perte de certains services écologiques [C.P. Écosystèmes et biodiversité].</p>

Avantages des mesures d'adaptation	Pérennité des infrastructures [Ouranos]. Amélioration de la gestion du territoire [Ouranos]. Amélioration de la sécurité des personnes [Ouranos]. Production de services écologiques utiles au bien-être humain [C.P. Écosystèmes et biodiversité].
------------------------------------	--

Durant l'atelier portant sur la Région Sud du Québec, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur la région Sud du Québec pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?* »

Une vingtaine d'impacts ont été mentionnés lors de l'atelier qui s'est tenu le 11 juin 2010. Les participants ont identifié que l'augmentation des températures, le changement dans le régime de précipitations et l'augmentation des pluies et extrêmes hivernaux étaient les variables climatiques les plus préoccupantes pour le Sud du Québec et qu'elles se traduiraient par les impacts biophysiques prioritaires suivants : une augmentation des périodes de chaleur extrême, une dégradation des milieux humides, une augmentation des étiages, ainsi qu'une menace de défaillance des infrastructures essentielles.

Cela se traduirait par une augmentation de la morbidité et la mortalité, une dégradation des services écologiques, des impacts sur l'approvisionnement en eau potable, par des problèmes de sécurité des populations et par de possibles conflits d'usage de l'eau.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « sous-région Sud du Québec » de l'Annexe 9 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

ii. Sous-région Maritime

Caractéristiques

« Le Québec possède quelque 3 000 kilomètres de littoral sur la partie Est de son territoire s'étendant de l'estuaire fluvial au golfe du Saint-Laurent... Plus du quart de la population vit à moins de 500 m des berges (Dubois et al., 2006) et plus de 90%, à moins de 5 km. On y retrouve aussi plusieurs des principales industries telles que la pêche, le tourisme et les alumineries ainsi qu'une bonne partie des infrastructures de transport terrestre et maritime. » [B, p.33]. La sous-région maritime du Québec comprend le Bas-Saint-Laurent, Charlevoix, la Côte-Nord, la Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine.

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>« 1. La hausse du niveau marin, 2. Les changements de fréquence des pluies et des tempêtes hivernales, 3. Les changements de fréquence des redoux et des cycles de gel dégel, 4. La disparition des glaces de mer et des glaces de rivage. » [B, p.33].</p>
Sensibilité	<p>Plus du quart de la population vit à moins de 500 m des berges (Dubois et al., 2006)... Une proportion significative de la population [plus de 100 000 personnes] est ... exposée à l'érosion qui menace le patrimoine bâti ainsi qu'une partie des infrastructures essentielles. » [B, p.33].</p> <p>« Les collectivités de la sous-région maritime sont généralement tributaires de la zone côtière quant à leur bien-être et à leur sécurité sur les plans économique et social, les collectivités de l'intérieur des terres s'apparentant davantage à celles de la sous-région centrale. Les principales industries (tourisme, pêche, pâtes et papiers, foresterie, alumineries et mines ainsi que transport maritime) dépendent d'infrastructures essentielles situées souvent dans la zone côtière (les routes provinciales 132, 138 et 199 de même que les ports) et des ressources de cette zone (plages, lagunes, marais côtiers). Une bonne partie de ces infrastructures est touchée par les processus climatiques et hydrodynamiques qui agissent sur la dynamique des berges. » [A, p.190].</p> <p>« La plupart des villages côtiers ont été bâtis sur les dépôts friables faiblement consolidés qui bordent les côtes. La valeur du patrimoine bâti menacé par l'érosion d'ici 30 ans est importante : uniquement pour la Côte-Nord à l'est de Tadoussac, plus de 50 p. 100 des bâtiments des collectivités côtières abritant près de 100 000 personnes sont à moins de 500 mètres de la rive (Dubois et al., 2006). » [A, p.190].</p> <p>Les « risques [...] d'infiltration d'eau salée dans la nappe phréatique ou, tout au moins, dans une prise d'eau municipale (Villeneuve et al., 2001) [...] [constituent] une menace pour les populations vivant à proximité de la ligne des hautes mers</p>

	<p>(Neumann, 2000; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001b; Zhang et al., 2004). » [A, p.190].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>« Dans cet environnement géologique particulier, le réchauffement climatique aurait pour effet de modifier le rythme d'érosion des berges et d'augmenter les risques de submersion. » [B, p.33].</p> <p>« L'élévation du niveau des océans [...] engendre une augmentation des taux d'érosion, des risques d'inondation et d'infiltration d'eau salée dans la nappe phréatique » [A, p.109].</p> <p>« La combinaison de niveaux élevés et de fortes vagues sont l'une des causes majeures de dommages aux infrastructures et d'érosion des berges » [B, p.34].</p> <p>« Certains facteurs socio-économiques contribuent à accroître la vulnérabilité des collectivités à l'érosion côtière. Comme l'on remarqué Morneau et al. (2001), le premier élément est la hausse du nombre des constructions en bordure des rives depuis 1970. » [B, p.36].</p> <p>Une augmentation des submersions pourrait affecter la sécurité des populations, et augmenter les cas de mortalité [C.P. Environnement maritime]</p> <p>Une combinaison de plus d'érosion et de submersion pourrait signifier une perte de biodiversité actuelle qui aurait possiblement comme conséquence des pertes socio-économiques [C.P. Environnement maritime].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>« Les solutions d'adaptation à l'érosion côtière sont de plusieurs types. Elles vont du zonage afin de limiter les vulnérabilités futures, au retrait préventif des infrastructures et des bâtiments menacés à court ou moyen terme et jusqu'aux travaux de protection tels que recharge en sable des plages, épis protecteurs, enrochements et construction de murs. Le choix des solutions dépend à la fois du coût des solutions techniques disponibles et des enjeux socio-économiques et environnementaux en cause » [B. p.37].</p> <p>« Des études ont été amorcées au sujet de la complexité des facteurs qui contrôlent la dynamique côtière en 1998 par le gouvernement du Québec (Dubois 1999) et poursuivies à partir de 2005 par Ouranos (Savard et al., 2008) et l'UQAR (Bernatchez et al., 2008). Une révision en profondeur des politiques gouvernementales et de la réglementation afférentes est mise en place en s'inspirant des résultats de ces études. Cette révision porte sur le zonage municipal, les schémas d'aménagement, la gestion des infrastructures essentielles, les politiques de sécurité publique, la réglementation, les méthodes de protection et autres stratégies de gestion du risque. » [B, p.37].</p> <p>Programmes de relocalisation; cadre de prévention des risques; recharge en sable; études; réglementation de zonage. [Ouranos].</p> <p>Structure de gouvernance interministérielle visant une action gouvernementale cohérente dans le dossier de l'érosion des berges [MDDEP].</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du</p>

	territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité].
Conséquences néfastes	<p>« Pour l'ensemble du golfe et de l'estuaire, on peut estimer à plusieurs centaines de millions de dollars les pertes potentielles... Il faut ajouter à cette estimation les coûts liés à la perte d'habitats critiques pour la faune aviaire et piscicole... Enfin, au plan social, la menace constante de perdre le patrimoine bâti, privé ou public, est source d'anxiété et de frustration et constitue parfois un enjeu de sécurité publique, lorsque l'érosion ou la submersion menace les infrastructures critiques. Dans certains cas, c'est aussi le développement de certaines communautés qui est menacé par la nécessité de déplacer une bonne partie des citoyens ou par la disparition d'infrastructures essentielles (routes, quais, etc.) » [B, pp.36-37].</p> <p>« Les technologies utilisées pour la préservation des berges, qui consistent, pour la plupart, en protections linéaires, en enrochement et en érection de murs verticaux, sont souvent mal adaptées et causent des répercussions environnementales résiduelles importantes. À moyen terme, les structures de protection deviennent souvent inefficaces et s'écroulent, exposant les infrastructures qu'elles devaient protéger à une érosion plus intense encore. » [B, p.36].</p>
Avantages des mesures d'adaptation	<p>Meilleure gestion du territoire. [Ouranos].</p> <p>Pérennité des infrastructures. [Ouranos].</p> <p>Sécurité des populations. [Ouranos].</p>

Lors de l'atelier portant sur sous-région maritime, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques sur l'environnement maritime pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?* »

Une vingtaine d'impacts ont été discutés lors de l'atelier qui s'est tenu le 29 avril 2010. Les participants ont jugé que les changements dans le régime de précipitations, la diminution du couvert de la glace, l'augmentation du niveau de la mer et des tempêtes, ainsi qu'une augmentation des précipitations intenses étaient les variables climatiques les plus importantes pour l'environnement maritime en raison notamment de l'augmentation de l'érosion et des submersions ainsi que des crues de rivières qui en résulteraient.

On appréhende que ces impacts biophysiques auront à leur tour des impacts socioéconomiques sur le patrimoine bâti et historique, sur la sécurité des populations, sur le nombre et l'intensité des inondations qui toucheront les communautés, sur les infrastructures de transport et sur la perte de biodiversité.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Environnement maritime » de l'Annexe 10 afin de prendre connaissance de l'intégralité des variables et impacts identifiés lors de l'atelier, ainsi que de la priorisation établie.

iii. Sous-région Centre

Caractéristiques

«L'environnement de la sous-région centrale est caractérisé par la présence de la forêt boréale ainsi que de nombreux lacs, rivières et réservoirs. [...]. La densité de la population est faible et en décroissance, les économies locales dépendent souvent d'une seule industrie, mais l'activité économique du secteur primaire générée par l'exploitation des ressources naturelles (eau et forêt) stimule cependant la vigueur de l'économie de l'ensemble du Québec. Cette sous-région est appelée par Ouranos (2004) "région ressource" et, pour cette raison, [les vulnérabilités] aux changements climatiques les plus importantes sont celles qui concernent la forêt (voir pp. 37-41) et de la production hydroélectrique (voir pp. 32-36) [A, p186] ».

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>1. Pour la forêt :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Augmentation des températures et prolongement de la saison de croissance [voir B, p.65]. b) Hausse de concentration de CO₂ [voir B, p.65]. c) Augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitation intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas) [voir B, p.68]. d) Réduction du couvert de neige et diminution de la durée de l'hiver [voir B, p.68]. <p>2. Pour la production hydroélectrique :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Augmentation des précipitations de neige et de pluie [voir B, p.43]. b) Augmentation des températures et d'avantage de précipitations à l'état liquide en hiver [voir A, pp. 188-189]. c) Intensification des évènements climatiques extrêmes [voir B, p.43-46].
Sensibilité	<p>1. Pour la forêt :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Augmentation de la productivité primaire des forêts [voir B, p.64] ; changement dans la distribution et l'abondance des insectes [voir B, p.68] ; risque d'invasion d'espèces d'insectes exotiques [voir B, p.68] ; augmentation de la fréquence des feux de forêts [voir B, p.68] avec changements dans la composition forestière et risques pour communautés à proximité [Ouranos]. b) Fertilisation accrue et augmentation potentielle de la productivité [voir B, p.65]. c) Changements dans la dynamique des populations et des communautés et altération des processus de l'écosystème forestier [voir B, p.68].

	<p>d) Perturbation de la dynamique de gel du sol [voir B, p.63-68]; Exposition des racines [voir B, p.63-68]; Réduction de la période d'accès aux sites pendant l'hiver [voir B, p.63-68].</p> <p>2. Pour la production hydroélectrique :</p> <p>a) et b) Influence sur le « risque hydraulique » auquel font face les entreprises [voir B, p.45].</p> <p>b) Devancement et diminution de la crue printanière et diminution des apports en été [voir B, pp.44-45].</p> <p>c) Les événements climatiques extrêmes pourraient compromettre l'intégrité des installations de production, de transport et de distribution de l'hydroélectricité [B, p.45-46].</p> <p>Coûts d'investissements élevés par rapport aux impacts appréhendés et niveau d'incertitude élevé [Ouranos].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>1. Pour la forêt :</p> <p>Les changements climatiques auraient « <i>pour effet d'allonger la période de croissance et de favoriser la migration vers le nord des zones de végétation. La fréquence et l'intensité des perturbations naturelles, comme la prolifération d'agents pathogènes et d'insectes ravageurs, augmenteraient, de même que les conditions climatiques extrêmes</i> » [A, p.188].</p> <p>« <i>Les espèces végétales et animales de la région centre ont une grande résilience, et les communautés sont écologiquement jeunes, [...]. Ces espèces adaptées à une importante variation climatique annuelle et à une récurrence des catastrophes, et constituant de grands effectifs répartis sur un territoire immense, seraient touchées essentiellement dans les zones de transition, c'est-à-dire les zones montagneuses et les zones ripariennes</i> » [B, p.102].</p> <p>2. Pour la production hydroélectrique :</p> <p>« <i>L'évolution du régime hydrologique dépend à la fois de l'évolution du régime des précipitations et des variations du régime thermique. En effet, la variation des températures est susceptible d'avoir une incidence sur les conditions d'évapotranspiration et d'évaporation des bassins versants et, par conséquent, d'intervenir de manière importante dans le cycle hydrologique (Guillemette et al., 1999; Allen et Ingram, 2002)</i> » [A, p.188].</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>1. Pour la forêt :</p> <p>« <i>Les stratégies d'adaptation et d'acclimatation [comprennent] des efforts de sensibilisation, de surveillance et d'aménagement de la forêt</i> » [B, p.69].</p> <p>2. Pour la production hydroélectrique :</p> <p>« <i>Toute une gamme de mesures d'adaptation est disponible. Au nombre de celles-ci on retrouve des mesures d'ordre structurelles et d'autres non structurelles</i> » [B, p.47].</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité]</p>

<p>Conséquences néfastes</p>	<p>1. Pour la forêt :</p> <p>« <i>Compte tenu de l'importance des ressources naturelles dans son économie, le Québec est plus vulnérable que certaines autres régions développées du monde dont l'économie est moins liée au climat. [...] Les industries de transformation, soit l'agroalimentaire, le bois d'œuvre, les pâtes et papiers et la transformation des métaux, seraient touchées quant à la disponibilité et aux coûts des approvisionnements</i> » [A, p.208].</p> <p>2. Pour la production hydroélectrique :</p> <p>« <i>Malgré des bénéfices escomptés importants, peu de gestionnaires seront enclins à mettre en place les mesures d'adaptation, de surcroît si des coûts sont associés à ces mesures, à moins de connaître l'incertitude associée aux projections d'évolution du régime hydroclimatique. Enfin l'entreprise doit être assez solidement établie pour pouvoir composer avec les risques associés au déploiement de ces mesures</i> » [B, p.47].</p> <p>Plusieurs communautés et industries en aval dépendent de ces infrastructures. [Ouranos]</p>
<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p>1. Pour la forêt :</p> <p>Des mesures d'adaptation adoptées rapidement permettront d'éviter des pertes de productivité très chères dans le domaine de la foresterie [voir B, p.69].</p> <p>2. Pour la production hydroélectrique :</p> <p>« <i>Le recours à des mesures d'adaptation semble se justifier aisément lorsque les bénéfices attendus sont importants. Une vision à très long terme des activités de l'entreprise constitue l'un des pré-requis à l'adaptation des pratiques d'affaires</i> » [B, p.47].</p>

iv. Sous-région Nord

Caractéristiques

« Le Nunavik se distingue des autres régions du Québec par sa faune et sa flore peu abondantes ainsi que par une saison froide allongée et un paysage dominé par la neige et la glace. Sa population, majoritairement inuite, a un mode de vie étroitement lié à son environnement. [...]. Les villages nordiques font face à d'importants changements depuis les trois dernières générations et connaissent aujourd'hui une expansion démographique rapide, ainsi qu'une transformation des activités socio-économiques autrefois basées essentiellement sur des modes de vie traditionnels. Malgré ces profonds changements, certaines activités (approvisionnement alimentaire, vente de fourrure sur les marchés internationaux) représentent encore une partie importante de l'économie locale » [A, p.184].

« La forte augmentation de la démographie régionale, le développement urbain qui en découle ainsi que les modifications dans l'accès aux ressources et dans les activités traditionnelles de chasse, de pêche et de cueillette sont principalement à l'origine d'une mutation socio-économique délicate aux multiples facettes. À cela s'ajoutera l'implantation probable de nombreuses mines, en fonction de l'évolution du marché mondial des métaux ainsi qu'éventuellement des développements hydroélectriques importants. Les modifications climatiques accentuées qui entraînent notamment l'accélération de la fonte du pergélisol et l'allongement de la saison de navigation s'ajoutent à ces sources et parfois en intensifient le rythme d'évolution » [B, pp. 32-33].

« Un nombre relativement faible d'espèces marines ayant une large distribution dominent la plus grande partie de l'écosystème marin arctique et les quelques espèces dominantes, très bien adaptées à ces conditions extrêmes présentent une grande variabilité à l'intérieur d'une même espèce (Siron et al., 2008). Ce patron de biodiversité qui semble caractériser le milieu marin arctique pourrait être un facteur clé dans l'adaptation aux changements climatiques en cas de bouleversement des conditions environnementales dans lesquelles ces espèces dominantes se sont développées » [B, p.101-102].

Tableau des composantes des vulnérabilités

Paramètres	Connaissances
Exposition	<p>« Les augmentations de températures dans le Nord seront encore plus prononcées que pour le reste du Québec, pouvant atteindre en 2080 une moyenne de 2,6°C en été et 7°C en hiver » [B, p.28].</p> <p>On prévoit des augmentations considérables des précipitations sous forme de neige en hiver, de 16.8 à 29.4 % à l'horizon 2050 et de 24.0 à 43.8 % à l'horizon 2080. Les précipitations sont également appelées à augmenter au cours des trois autres saisons [voir B, p.14].</p> <p>« Augmentation des événements météorologiques extrêmes (précipitation intenses, vents violents, ouragans, tempêtes de verglas) en Amérique du Nord, bien qu'une certaine incertitude persiste (Field et al., 2007) » [B. p.68].</p> <p>Diminution du couvert de glaces et glaces plus mobiles [MTQ].</p>

Sensibilité	<p>Les populations « <i>du nord souffrent davantage d'une hausse des températures, n'y étant pas acclimatées (Santé Canada 2005)</i> » [B, p.86].</p> <p>« <i>Les impacts directs et indirects des conditions climatiques sur l'environnement naturel et bâti augmenteraient probablement les risques pour la sécurité de [populations isolées dans le nord]</i> » [B, p.94].</p> <p>« <i>Certains bâtiments et infrastructures importantes (aéroports, routes) sont par nécessité, partiellement ou totalement construits sur des terrains sensibles et par conséquent, demeurent vulnérables à la dégradation du pergélisol [...] qui a déjà provoqué des tassements et des fissures, et est à l'origine de signes de détérioration que l'on remarque sur plusieurs pistes d'atterrissage que sur les routes qui relient les aéroports aux villages</i> » (Beaulac et Doré, 2005) [B, p.29].</p> <p>Bâtiments et infrastructures portuaires vulnérables aux glaces mobiles [MTQ].</p> <p>« <i>Le Nord du Québec [...] verrait sa population augmenter fortement en pourcentage à l'horizon 2031. Ces variations dans l'évolution régionale des populations affecteront les problématiques d'occupation du territoire créées par les changements climatiques [...] où elle accentuera la difficulté de localisation des bâtiments</i> » [B, p.17].</p> <p>Au Nunavik, « <i>les déplacements et l'accès aux ressources sont cruciaux, d'une part, pour s'alimenter et, d'autre part, pour conserver une cohésion sociale indispensable au maintien d'une culture déjà fragilisée par d'autres stress (Lafortune et al., 2005). Dès lors, les nouvelles incidences climatiques (prévisions météorologiques difficiles, gel tardif et dégel précoce de la glace) rendent les déplacements plus risqués, ce qui touche aussi bien les aspects socio-économiques et culturels que la transmission des connaissances traditionnelles, tout en se répercutant sur l'identité individuelle et collective de cette société en mutation (Tremblay et al., 2006)</i> » [A, p.185].</p> <p>Les activités hivernales qui dépendent de la glace (pêche sur glace, chasse, motoneige, etc.) présentent « <i>aussi une grande vulnérabilité aux hausses de température, entraînant des risques accrus pour la sécurité des [populations]</i> » [B, p.82].</p> <p>« <i>Au Nunavik, une personne sur cinq est âgée de moins de cinq ans; il s'agit-là d'un groupe à risque pour les maladies gastro-entériques en raison de la fragilité du système immunitaire des enfants (Martin et al., 2005b)</i> » [A, p.204].</p> <p>« <i>Le changement climatique peut avoir une incidence sur l'approvisionnement en eau, aussi bien les systèmes individuels que collectifs</i> » [A, p.204].</p> <p>« <i>Favorisée par les saisons estivales plus clémentes et une protection hivernale du couvert de neige accru dans la toundra, l'expansion des populations arbustives, qui a déjà commencé, continuera de transformer les écosystèmes de façon importante, augmentant leur productivité primaire, phénomène qui devrait se répercuter sur le règne animal. L'aire de répartition de certaines espèces animales qui vivent normalement plus au sud est aussi appelée à progresser vers le nord au rythme de ces changements</i> » [B, p.29].</p>
-------------	---

	<p>D'autres pressions s'exercent sur les communautés et la région [Ouranos].</p> <p>Isolement et infrastructures critiques [Ouranos].</p>
<p>Impacts potentiels des changements climatiques</p>	<p>« <i>Le transfert de chaleur dans le sol, consécutif au réchauffement climatique, provoquera inévitablement une fonte partielle du pergélisol (Lawrence et Slater, 2005), ce qui entraîne déjà des affaissements de terrain ainsi que la création et l'expansion de petits lacs de thermokarst (Seguin et Allard, 1984)</i> » [B, p.28].</p> <p>« <i>Les écosystèmes en seront fortement perturbés. De plus, les réseaux de drainage des sols sensibles sont susceptibles d'être modifiés par l'assèchement et l'extension des tourbières et des terres humides (selon les conditions locales de topographie et de texture du sol) ainsi que par le ravinement et l'érosion en rigoles (Payette et al., 2004)</i> » [B, p.28].</p> <p>« <i>C'est dans la sous-région nord que sont anticipés les plus importants [...] changements climatiques en valeur absolue. Ceux-ci viendront complexifier les problèmes que connaît déjà la sous-région par rapport, entre autres, à la forte exposition des collectivités aux risques naturels, à la dépendance de nombreuses infrastructures essentielles, à l'accès aux ressources et aux modes de vie traditionnels étroitement reliés à l'environnement naturel actuel. Les écosystèmes terrestres et aquatiques ont commencé à changer, notamment dans leur structure à cause de la dégradation du pergélisol, des formations de cuvettes et de mares de thermokarst, de l'expansion des populations arbustives et des déplacements des populations fauniques</i> » [A, p.173].</p> <p>« <i>Dans le nord du Québec, les tendances climatiques récentes ne semblent pas étrangères à la survenue de l'avalanche à Kangiqsualujjuaq en 1999, où neuf personnes ont été tuées et 25 blessées (Sécurité publique Canada, 2006)</i> » [B, p.90].</p> <p>Offre de soins de santé hypothéquée due à la fragilisation de bâtiments du réseau de la santé rendant les populations vulnérables encore plus à risque [MSSS].</p> <p>Dégradation accélérée des infrastructures maritimes par une combinaison des glaces mobiles et des tempêtes [MTQ].</p> <p>La diminution du couvert de glace sur les lacs et les rivières pourrait réduire l'accès aux ressources fauniques [C.P. Environnement nordique]</p>
<p>Capacité d'adaptation</p>	<p>« <i>Les mesures d'entretien courantes des pistes d'atterrissage des routes ont jusqu'à maintenant suffi à assurer la sécurité; toutefois, la hausse des dommages et des activités d'entretien ainsi que la fréquence et les coûts accrus des réparations ont amené le MTQ et Ouranos à élaborer un programme de recherche visant à caractériser le pergélisol en-dessous et en bordure des infrastructures (profil thermique, tassements, conditions climatiques), évaluer le comportement de ces infrastructures depuis leur construction, prévoir leur évolution et élaborer des mesures d'adaptation (Beaulac et Doré, 2005; MTQ, 2006a; Allard et al., 2007a)</i> » [B, p.29].</p> <p>« <i>Pour ce qui est de la consolidation et du maintien de l'intégrité des</i></p>

	<p><i>infrastructures qui sont par nécessité bâties sur le pergélisol, diverses solutions sont à l'essai ou ont déjà démontré leur efficacité. À cet égard, les nouvelles connaissances sur le pergélisol qui se trouve sous les infrastructures, ainsi que l'application de solutions et de pratiques de génie civil, aideront à gérer les impacts du changement climatique sur les aéroports, les routes et les bâtiments (Allard et al., 2002b). Ainsi, la pénétration de chaleur dans les remblais peut être contrée par la convection d'air et l'utilisation de techniques d'isolation et de surfaces réfléchissantes; ou encore, la chaleur peut être extraite des remblais au moyen de drains thermiques. La mise en place de géotextiles ou encore la consolidation et le rehaussement des infrastructures à risque peuvent également aider à diminuer les vulnérabilités (Beaulac et Doré, 2005). La modification des profils transversaux des remblais de pistes et de routes pour les rendre aérodynamiques limite l'accumulation de neige contre les accotements qui est actuellement le principal facteur de réchauffement local responsable de la dégradation du pergélisol sous ces infrastructures » [B, p.31].</i></p> <p><i>« L'accessibilité au territoire pour les activités traditionnelles fait l'objet d'une attention particulière de la part des autorités locales, telles que l'Administration régionale Kativik, sur le plan de la sécurité le long des voies terrestres (chemins de glace) ou sur les voies navigables (Bégin, 2006). En collaboration avec les collectivités locales, une étude est en cours pour déterminer les moyens de mieux anticiper et de mieux s'adapter aux nouvelles conditions de glace et de neige en hiver, en s'appuyant sur le réseau de stations météorologiques du Nord (Lafortune et al., 2005) » [B, p.31].</i></p> <p>Nouvelles techniques – drainage des eaux, planification de certains villages plus vulnérables, projets de recherche et développement de guides des bonnes pratiques en cours [Ouranos].</p> <p>Sensibilisation accrue [Ouranos].</p> <p>Le MTQ mène un projet de recherche visant à connaître les effets des CC sur les infrastructures maritimes du Nunavik afin d'identifier les mesures d'adaptation. Ces mesures d'adaptation devraient permettre de définir les besoins ainsi que les méthodes d'entretien et de réhabilitation des ouvrages [MTQ].</p> <p>La reconnaissance et l'intégration des écosystèmes dans l'aménagement du territoire [C.P. Écosystèmes et Biodiversité]</p>
<p>Conséquences néfastes</p>	<p><i>« Le changement climatique peut avoir une incidence sur l'approvisionnement en eau, aussi bien les systèmes individuels que collectifs, causer la dégradation du pergélisol et contribuer à l'infiltration d'eau salée dans les aquifères, c'est-à-dire aggraver une situation déjà préoccupante. Pour plusieurs villages, l'enfouissement des déchets dans le pergélisol en dégel polluerait les nappes phréatiques, les cours d'eau et les terrains avoisinants (Furgal et Seguin, 2005) » [A, p.204].</i></p> <p><i>« Au Nunavik, les chasseurs et les cueilleurs se servent principalement d'embarcations en été et de motoneiges en hiver pour se déplacer. Les voies navigables [...] utilisés sont essentiels pour l'accès aux diverses ressources traditionnelles (chasse, trappe, pêche, cueillette de petits fruits et des œufs) de</i></p>

	<p><i>même que pour le déplacement des biens et des personnes entre les collectivités pour diverses activités, économiques, familiales, culturelles et sociales. Ces déplacements sont cruciaux pour s'alimenter et pour conserver une cohésion sociale indispensable au maintien d'une culture déjà fragilisée par d'autres stress (Lafortune et al., 2005). En plus d'affecter les diverses activités socio-économiques, les nouvelles conditions climatiques (conditions météorologiques plus incertaines, gel tardif et dégel précoce) qui rendent les déplacements plus risqués, affectent aussi la transmission des connaissances traditionnelles se répercutant ainsi sur l'identité individuelle et collective de cette société en mutation (Tremblay et al., 2006) » [B, p.30].</i></p> <p><i>« Ces récentes modifications font en sorte que le savoir traditionnel inuit ne semble plus aussi fiable, et que de nombreux accidents impliquant parfois des personnes expérimentées sont rapportés (Nickels et al., 2005) » [B, p.28].</i></p> <p><i>« Si les animaux étaient affectés par des maladies, des parasites, un plus grand nombre d'insectes piqueurs, des famines ou des modifications et des pertes d'habitats, les Inuits seraient exposés à un double changement car leurs ressources pourraient être transformées ou déplacées et ceci pourrait avoir une incidence sur la qualité de celles-ci. L'apport en protéines animales à haute valeur nutritive serait réduit, situation d'autant plus inquiétante que la croissance démographique et le maintien de leurs habiletés pour la chasse et la pêche vont en diminuant (Furgal et al., 2002) » [A, p.205].</i></p>
<p>Avantages des mesures d'adaptation</p>	<p><i>« Si l'exploitation des rivières de la baie d'Ungava à des fins de production d'électricité devenait acceptable sur les plans commercial et social, l'exploitant aurait à gérer des incertitudes quant au régime hydrologique à cause d'un climat différent, mais vraisemblablement plus avantageux en raison de l'augmentation anticipée des précipitations. De plus, le potentiel éolien élevé de la région (Environnement Canada, 2007a) favoriserait le développement de la filière éolienne en complément à la production électrique des centrales diesels dans quelques collectivités, assurant du même coup la diversification de l'approvisionnement et une réduction de la dépendance aux combustibles fossiles coûteux, lesquels doivent être transportés par bateau » [A, p.185].</i></p> <p>Assurer une meilleure transition (plus douce) vers des modes de vie moins traditionnels [Ouranos].</p> <p>Meilleure gestion du territoire [Ouranos].</p> <p>Gérer les infrastructures sur une base d'analyse de risques [MTQ].</p> <p>Rentabiliser davantage l'investissement [MTQ].</p> <p>Garantir la fonctionnalité des infrastructures [MTQ].</p> <p>Assurer la sécurité des infrastructures [MTQ]</p>

Durant l'atelier portant sur la Région nordique, les participants avaient à répondre à la question suivante : « *Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des changements climatiques dans la région nordique* »

pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s’y adapter?
»

Une vingtaine d’impacts ont été mentionnés lors de l’atelier. Les participants ont identifié que l’augmentation des températures, les changements dans le régime des précipitations ainsi que l’augmentation des précipitations intenses étaient les variables climatiques les plus préoccupantes pour l’environnement nordique et qu’elles se traduiraient par les impacts biophysiques prioritaires suivants : une dégradation du pergélisol, une diminution des glaces de lac et de rivière, un allongement de la saison sans glace et un glissement de la couche de sol active.

Les principaux impacts socio-économiques qui en découleraient se situent au niveau de la dégradation des infrastructures (fonctionnalité, durabilité, entretien), de l’accès aux ressources fauniques, de la possibilité d’intensifier les activités économiques avec des conséquences potentielles sur l’identité culturelle, de la sécurité des populations ainsi qu’au niveau de la perception et de la compréhension des communautés face aux changements climatiques.

Le lecteur voudra bien se référer à la grille « Environnement nordique » de l’Annexe 11 afin de prendre connaissance de l’intégralité des variables et impacts identifiés lors de l’atelier, ainsi que de la priorisation établie.

ANNEXE 1 – TABLEAU SYNTHÈSE – MSSS/INSPQ

Exposition	Sensibilité-Santé	Impacts potentiels- Santé	Degré de certitude (survenue de l'exposition)	Population touchée	Sévérité Impacts potentiels	Enjeux protection (court-terme)	Enjeux prévention	Acteurs impliqués
Chaleur extrême	Canicules	Hausse de la mortalité	+++	+++	+++	Préparation urgence chaleur (installée dans les 8 régions au Québec); Système d'alertes locales chaleur-santé canicule	Conserver la fraîcheur existante	MSSS, Agences, établissements MAMROT : Bâtiments, parcs, espaces verts MAPAQ : zones agricoles périurbaines, inspections, règlements MDDEP et autres ministères : zones écologiques MSP : plans d'urgence Finances : fiscalité Ouranos : projets de recherche Hydro-Québec: conserver les arbres en ville MELS et commission scolaire (cours d'école) MFA (garderies) MTQ : transport en commun et actif CSST : travailleurs
	Îlots thermiques urbains	Hausse de la mortalité dans les îlots	+++	+++	+++	Campagne d'information et de sensibilisation grand public et partenaires ministériels et organismes.	Diminuer les îlots thermiques, interventions sur les bâtiments isolés (toitures vertes, matériaux à albédo élevé); Plantation d'arbres; Utilisation et disponibilité du transport collectif; Réduire l'étalement urbain	
		Augmentation du risque de coup de chaleur et accidents chez les travailleurs	+	+	++	Offre d'ombre; Premiers soins; Hydratation adéquate	Diminuer les îlots thermiques des parcs industriels; Formation des travailleurs et employeurs; identification et évaluation des milieux de travail à risque élevé.	
	Pollens (saison de croissance augmente)	Rhinite allergique; asthme	+++	+++	+	Système de monitoring des pollens en place; Avis de santé publique ciblés concernant la qualité de l'air : -seuil pollinique critique - info-smog Réduction d'émission lors d'épisodes	Sensibiliser la population aux périodes de smog et de canicule et donner des conseils ciblés; Mesures permanentes de limitations des émissions polluantes;	
	Polluants atmosphériques (simulations démontrent une hausse de certains polluants)	Maladies cardiovasculaires et respiratoires	+++	+++	+ / ++		Transport marchandises par bateau/train; Électrification train/autobus; Filtration des systèmes de ventilation et de climatisation. Encourager l'achat de véhicules électriques/hybrides, transport en commun; Favoriser la marche et le vélo.	
Aliments plus rapidement périssables	Intoxications alimentaires	?	?	+	Préservation de la chaîne de froid alimentaire	?		
Réchauffement moyen (Québec méridional)	Rayons ultraviolets (UV)	Augmentation de l'incidence des coups de soleil, des cancers de la peau, des cataractes, des maladies associées aux effets immunosuppresseurs des rayons UV	++	+++	++	Modification des comportements de protection personnelle	Éducation grand public; Favoriser facteurs environnementaux pour créer de l'ombre	MSSS, Agences, CHQ MTQ Hydro-Québec MDDEP MAMROT (et Régie du bâtiment/SHQ) MELS et commission scolaire (cours d'école) MFA (garderies)
	Insectes, vecteurs de maladies, espèces exotiques envahissantes	Virus du Nil, syndrome pulmonaire à hantavirus (SPH), encéphalites, maladie de Lyme, fièvre Q, phytophotodermatites	++	+	+	Avis de santé publique dans les périodes et zones à risque; Avis au personnel de santé; Système de surveillance; Épandage de pesticides? Modification des comportements de protection personnelle	Formation du personnel de santé; Éducation grand public et travailleurs; Simulations en climat futur; Intensification de la recherche	MSSS MAMROT MELS MFA(garderies) CSST MDDEP

Exposition	Sensibilité-Santé	Impacts potentiels- Santé	Degré de certitude (survenue de l'exposition)	Population touchée	Sévérité Impacts potentiels	Enjeux protection (court-terme)	Enjeux prévention	Acteurs impliqués
Réchauffement moyen (Grand Nord)	Diminution des zones de pergélisol : Contaminants industriels et domestiques - résidus miniers - déchets domestiques	Maladies hydriques et intoxications reliées à la contamination des nappes phréatiques (eau potable)	++	+	?	Amélioration du monitoring environnemental	Appliquer des techniques de réduction du dégel du pergélisol; Technique d'assèchement des résidus	MSSS MAPAQ MDDEP MAMROT Hydro-QC MTQ MRNF
	Bâtiments du réseau de la santé à risque	Offre de soins hypothéquée, populations vulnérables encore plus à risque	+	+	+	Faire le bilan des bâtiments exposés	Bâtir sur zones plus sûres; mise à niveau (renforcer) des bâtiments existants. Réaliser un guide de bonnes pratiques pour la construction sur pergélisol	MSSS MDDEP MRNF MTQ CHQ
	Changements dans les territoires de chasse et pêche	Perte de sources protéiniques;	+	+	+	Services avertissements météo plus ciblés	?	MDDEP MRNF
Précipitations Moindres (sécheresse)	Puits privé (été)	Maladies hydriques	++	+	+	Surveillance?	Économie d'eau (Sensibilisation à la gestion de l'eau : piscines privées, etc)	MSSS Agences MAMROT MDDEP
	Prises d'eau de surface		+	+++	+	Avis d'ébullition d'eau et de non-consommation		
	Résidences en forêt boréale (feux)	Augmentation du stress et maladies psychologiques,	+	++	++	Informers les communautés des risques de feux au moyen de l'indice forêt-météo	Gestion travaux en forêt	MSP MRNF
	Effets sur les récoltes	Insécurité alimentaire	+	+	+	Améliorer irrigation?	Préserver terres périurbaines	MAPAQ MSSS
Précipitations abondantes	Puits privés	Maladies hydriques	++	+	+	Avis d'ébullition d'eau et de non-consommation	Infrastructure pour prévenir les débordements d'égout	MSP MDDEP
	Prises d'eau de surface		+	+++	+		Mettre sur pied des systèmes de prédiction et d'alerte Maintenance bonne qualité des ouvrages de gestion des lisiers	MSSS, Agences MAMROT MAPAQ
	Inondations : - perte matérielle - air intérieur (humidité)	Augmentation du stress et maladies psychologiques, maladies respiratoires, atteinte système immunitaire	++	+	++	Identifier clientèle et zones à risque Offrir un support adéquat	Recherche, coordination et perfectionnement des mesures d'urgence	MSP MDDEP MSSS, Agences MAMROT MAPAQ Hydro-Québec (barrages)
	Bris de route	Isolement social; Bris de la continuité des services de santé	++	+	++	Meilleure planification des mesures d'urgence et de l'autonomie des établissements	Cartographier les zones sensibles pour les infrastructures Bâtiments plus résistants (les mises à niveau de l'existant et développement du nouveau) Zonage effectif - Fiscalité verte pour préserver zones inondables	MSP MDDEP MSSS, Agences MAMROT MAPAQ MTQ

Exposition	Sensibilité-Santé	Impacts potentiels- Santé	Degré de certitude (survenue de l'exposition)	Population touchée	Sévérité Impacts potentiels	Enjeux protection (court-terme)	Enjeux prévention	Acteurs impliqués
Temps violent (avec précipitations abondantes)	Verglas	Blessures, intoxications au monoxyde de carbone, infections respiratoires, problèmes psychologiques, décès	+	++	++	Avis de santé publique suivant les événements (communication des risques) Système de vigie, Support aux populations vulnérables	Protection civile; Valorisation et planification préventive; Modélisation des risques	MSP MSSS - Agences Hydro-Québec MAMROT
	Tempêtes estivales de pluies violentes et/ou tempêtes hivernales, Avalanches, Glissements de terrain	Stress, blessures, problèmes cardiaques, engelures, hypothermie, décès	+	++	+++	Communication du risque	Étendre et renforcer le rôle des systèmes d'information géographique (SIG) et des nouvelles technologies dans la gestion des risques	MSP MSSS
	Érosion côtière	Blessures, problèmes psychologiques	++	+	+++	Préparer les citoyens, municipalités, gouvernements et autres acteurs par des exercices de simulation	Protection civile; zonage, protection des berges	MSP MSSS, Agences MAMROT
	Population en situation précaire : handicapés, personnes âgées, malades chroniques sévères	Isolement social, problèmes psychologiques	+	++	++	Système d'information temps réel Système d'appels automatisés	Mettre en place des guides de soins et services adaptés aux clientèles de soins à domicile en cas d'événements extrêmes.	MSSS, Agences MSP MAMROT MFA
	Services de santé	Offre de soins hypothéquée (bris dans la continuité des services de santé), populations vulnérables encore plus à risque	+	+++	+	Continuité de l'offre de services de soins de santé Disponibilité du personnel lors des épisodes	Bâtiments (mises à niveau); Organisation du travail	MSSS, Agences MSP

ANNEXE 2 – CONSULTATION MSSS

MSSS / Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s’y mettre des efforts afin de s’y adapter?

12 avril 2010 - À partir du tableau des impacts compilé par le MSSS

**** Dans le cas du MSSS, aucun atelier de priorisation des impacts selon la technique du groupe nominal n'a été réalisé. Le pointage du tableau si dessous provient des résultats transformés et compilés de l'annexe 3 de la "Revue des composantes de la vulnérabilité". Il correspond également aux enjeux de santé en lien avec les changements climatiques qui sont ressortis suite aux consultations à l'INSPQ, à la Table de coordination nationale de santé publique (TCNSP) et à l'exécutif de la TCNSP. Nous avons tenté de traduire l'activité réalisée par les gens de Santé en tableau compatible aux exercices de priorisation afin d'explorer les liens potentiels entre les thématiques et les régions.

	Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Pointage	
				Total	Rang
A	Chaleurs extrêmes	Canicules généralisées	Hausse de la mortalité	9	1
B	Chaleurs extrêmes	Îlots thermiques urbains	Hausse de la mortalité dans les îlots	9	1
E	Chaleurs extrêmes	Hausse de certains polluants atmosphériques	Maladies cardiovasculaires et respiratoires	8	3
D	Réchauffement moyen (Québec méridional)	Pollens (augmentation de la saison de croissance)	Rhinites allergiques, des cas d'asthme	7	4
G	Réchauffement moyen (Québec méridional)	Rayons ultra-violet	Augmentation de l'incidence des coups de soleil, des cancers de la peau, des cataractes, des maladies associées aux effets immunosuppresseurs des rayons UV	7	4
S	Précipitations abondantes	Bris de route	Isolement social, bris de la continuité des services de santé	6	
U	Pluies violentes	Inondations	Stress, blessures, problèmes cardiaques, décès	6	
V	Précipitations de neige intenses (tempêtes hivernales)	Routes enneigées, etc.	Stress, blessures, problèmes cardiaques, décès, engelures, hypothermie	6	
W	Augmentation T° air, eau, fonte des glaces, forts vents	Érosion cotière	Menaces pour les infrastructures que sont les digues des lagunes de traitement d'eaux usées des villages inuit et des recouvrements de parc à résidus miniers	6	
M	Sécheresse	Disponibilité en eau réduite pour les prises d'eau potable en eau de surface	Augmentation de maladies hydriques	5	
N	Sécheresse	Augmentation des feux de forêt en zone boréale	Augmentation du stress et des maladies psychologiques des résidents	5	
Q	Précipitations abondantes	Dégradation de l'eau brute d'approvisionnement	Augmentation de maladies hydriques	5	
R	Précipitations abondantes	Perte matérielle et dégradation de la qualité de l'air intérieur suite à des inondations	Augmentation du stress et des maladies psychologiques, maladies respiratoires, atteinte du système immunitaire	5	
T	Verglas	Rupture de réseaux (routiers, électriques, communication)	Blessures, intoxications au monoxyde de carbone, infections respiratoires, problèmes psychologiques, décès	5	
X	Évènements extrêmes	Rupture de réseaux (routiers, électriques, communication)	Isolement social, problèmes psychologiques	5	
Y	Évènements extrêmes	Rupture de réseaux (routiers, électriques, communication)	Offres de soins hypothéquées (bris dans la continuité des services de santé), populations vulnérables encore plus à risque	5	
C	Chaleurs extrêmes	Îlots thermiques urbains	Augmentation du risque de coup de chaleur et accidents chez les travailleurs	4	
H	Réchauffement moyen (Québec méridional)	Insectes, vecteurs de maladies, espèces exotiques envahissantes	Virus du Nil, syndrome pulmonaires à hantavirus (SPH), encéphalites, maladie de Lyme, fièvre Q, phytophotodermatites	4	
I	Réchauffement moyen (Grand Nord)	En raison de la diminution des zones de pergélisol, migration de contaminants industriels et domestiques dans les nappes phréatiques	Maladies hydriques et intoxications suite à l'ingestion d'eau potable contaminée	4	
L	Sécheresse	Disponibilité en eau réduite dans les puits privés	Augmentation de maladies hydriques	4	
P	Précipitations abondantes	Contamination de puits privés	Augmentation de maladies hydriques	4	
F	Chaleurs extrêmes	Aliments plus rapidement périssables	Intoxications alimentaires	3	
J	Réchauffement moyen (Grand Nord)	En raison de la diminution des zones de pergélisol, risque accru pour les bâtiments du réseau de la santé	Offres de soins hypothéquées, populations vulnérables encore plus à risque	3	
K	Réchauffement moyen (Grand Nord)	Modification de l'habitat de la faune terrestre et aquatique	Perte de sources protéiniques découlant de changements dans les territoires de chasse et de pêche	3	
O	Sécheresse	Effet sur les récoltes	Insécurité alimentaire	3	

ANNEXE 3- CONSULTATION ENVIRONNEMENT BÂTI

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur l'ENVIRONNEMENT BÂTI pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?
7 avril 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
F Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des étiages	Approvisionnement en eau de surface et traitement des eaux usées (besoins municipaux)	5	=4+4+5+3+1	17	1	6	=4+5+5+3+5+4	26	1
I Augmentation des précipitations intenses	Augmentation des débordements des réseaux	Défaillance des infrastructures essentielles	3	=2+5+4	11	4	6	=2+4+2+4+5+5	22	2
N Augmentation T°	Augmentation des périodes de chaleur extrême	Impacts sur la sécurité des populations Diminution de la qualité de vie	4	=3+1+4+1	9	5	0	=3+4+5+2	14	3
D Augmentation des précipitations intenses	Augmentation des débordements des réseaux	Diminution de la qualité de vie Diminution de la qualité des eaux brutes	4	=5+5+3+1	14	2	5	=2+1+4+2+4	13	4
B Augmentation des précipitations intenses	Augmentation des inondations	Impacts sur le bâti en zone inondable	2	=3+2	5	10	3	=5+3+1	9	5
G Augmentation T° hivernales	Cycles gel/dégel	Impacts sur les infrastructures Augmentation des coûts d'entretien	2	=3+5	8	7	2	=3+3	6	0
J Augmentation des tempêtes hivernales	Perte d'électricité	Défaillance des infrastructures essentielles Impacts sur la sécurité des populations Diminution de la qualité de vie	2	=5+3	8	7	2	=3+2	5	0
M Augmentation T° Diminution du couvert de glace	Augmentation de l'érosion côtière	Diminution de l'intégrité du bâti Augmentation des coûts d'entretien	5	=1+1+4+2+4	12	3	3	=1+1+2	4	0
E Augmentation T°	Dégradation du pergélisol	Diminution de l'intégrité du bâti Augmentation des coûts d'entretien	3	=2+3+2	7	9	2	=3+1	4	0
R Augmentation des précipitations intenses	Crues subites	Insuffisance des barrages Impacts sur la sécurité des populations Conflits amont-aval	2	=4+5	9	5	2	=1+1	2	0
L Augmentation T°	Augmentation des périodes de chaleur	Augmentation de la demande énergétique pour la climatisation	1	=2	2	0	0	0	0	0
W Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Assèchement des sols	Augmentation des dommages aux infrastructures souterraines	1	=2	2	0	0	0	0	0
O Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution du niveau d'eau dans le fleuve St-Laurent	Impacts sur le transport maritime	1	=1	1	0	0	0	0	0
A Augmentation des précipitations intenses	Augmentation de débits extrêmes	Diminution de la qualité de l'eau	0	0	0	0	0	0	0	0
C Augmentation T°	Dégradation de la qualité de vie	Étalement urbain Pression sur les infrastructures routières Augmentation des GES	0	0	0	0	0	0	0	0
H Augmentation T° hivernales	Redoux hivernaux	Impacts sur la sécurité des populations Impacts sur les infrastructures Augmentation des coûts d'entretien	0	0	0	0	0	0	0	0
K Augmentation d'événements orageux	Perte d'électricité	Défaillance des infrastructures essentielles Impacts sur la sécurité des populations Diminution de la qualité de vie	0	0	0	0	0	0	0	0
P Augmentation T°	Diminution du couvert de glace	Diminution de l'intégrité des infrastructures Augmentation des coûts d'entretien	0	0	0	0	0	0	0	0
Q Changement dans le régime de précipitations	Variation dans l'apport d'eau moyen saisonnier	Insuffisance des barrages	0	0	0	0	0	0	0	0
S Changement dans le régime de précipitations	Augmentation de la charge de neige	Effondrement de bâtiments	0	0	0	0	0	0	0	0
T Augmentation du niveau de la mer	Intrusion d'eau salée	Diminution de la qualité de l'eau	0	0	0	0	0	0	0	0
U Changement dans le régime de précipitations	Augmentation du risque d'avalanche	Destruction du bâti Sécurité des populations	0	0	0	0	0	0	0	0
V Changement dans le régime de précipitations Augmentation T° hivernales Augmentation des précipitations intenses	Augmentation du risque de glissement de terrain	Destruction du bâti Sécurité des populations	0	0	0	0	0	0	0	0
X Extrêmes météorologiques	Survie de la végétation urbaine	Diminution de la qualité de vie	0	0	0	0	0	0	0	0

ANNEXE 4 – CONSULTATION RESSOURCES HYDRIQUES

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur l'USAGE DE L'EAU pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?

27 avril 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
O Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Étiages	Approvisionnement en eau de surface et traitement des eaux usées (besoins municipaux)	7	=5+5+5+5+4+5+4	33	1	9	=5+5+4+2+5+5+5+4+5	40	1
L Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Baisse du Saint-Laurent	Impacts socio-économiques (incluait seulement les impacts sur transport maritime et plaisance pour le vote préliminaire)	1	=4	4	10	8	=2+2+3+3+4+3+4+4	25	2
D Changement dans le régime de précipitations	Modifications du régime hydrologique	Gestion des conflits d'usages (barrages, GIEBV)	3	=3+1+5	9	5	7	=4+3+5+4+1+5+3	25	2
C Augmentation des précipitations intenses	Crues subites (été/automne)	Impacts en dommages matériels (inclut j pour vote final)	2	=4+2	6	7	6	=3+2+1+3+1+1	11	4
B Augmentation des précipitations intenses	Crues subites (été/automne)	Impacts sur sécurité population	5	=2+4+5+4+1	16	3	4	=4+3+1+2	10	5
W Changement dans le régime de précipitations Diminution du couvert de glace Augmentation du niveau de la mer	Érosion des berges	Eau de qualité pour environnement, faune	4	=4+3+3+2	12	4	4	=4+1+2+2	9	
R Changement dans le régime de précipitations	Diminution du couvert de neige	Diminution de la recharge en eau souterraine, donc enjeux d'approvisionnement en milieu rural (puits individuels)	2	=3+3	6	7	3	=1+2+3	6	
E Augmentation des précipitations intenses Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des surverses en milieux urbains (épisodes orageux)	Impacts sur environnement et usages et nécessité d'investir dans infrastructures de rétention et traitement	4	=5+4+4+5	18	2	1	=5	5	
N Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Étiages	Impacts sur écosystèmes	5	=2+2+2+2+1	9	5	3	=1+1+2	4	
J Augmentation des précipitations intenses	Pluies abondantes	"zones inondables inondées" (intégré avec c pour vote final)	2	=3+3	6	7	0	0	0	
X Changement dans le régime de précipitations Diminution du couvert de glace Augmentation du niveau de la mer	Érosion des berges	Sécurité des populations	2	=3+1	4	10	0	0	0	
A Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Baisse du Saint-Laurent	Impacts sur prise d'eau (potable, industrielles, etc.)	2	=1+1	2		0	0	0	
G Augmentation des précipitations intenses Augmentation d'événements orageux	Épisodes orageux	Érosion sol agricole, apports sédiments, nutriments, matière organique, impact sur système d'eau potable, impact sur coût traitement	1	=2	2		0	0	0	
H Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Été chauds	Demande accrue milieu agricole, conflits d'usage (commentaire sur changements cultures à long terme en raison de saisons plus longues)	1	=2	2		0	0	0	

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
F Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Bas niveaux	Diminution milieux humides, impacts sur services écologiques (filtration) donc augmentation des coûts de traitement eau potable.	1	=1	1	0	0	0		
K Augmentation du niveau de la mer	Intrusion saline	Disponibilité en eau de qualité	1	=1	1	0	0	0		
V Augmentation T°	Augmentation T° de l'eau	Hausse ou baisse de la productivité aquatique (cyanobactérie hypoxie Saint-Laurent)	1	=1	1	0	0	0		
I Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Été chauds	Augmentation de la demande en milieu urbain	0	0	0	0	0	0		
M Augmentation T° Printemps hâtif Redoux hivernaux	Enjeux embâcles	Dommages en hiver	0	0	0	0	0	0		
P Changement dans le régime de précipitations	Moins de neige	Production neige artificielle, impacts environnementaux (approvisionnement et fonte)	0	0	0	0	0	0		
Q Augmentation T°	Augmentation T° de l'eau	Prolifération des espèces exotiques envahissantes (EEE)	0	0	0	0	0	0		
S Augmentation des précipitations intenses Changement dans le régime de précipitations	Surcharge des ouvrages hydroagricoles		0	0	0	0	0	0		
T Augmentation T°	Fonte du pergélisol	Impacts sur approvisionnement en eau potable (eaux usées)	0	0	0	0	0	0		
U Changement dans le régime de précipitations	Modification du régime hydrique	Baisse production hydroélectrique dans le sud	0	0	0	0	0	0		
Y Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution des niveaux d'eau	Remise en circulation de sédiments contaminés	0	0	0	0	0	0		

***** D'autres enjeux ont peut-être été identifiés sur les fiches individuelles, sans être exprimés verbalement lors de la rencontre.

Suite au vote préliminaire :

- J et C sont fusionnés, leurs votes additionnés
- L (Baisse du Saint-Laurent) est élargi pour inclure tout impact socio-économique

ANNEXE 5 – CONSULTATION AGRICULTURE

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur le SECTEUR AGRICOLE pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s’y adapter?

21 avril 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
E Augmentation T° Augmentation du degré d'humidité	Changement dans la distribution et l'abondance des ennemis des cultures	Impacts environnementaux et économiques liés à la phytoprotection	6	=5+5+3+5+4+5	27	1	8	=5+5+5+4+5+4+5+5	38	1
F Augmentation T° hivernales Changement dans le régime de précipitations	Diminution de l'endurcissement au froid Dommages aux cultures pérennes	Baisse de la productivité Pertes économiques	6	=4+4+2+2+4+3	19	3	8	=4+2+4+4+1+3+3+2	23	2
B Augmentation des précipitations intenses	Impacts sur les infrastructures agricoles (pont, ponceau, ouvrages, etc.)	Impacts sur l'accès aux zones cultivées	2	=3+5	8	5	8	=3+2+2+2+5+3+2+3	22	3
I Augmentation des précipitations intenses	Augmentation de l'érosion des sols	Diminution de la qualité de l'eau de surface pour usages variés	7	=4+1+5+3+5+4+3	25	2	6	=3+3+3+2+4+4	19	4
L Augmentation T°	Augmentation de la saison de croissance	Augmentation de l'utilisation d'intrants (engrais, pesticides, etc.) Impacts environnementaux	0	=2+1+3+2	8	5	0	=5+5+15	15	5
J Augmentation des précipitations intenses	Lessivage des sols	Diminution de la qualité de l'eau souterraine	2	=1+1	2	0	1	=4	4	0
K Augmentation d'événements orageux	Dommages aux cultures	Baisse de la productivité Pertes économiques	2	=3+2	5	7	3	=1+1+1	3	0
C Changement dans le régime de précipitations	Excès d'eau (quasi inondation)	Baisse de la productivité Pertes économiques Augmentation de l'assurance récolte	3	=5+4+1	10	4	2	=1+1	2	0
Q Augmentation des précipitations intenses	Augmentation de l'érosion des sols	Baisse de la productivité Pertes économiques	1	=4	4	8	0	0	0	0
D Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des sécheresses	Conflits sur l'accès et l'usage de l'eau Augmentation du coût pour irriguer	2	=2+1	3	9	0	0	0	0
M Augmentation T° hivernales	Complexification de l'entretien des enclos d'hivernage pour le bovin	Impacts sur la santé de l'animal Impacts environnementaux	1	=3	3	9	0	0	0	0
A Augmentation T° hivernales	Changement dans la distribution et l'abondance d'espèces exotiques envahissantes	Baisse de la productivité Pertes économiques Hausse de l'utilisation des pesticides	1	=2	2	0	0	0	0	0
G Printemps hâtif	Risque de gel des arbres fruitiers	Baisse de la productivité	1	=2	2	0	0	0	0	0
N Augmentation T°	Augmentation des GES de source agricole	Impacts environnementaux	1	=1	1	0	0	0	0	0
P Augmentation T°	Augmentation de la saison de croissance	Impacts internationaux VS Marché québécois	1	=1	1	0	0	0	0	0
H Augmentation T°	Mésadaptation des cultivars	Baisse de la productivité Pertes économiques	0	0	0	0	0	0	0	0
O Augmentation T°	Augmentation de la saison de croissance	Risque de manquer des opportunités	0	0	0	0	0	0	0	0
R Printemps hâtif Redoux hivernaux	Modification de la phénologie ***	Impacts sur la pollinisation	0	0	0	0	0	0	0	0
S Augmentation T°	Augmentation T° de l'eau	Impacts sur les poissons Baisse de la productivité Pertes économiques	0	0	0	0	0	0	0	0

*** Étude de la répartition dans le temps des phénomènes périodiques caractéristiques du cycle vital des organismes dans la nature; spécialement de ceux qui sont influencés par les facteurs du milieu. (Grand dictionnaire terminologique)

ANNEXE 6 – CONSULTATION FORESTERIE

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur les FORÊTS ET LES SECTEURS QUI EN DÉPENDENT pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s’y adapter?

15 avril 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
C Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Augmentation d'événements orageux	Augmentation des sécheresses	Augmentation des feux de forêt (pertes économiques)	7	=1+5+5+5+2+4	27	1	6	=5+3+5+5+3	26	1
B Gel tardif Diminution des précipitations de neige	Dépérissement des forêts	Impacts sur la productivité forestière + Pertes économiques	5	=4+3+3+3+5	18	3	8	=1+1+4+2+2+5+5+3	23	2
G Augmentation T° en hiver	Changement dans la distribution et l'abondance d'espèces exotiques	Impacts sur la productivité et la composition forestière	4	=2+2+3+4	11	5	7	=2+2+3+2+4+4+5	22	3
I Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des sécheresses	Impacts sur la croissance des arbres (pertes économiques)	5	=5+4+4+5+1	19	2	6	=4+3+4+3+1+1	16	4
A Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des sécheresses	Impacts sur la régénération (productivité forestière)	4	=5+4+4+2	15	4	6	=5+2+1+1+2+3	14	5
D Augmentation T°	Changement dans la distribution et l'abondance des insectes	Impacts sur la productivité et la composition forestière	4	=3+2+1+3	9	6	5	=1+3+1+4+1	10	0
F Augmentation T° Printemps hâtif Redoux hivernaux	Déplacement des saisons	Diminution de la ressource et/ou problème d'approvisionnement + Conflits d'usage + Pertes économiques	2	=5+1	6	9	3	=5+2+2	9	0
E Augmentation des précipitations intenses Augmentation d'événements orageux Redoux hivernaux	Augmentation de l'érosion des sols	Impacts sur les infrastructures routières (+ de 200 000km de routes forestières)	2	=4+4	8	8	2	=4+4	8	0
J Augmentation T°	Incapacité de migration en fonction du déplacement isotherme	Impacts sur la productivité et la composition forestière	4	=3+3+2+1	9	7	1	=4	4	0
H Augmentation T° Printemps hâtif Redoux hivernaux	Modification dans la longueur des saisons	Diminution des périodes d'opérations forestières (Pratique de culture et de récolte)	3	=3+1+2	6	10	1	=3	3	0
O Augmentation T°	Diminution de la qualité du bois	Impacts sur l'approvisionnement industriel	1	=2	2	0	0	0	0	0
Q Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Printemps hâtif Redoux hivernaux	Modification des zones climatiques	Impacts sur les objectifs de conservation des aires protégées	1	=2	2	0	0	0	0	0
K Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Printemps hâtif Redoux hivernaux	Changement dans la composition forestière	Réduction de la polyvalence des usages de la forêt	1	=1	1	0	0	0	0	0
P Augmentation d'événements de verglas	Impacts sur la santé des arbres	Impacts sur la productivité forestière	1	=1	1	0	0	0	0	0
U Rigueur du climat (Changement dans le régime de précipitations, Augmentation d'événements de verglas Augmentation d'événements orageux, etc.)	Impacts sur la faune forestière	Impacts sur la biodiversité, sur la chasse	1	=1	1	0	0	0	0	0

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
L Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Augmentation d'événements de verglas Augmentation d'événements orageux	Dépérissement des forêts	Baisse potentielle du réservoir de GES	0	0	0	0	0	0	0	0
M Augmentation T°	Impacts sur la composition des forêts	Opportunités pour les produits non ligneux (champignon, sirop d'érable, baies, plantes médicinales, etc.)	0	0	0	0	0	0	0	0
N Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des sécheresses	Impacts sur l'accès et l'usage de l'eau (conflits)	0	0	0	0	0	0	0	0
R Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Augmentation d'événements de verglas Augmentation d'événements orageux	Mortalité des arbres	Modification dans la quantité et la qualité du bois (plus de bois mort accessible plus facilement)	0	0	0	0	0	0	0	0
S Augmentation T° Printemps hâtif Redoux hivernaux	Allongement de saison de croissance	Modification de la phénologie (mal adaptée) des essences ***	0	0	0	0	0	0	0	0
T Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Augmentation d'événements de verglas Augmentation d'événements orageux	Diminution de l'endurcissement au froid Dépérissement des forêts	Pertes économiques	0	0	0	0	0	0	0	0
V Augmentation des cycles gel/dégel	Impacts sur la coulée des érables	Impacts sur l'industrie acéricole	0	0	0	0	0	0	0	0

*** Étude de la répartition dans le temps des phénomènes périodiques caractéristiques du cycle vital des organismes dans la nature; spécialement de ceux qui sont influencés par les facteurs du milieu. (Grand dictionnaire terminologique)

ANNEXE 7 – CONSULTATION TOURISME

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur le SECTEUR DU TOURISME pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?

12 mai 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
B Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution de la qualité de l'eau	Dégradation du potentiel récréotouristique	7	=4+5+3+1+3+1+4	21	2	8	=3+3+1+5+4+4+5+3	28	1
D Changement dans le régime de précipitations	Moins de neige	Pérennité de certaines activités (raquette, ski de fond, motoneige) Augmentation des coûts d'entretien	5	=2+4+4+5+4	19	3	7	=5+5+3+3+3+4+4	27	2
I Tous	Variabilité des conditions météorologiques	Produits de substitution hors et intra Québec Compétitivité accrue	7	=5+2+5+3+5+2+3	25	1	6	=4+2+5+5+1+5	22	3
E Augmentation T°	Allongement de la saison estivale	Défi d'adaptation de l'offre	6	=2+2+4+1+4+5	18	4	8	=2+2+4+4+2+2+3+2	21	4
K Augmentation T° mondiale	Impacts négatifs à l'international	Manquer les opportunités de la nordicité québécoise	4	=5+2+4+1	12	7	5	=4+5+3+1+1	14	5
J Tous	Perception des CC + syndrome de la météo quotidienne	Cliantèle encore moins prévisible	4	=3+3+5+2	13	5	4	=1+2+1+4	8	0
A Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution de l'eau	Impacts sur l'approvisionnement de différents usages	4	=5+1+2+5	13	5	2	=5+2	7	0
G Augmentation T°	Hiver plus doux + Meilleures conditions	Difficulté à convaincre les investisseurs	3	=1+4+3	8	8	4	=1+3+1	5	0
L Diminution du couvert de glace Augmentation du niveau de la mer	Augmentation de l'érosion côtière	Impacts sur les sites récréotouristiques côtiers	3	=1+2+2	5	10	1	=1	1	0
H Tous	Variabilité des conditions météorologiques	Instabilité de la main d'œuvre	2	=3+3	6	9	0	0	0	0
C Extrêmes météorologiques	Dégradation temporaire de l'état des voies de communication	Accès rendu impossible	2	=1+4	5	10	0	0	0	0
M Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution de l'eau	Impacts sur les activités nautiques	2	=3+1	4	0	0	0	0	0
F Augmentation T° hivernales Changement dans le régime de précipitations	Moins de neige + difficulté d'en fabriquer	Disparition des petits centres de ski	1	=1	1	0	0	0	0	0
N Augmentation T° hivernales Redoux hivernaux	Cycles gel/dégel ==> Dégradation des infrastructures routières	Décroissance des attraits du à une dégradation de l'accessibilité	0	0	0	0	0	0	0	0
O Augmentation T° eau Augmentation du niveau de la mer	Impacts sur les baleines	Diminution économique de Tadoussac	0	0	0	0	0	0	0	0
P Augmentation T° Déplacement des saisons	Impacts sur les arbres (et les couleurs)	Impacts économiques pendant une saison calme	0	0	0	0	0	0	0	0

**** Point plus général, englobant => Les incertitudes entourant un climat futur, qui pourrait occasionner de nombreuses diminutions (achalandages, revenus, attraits) dans plusieurs secteurs, augmentent la difficulté à obtenir du financement pour s'adapter et développer d'autres créneaux.

ANNEXE 8 – CONSULTATION ÉCOSYSTÈMES ET BIODIVERSITÉ

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur les ÉCOSYSTÈMES ET LA BIODIVERSITÉ pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s’y adapter?

3 mai 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
F Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Dégradation des milieux humides	Impacts sur la quantité et la qualité de l'eau (et sur les populations)	4	=4+5+5+5	19	1	6	=5+5+5+5+2+5	27	1
I Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution du niveau d'eau du St-Laurent	Impacts majeurs sur les écosystèmes	3	=5+3+4	12	2	5	=3+4+4+1+4	16	2
H Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des perturbations naturelles	Fragmentation des habitats terrestres	4	=5+3+1+1	10	3	5	=4+2+2+5+2	15	3
G Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Printemps hâtif Redoux hivernaux	Augmentation des espèces vulnérables et menacées	Perte de patrimoine et de maillons	3	=2+1+4	7	6	5	=2+1+3+1+3	10	4
B Changement dans le régime de précipitations Augmentation des précipitations intenses	Augmentation de l'érosion des sols	Prolifération de cyanobactéries	3	=2+3+4	9	4	2	=3+2	5	5
D Augmentation T° Printemps hâtif Redoux hivernaux	Modification de la phénologie ***	Impacts sur le débourrage, la floraison, l'entrée en dormance, la pollinisation, l'arrivée des oiseaux migrateurs, la reproduction des insectes, etc.	2	=4+5	9	4	2	=4+1	5	5
Q Changement dans le régime de précipitations	Crues subites	Érosion des rives	1	=3	3	10	2	=1+3	4	0
A Augmentation des précipitations intenses	Augmentation des débordements des réseaux	Impacts sur la qualité des eaux brutes	1	=4	4	9	1	=4	4	0
C Augmentation T°	Augmentation des étiages	Fragmentation des habitats aquatiques	4	=2+1+2+2	7	6	1	=3	3	0
J Augmentation T° Hiver plus doux	Augmentation des espèces exotiques envahissantes	Transformation de l'environnement naturel	2	=3+3	6	8	1	=1	1	0
M Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution des écosystèmes urbains	Impacts sur le contrôle du micro-climat urbain (Drainage, îlot de fraîcheur, etc.)	2	=1+1	2	0	0	0	0	0
E	Transformation des écosystèmes	Perte de représentativité des aires protégées	0	0	0	0	0	0	0	0
K Augmentation T° Hiver plus doux	Augmentation des insectes et ravageurs	Impacts en lien avec les moyens de combattre qui sont problématiques (hausse des pesticides avec des impacts dur les ressources et les populations)	0	0	0	0	0	0	0	0
L Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Printemps hâtif Redoux hivernaux	Changement de patron migratoire	Perte des certaines espèces	0	0	0	0	0	0	0	0
N Augmentation du niveau de la mer Augmentation du régime de tempêtes Diminution du couvert de glace	Diminution des écosystèmes côtiers	Disparition des marais salés (qui procurent de nombreux services écologiques)	0	0	0	0	0	0	0	0
O Augmentation T°	Modification des habitats arctiques	Impacts sur les activités traditionnelles autochtones et sur le tourisme	0	0	0	0	0	0	0	0
P Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Dégradation des tourbières	Augmentation des GES	0	0	0	0	0	0	0	0

*** Étude de la répartition dans le temps des phénomènes périodiques caractéristiques du cycle vital des organismes dans la nature; spécialement de ceux qui sont influencés par les facteurs du milieu. (Grand dictionnaire terminologique)

ANNEXE 9 – CONSULTATION SUD DU QUÉBEC

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur la région SUD DU QUÉBEC pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s’y adapter?

11 juin 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
C Augmentation T°	Augmentation des périodes de chaleur extrême	Augmentation de la morbidité et de la mortalité	7	=3+5+5+4+5+5+4	31	1	7	=5+5+1+5+1+5+4	26	1
E Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Dégradation des milieux humides	Dégradation des services écologiques	7	=1+2+3+1+2+5+3	17	3	7	=3+3+4+4+5+4+3	26	1
A Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des étages	Approvisionnement en eau potable (besoins municipaux)	5	=5+4+5+4+5	23	2	6	=4+4+5+3+2+5	23	3
P Augmentation des pluies hivernales Augmentation des extrêmes hivernaux	Défaillance des infrastructures essentielles	Sécurité des populations	5	=4+3+1+1+2	11	4	6	=2+2+3+3+3+1	14	4
I Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des étages	Conflit d'usage	2	=4+3	7	6	6	=1+1+1+4+1+2	10	5
H Augmentation de tornade	Destruction du cadre bâti	Sécurité des populations	2	=2+1	3	0	2	=2+2	4	0
G Augmentation des tempêtes hivernales Changement dans le régime de précipitations Augmentation des redoux hivernaux	Inondations de rivière hivernales	Impacts socio-économiques	1	=4	4	7	1	=2	2	0
J Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution du niveau d'eau dans le fleuve St-Laurent	Impacts sur la navigation commerciale et de plaisance	1	=2	2	0	0	=1+1	2	0
B Augmentation des précipitations intenses	Augmentation des débordements des réseaux	Impacts socio-économiques	3	=3+3+2	8	5	0	0	0	0
D Diminution des conditions climatiques optimales	Moins de neige + difficulté d'en fabriquer Cycles gel/dégel	Impacts sur le tourisme hivernal	1	=4	4	7	0	0	0	0
N Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Diminution de la qualité des milieux	Diminution des individus qui appartiennent aux espèces menacées	2	=1+3	4	7	0	0	0	0
S Changement dans le régime de précipitations	Glissement de terrain	Sécurité des populations	3	=2+1+1	4	7	0	0	0	0
R Augmentation T° de l'eau	Impacts sur la pêche récréative	Impacts socio-économiques	1	=2	2	0	0	0	0	0
F Augmentation des extrêmes météorologiques	Usure accélérée des infrastructures	Augmentation des frais d'entretien	0	0	0	0	0	0	0	0
K Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Sécheresse	Diminution de la productivité agricole	0	0	0	0	0	0	0	0
L Augmentation T° hivernales	Arrivée et survie d'ennemis des cultures	Diminution de la productivité agricole	0	0	0	0	0	0	0	0
M Augmentation des précipitations intenses	Augmentation des surverses ==> Diminution de la qualité de l'eau	Impacts sur la baignade	0	0	0	0	0	0	0	0
O Augmentation T°	Augmentation de vecteurs de maladie	Impacts sur la santé humaine et animale	0	0	0	0	0	0	0	0
Q Augmentation T° estivales Changement dans le régime de précipitations	Diminution de la qualité de l'air (pollen, feux de forêt, etc.)	Santé des populations	0	0	0	0	0	0	0	0

ANNEXE 10 – CONSULTATION ENVIRONNEMENT MARITIME

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur l'ENVIRONNEMENT MARITIME pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?

29 avril 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
G Changement dans le régime de précipitations Diminution du couvert de glace Augmentation du niveau de la mer	Augmentation de l'érosion	Impacts sur le patrimoine bâti et historique	8	=4+5+5+5+4+4+4+4	35	1	9	=5+5+5+5+1+4+4+4+2	35	1
C Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer Augmentation des tempêtes	Augmentation des submersions	Sécurité des populations, augmentation des cas de mortalité	7	=3+5+4+2+5+5+5	29	2	9	=1+4+4+4+5+5+1+5+4	33	2
N Changement dans le régime de précipitations Augmentation des précipitations intenses	Crues de rivière	Inondations des communautés	7	=3+1+3+3+5+2+2	19	4	10	=2+2+3+4+1+1+2+3+1+2	21	3
L Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer Diminution du couvert de glace Augmentation des tempêtes	Augmentation de l'érosion et augmentation de la submersion	Perte de biodiversité actuelle (= perte socio-économiques)	6	=1+2+2+2+5+1	13	5	7	=2+1+5+2+2+3+1	16	4
E Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer Diminution du couvert de glace	Augmentation de l'érosion	Impacts sur les infrastructures de transport	5	=4+4+4+5+4	21	3	4	=3+4+5+4	16	4
D Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer Augmentation des tempêtes	Augmentation des submersions	Déplacement des biens	3	=5+3+1	9	7	4	=2+3+5+5	15	
B Augmentation T°	Augmentation de la T de l'eau	Changements des espèces	2	=3+3	6	10	3	=3+4+3	10	
A Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer Augmentation des tempêtes	Augmentation des submersions et des tempêtes	Fermeture de routes cotières (coûts associés)	3	=5+3+4	12	6	3	=3+2+3	8	
S Changement dans le régime de précipitations Augmentation des précipitations intenses	Glissement de terrain	Sécurité des populations	4	=1+2+1+3	7	8	4	=3+1+1+2	7	
V Changement dans le régime de précipitations	Changement du régime hydrique	Impacts sur les structure et l'aménagement	3	=4+2+1	7	8	2	=3+1	4	
F Augmentation T°	Diminution du couvert de glace	Impacts sur le transport hivernal	2	=3+1	4		0			
H Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer	Augmentation des tempêtes	Augmentation des interventions aggravantes	2	=1+3	4		0			
J Augmentation T°	Augmentation de la T de l'eau + Diminution de l'oxygène en eau profonde	Impacts sur les pêches (diminution)	2	=2+1	3		0			
K Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer	Augmentation des tempêtes et des glaces	Sécurité du transport maritime	1	=3	3		0			

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
I Augmentation du niveau de la mer Augmentation des tempêtes	Changement de patron sédimentaire	Perte d'usage des ports	1	=2	2	0				
Q Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer	Augmentation des tempêtes	Pertes économiques dues à la fermeture des ports	1	=2	2	0				
U Changement dans le régime de précipitations Augmentation du niveau de la mer Diminution du couvert de glace	Augmentation de l'érosion	Impacts sur la santé des populations (Stress)	1	=2	2	0				
P Augmentation T°	Augmentation de la mobilité des glaces	Dommages aux infrastructures	1	=1	1	0				
W Changement dans le régime de précipitations	Changement du régime hydrique	Impacts sur la faune et la flore	1	=1	1	0				
M Augmentation T°	Diminution du couvert de glace	Impacts sur la chasse et la pêche	0			0				
O Changement dans le régime de précipitations	Apport en eau brute	Impacts sur l'eau potable	0			0				
R Augmentation des précipitations	Avantlanche	Sécurité des populations	0			0				
T Augmentation T° hivernales	Hiver plus doux	Augmentation des cervidés (Impacts sur la forêt)	0			0				
X	Diminution du potentiel éolien	Perte de rentabilité	0			0				

ANNEXE 11 – CONSULTATION ENVIRONNEMENT NORDIQUE

Quels sont, selon vous, les impacts potentiels des CC sur l'ENVIRONNEMENT NORDIQUE pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s'y adapter?

11 mai 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
F Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Dégradation du pergélisol	Dégradation des infrastructures + Impacts sur leur fonctionnalité, durabilité et sur les coûts d'entretien	7	=5+4+5+3+2+4+3	26	1	9	=1+5+5+2+5+4+4+2+2	30	1
A Augmentation T°	Diminution des glaces de lac et de rivière	Accès aux ressources fauniques	5	=1+4+4+2+5	16	2	8	=4+3+4+1+5+5+1+4	27	2
K Augmentation T°	Allongement de la saison sans glace	Intensification économique, sociale et environnementale	3	=5+2+3	10	7	8	=5+1+5+4+3+3+3+3	27	2
B Augmentation T°	Glissement de la couche active	Impacts sur les zones habitées Sécurité des populations	4	=4+4+3+5	16	2	6	=5+4+3+3+5+1	21	4
I Tous	Impacts observés des CC + environnement	Perception + angoisse + incompréhension	4	=3+5+1+5	14	4	4	=1+4+1+5	11	5
N Augmentation des précipitations intenses Changement dans le régime de précipitations	Changements hydriques	Capacité à traiter les eaux usées	3	=5+4+3	12	5	4	=1+2+2+4	9	0
S Augmentation des précipitations intenses Changement dans le régime de précipitations	Risque de drainage minier acide	Contamination des sources d'eau, de la faune	3	=1+3+3	7	9	3	=3+2+4	9	0
L Augmentation T° Augmentation des précipitations intenses Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des crues	Impacts sur les villages (socio-économiques)	6	=2+1+2+1+1+4	11	6	3	=3+2+2	7	0
H Augmentation T° Augmentation de tempêtes	Diminution des glaces de mer	Sécurité des utilisateurs des transports maritimes	3	=3+1+4	8	8	4	=2+2+1+1	6	0
C Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Modification de la faune (distribution et comportement)	Impacts sur la subsistance des Inuits	2	=5+2	7	9	1	=3	3	0
D Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Dégradation du pergélisol	Contamination des sources d'eau	3	=3+2+1	6	0	0	0	0	0
E Augmentation T° Changement dans le régime de précipitations	Activité bio-géo-chimique des sols	Augmentation des GES	1	=5	5	0	0	0	0	0
R Augmentation des précipitations	Augmentation de la charge de neige	Stress sur les toitures	1	=4	4	0	0	0	0	0
G Augmentation T° Augmentation de tempêtes	Diminution des glaces de mer	Dégradation des infrastructures	2	=2+1	3	0	0	0	0	0
U Augmentation des précipitations Changement dans le régime de précipitations	Augmentation du poids de la neige / glace	Effondrement des structures	2	=1+2	3	0	0	0	0	0
P Augmentation T°	Augmentation des espèces exotiques envahissantes	Impacts sur la santé publique	1	=2	2	0	0	0	0	0
J Augmentation T° estivales	Augmentation des T° à l'intérieur des bâtiments	Inconfort des habitants	0	0	0	0	0	0	0	0
M Augmentation T° Augmentation des précipitations intenses Changement dans le régime de précipitations	Augmentation des crues	Impacts sur les poissons	0	0	0	0	0	0	0	0
O Augmentation de tempêtes + vent	Impacts sur la visibilité, sur les conditions routières, aériennes et maritimes.	Sécurité des populations	0	0	0	0	0	0	0	0
Q Augmentation T°	Diminution des glaces de mer	Accès aux ressources	0	0	0	0	0	0	0	0
T Augmentation des précipitations	Augmentation des avalanches	Sécurité des populations	0	0	0	0	0	0	0	0

ANNEXE 12 – CONSULTATION GTDS

Quels sont, selon le Groupe de travail – Développement de la stratégie (GTDS), les impacts potentiels des CC pour lesquels le gouvernement du Québec devrait prioritairement mettre des efforts afin de s’y adapter?

20 avril 2010 - Exercice animé par Alain Bourque, directeur Impacts-Adaptation Ouranos

Variable climatique	Impact biophysique	Impact socio-économique	Vote préliminaire				Vote Final			
			Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang	Nbre de votes	Distribution du pointage	Total	Rang
M Augmentation des précipitations intenses + orages, verglas	Rupture des réseaux	Continuité de services pour les personnes vulnérables	11	=5+3+4+5+2+2+2+2+4+3+5	37	1	11	=5+5+5+5+5+1+5+5+5+4	50	1
J T° élevées	Chaleurs accablantes	Mortalité, morbidité, qualité de vie, productivité	8	=4+4+5+1+2+2+5+5	28	2	11	=2+2+5+4+4+5+4+3+4+3+5	41	2
I T° élevées	Sécheresse	Quantité d'eau	5	=2+5+5+4+2	18	4	9	=2+2+5+3+3+1+1+4+3	24	3
F T° élevées+ Augmentation des précipitations intenses	Étiages et crues	Qualité de l'eau de surface	3	=3+4+4	11	8	7	=4+4+2+3+4+2+2	21	4
D Augmentation T° (fonte glaces)	Érosion côtière	Infrastructures et bâti	10	=2+4+5+5+1+1+1+2+2+3	26	3	8	=1+4+4+3+2+3+1+2	20	5
U Augmentation des précipitations intenses	Ruissellement urbain	Impacts sur les populations	4	=5+4+4+2	15	6	4	=4+4+5+2	15	
N T° élevées	Dégrad. qualité de l'air	Santé des populations	3	=2+4+5	11	8	5	=3+3+3+2+2	13	
Q Augmentation des précipitations intenses + orages, verglas	Rupture des réseaux	Activités économiques	3	=4+3+3	10	10	8	=1+3+1+1+1+2+2+1	12	
B T° élevées + Pluies intenses	Étiages et crues	Conflits d'usages	4	=3+5+3+1	12	7	4	=3+1+1+1	6	
C Augmentation des précipitations intenses	Inondations riveraines	Impacts pour les communautés	6	=1+1+4+3+3+5	17	5	3	=1+3+2	6	
E Orages, verglas	Perte d'électricité	Bâtiments (école.), Entreprise	5	=3+1+1+3+1	9	0	0	0	0	
A Augmentation T°	Fonte pergélisol	Risque pour le bâti	3	=3+1+4	8	0	0	0	0	
T Augmentation T° hivernales	Cycles gel/dégel;redoux	Intégrité des infrastructures de transport	2	=4+3	7	0	0	0	0	
O T° élevées	Étiages, sécheresse	Perte de revenus causée par manque d'eau	1	=5	5	0	0	0	0	
X T° élevées	Insectes, vecteurs maladies	Risques pour humains et cultures	3	=1+1+3	5	0	0	0	0	
L Augmentation T°	Fonte pergélisol	Dégradation de l'environnement (minier)	1	=2	2	0	0	0	0	
V T° élevées	Évaporation et sécheresse	Intégrité milieux humides (services écolog.)	1	=2	2	0	0	0	0	
W Augmentation des précipitations intenses	Glissement de terrain	Impacts sur les populations	2	=1+1	2	0	0	0	0	
G Augmentation des précipitations intenses	Inondations	Impacts sur les entreprises	0	0	0	0	0	0	0	
H Augmentation T° hivernales	Hiver plus doux et court	Dégradation du tourisme d'hiver	0	0	0	0	0	0	0	
K T° élevées	Feux, insectes / forêt	Précarité des communautés	0	0	0	0	0	0	0	
P T° élevées	Réchauffement eau surface	Dégradation de l'environnement aquatiques	0	0	0	0	0	0	0	
R T° élevées (évaporation)	Baisse niveau St-Laurent	Transport maritime	0	0	0	0	0	0	0	
S Augmentation T° hivernales	Hiver plus doux et court	Baisse de productivité pour certaines cultures	0	0	0	0	0	0	0	
Y Augmentation T° estivales	Aug. exposition aux UV	Cancer de la peau	0	0	0	0	0	0	0	

*** Dans le cas du GTDS, plusieurs acteurs ont participé à l'atelier de priorisation des impacts dont des représentants des ministères suivants : MAMROT, MAPAQ, MDDEP, MDEIE, MELS, MSP, MTO, MTQ, MRNF, MSSS, ainsi que des représentants d'Ouranos, d'Hydro-Québec et de l'INSPQ.

ANNEXE 13 - TERMES DE RÉFÉRENCE DE L'ÉTUDE

Le professionnel travaillera directement sous la supervision d'Ouranos représenté par son chargé de projet.

Le professionnel sera responsable de la rédaction du document décrit ci-dessus.

Le document consistera en une recherche sur les composantes des vulnérabilités du Québec face aux changements climatiques sur la base de documents existants et dont les principales références seront fournies par Ouranos. Il devra s'inspirer dans sa forme du document *Climate Change Risk and Vulnerability* du Allen Consulting Group.

Ce document servira d'outil de travail pour les premières consultations auprès des comités de programmes et ministères et organismes pour accomplir l'exercice de priorisation des enjeux du Québec liés aux changements climatiques.

La recherche devra aborder les thèmes suivants :

- Communautés urbaines et rurales : santé et sécurité des populations, bâtiments, réseaux de distribution, infrastructures de transport,... ;
- Secteurs socio-économiques : agriculture, énergie, foresterie, tourisme;
- Milieux naturels et biodiversité;
- Zones géographiques : Nord, Sud, Centre, Maritimes.

ANNEXE 14 - OUVRAGES CITÉS

Dans l'ensemble de cette étude, les deux documents de référence principaux (cités «A» et «B») sont respectivement:

- A: Lemmen, D.S., F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éditeurs). *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, 448 p.
- B: Ouranos. *Savoir s'adapter aux changements climatiques*, rédaction C. Desjarlais, A. Blondlot, M. Allard, A. Bourque, D. Chaumont, C. Desjarlais, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, R. Roy, J.P.Savard, R. Turcotte, C. Villeneuve, Montréal (Canada), 2010, 153X p.

Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux. Algues bleues : cyanobactéries, Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux, 2003, <http://www.regie-monteregie.gouv.qc.ca/Menu_Gauche/4-Publications/6-dépliants_Guides_Outils_Information/Sante_Environnementale/DSP_pub_Depliant_cyanobacteries_fr.pdf>.

Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie. Table québécoise sur l'herbe à poux, Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie, 2007, <<http://www.santemonteregie.qc.ca/agence/santepublique/directiondesantepublique/herbeapoux.fr.html>>.

Ainsworth, E.A. et S.P. Long. «What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂ », *New Phytologist*, vol. 165, no 2, 2005, pp. 337-653.

Allard, M., R. Fortier, C. Duguay et N. Barrette. A new trend of fast climate warming in Northern Quebec since 1993. Impacts on permafrost and man-made infrastructures, réunion d'automne 2002 de l'American Geophysical Union, Moscone Center, San Francisco, Californie, 2002a.

Allard, M., R. Fortier et O. Gagnon. Problématique du développement du village de Salluit, Nunavik. Québec, Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec (Québec), 2002b, 121p.

Allard, M., R. Fortier, D. Sarrazin, F. Calmels, D. Fortier, D., D. Chaumont, J.P. Savard et A. Tarussov. L'impact du réchauffement climatique sur les aéroports du Nunavik: caractéristiques du pergélisol et caractérisation des processus de dégradation des pistes, Université Laval, Centre d'études nordiques, Rapport à Ouranos, Ressources Naturelles Canada et Transports Québec, 2007a, 184 p., <http://www.ouranos.ca/media/publication/13_Rapport_Allard2_nord_2007.pdf>.

André, P. et C.R. Bryant. Évaluation environnementale des stratégies d'investissement des producteurs agricoles de la région de Montréal en regard des changements climatiques, rapport soumis au Fonds d'action sur les changements climatiques, Ressources naturelles Canada, mai 2001.

Araujo, M.B., W. Thuillier et R.G. Pearson. « Climate warming and the decline of Amphibians and Reptiles in Europe », *Journal of Bio-geography*, vol. 33, 2006, pp.1712-1728.

- Asmore, P. et M. Church. « The impact of Climate Change on Rivers and River Processes in Canada », Commission géologique du Canada, Bulletin 555, 2001.
- Auld, H. et D. MacIver. « Cities and communities : the changing climate and increasing vulnerability of infrastructure », dans *Climate change: building the adaptive capacity*, A. Fenech, D. MacIver, H.
- Auld, B. Rong and Y.Y. Yin (éd.), Meteorological Service of Canada, Environment Canada, 2004, Toronto, Ontario, p.289-305.
- Ayres, M.P. et M.J. Lombardero. « Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens », *Science of the Total Environment*, vol. 262, n°3, 2000, pp. 263-286.
- Barbeau B., A. Carrière, M. Prévost, A. Zamyadi, P. Chevalier. *Changements climatiques au Québec méridional - Analyse de la vulnérabilité des installations québécoises de production d'eau potable aux cyanobactéries toxiques – Résumé*, Institut national de santé publique du Québec, 2008, 16 p., <<http://www.inspq.qc.ca/publications/notice.asp?E=p&NumPublication=867>>.
- Beaudet, P., I. Beaudin, A. Michaud et M. Giroux. *Le transport du phosphore*, Fiche technique no. 3, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 2008, 11p., <<http://www.craaq.qc.ca/Publications?p=32&l=fr&IdDoc=1997>>.
- Beaulac, I. et G. Doré. *Impacts du dégel du pergélisol sur les infrastructures de transport aérien et routier au Nunavik et adaptations - état des connaissances*, Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval, Québec (Québec), 2005, 141 p.
- Bégin, Y. *Le changement climatique en cours dans le nord du Québec. Mémoire du Centre d'études nordiques déposé à la commission parlementaire sur les transports et l'environnement*, 2006, <www.cen.ulaval.ca/documents/Memoire2006CommissionParlementaire.pdf>.
- Bélanger, G., P. Rochette, Y. Castonguay, A. Bootsma, D. Mongrain et D.A.J. Ryan. « Climate change and winter survival of perennial forage crops in Eastern Canada », *Agronomy Journal*, vol. 94, 2002,
- Bélanger D., P. Gosselin, P. Valois et B. Abdous. *Vagues de chaleur au Québec méridional : adaptations actuelles et suggestions d'adaptations futures*, Institut national de santé publique du Québec, 2006, <<http://www.inspq.qc.ca/publications/default.asp?E=p&NumPublication=538>>.
- Bélanger D., P. Gosselin, P. Valois, B. Abdous. « Use of residential wood heating in a context of climate change: a population survey in Quebec (Canada) », *BMC Public Health*, vol. 8, n°184, 2008, <<http://www.biomedcentral.com/1471-2458/8/184/abstract>>.
- Bélanger D., P. Gosselin, P. Valois, S. Germain et B. Abdous. « Use of a Remote Car Starter in Relation to Smog and Climate Change Perceptions: A Population Survey in Québec (Canada) », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 6, n°2, 2009, pp. 694-709.
- Bergeron, Y., Cyr, D., Drever, R.C., Flannigan, M., Gauthier, S., Kneeshaw, D., Grondin, P., Lauzon, E., Leduc, A., Le Goff, H., Lesieur, D., and Logan, K. 2006. Past, current and future fire frequency in Quebec commercial forests: implications for sustainable forest management. *Can. J. For. Res.* **36**(11): 2737-2744.
- Bernatchez, P., C. Fraser, S. Friesinger, Y. Jolivet, S. Dugas, S. Drejza, A. Morissette. « Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communauté du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements

- climatiques », rapport sectoriel, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski, 2008, 256 p.
- Bernier, L., P. Lachance, L. Quilliam et D. Gingras. Rapport sur l'état du Saint-Laurent - La contribution des activités urbaines à la détérioration du Saint-Laurent, Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Sainte-Foy (Québec), Rapport technique, 1998.
- Bertaux, D., « Le renard arctique : un exemple concret de la modification de l'écosystème nordique », *Francvert*, vol. 5, n°1, 2008.
- Besancenot, J-P. « Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines », *Environnement, Risques et Santé*, vol.1, n°4, 2004, pp.229-240.
- Blanchard, D. et F. Pouliot, F. « Comment diminuer l'impact des températures chaudes durant l'été », *Porc Québec*, vol. 14, n°1, 2003, pp. 75-76.
- Books, R.T. et M. Hayashi. « Depth-area-volume and hydroperiod relationships in ephemeral (vernal) forest pools in southern New-England », *Wetlands*, vol 22, 2002, pp. 247-255.
- Bootsma, A., D. Anderson et S. Gameda. Indices potentiels du changement climatique sur les indices agroclimatiques dans les régions du sud de l'Ontario et du Québec, Centre de recherches de l'est sur les céréales et les oléagineux, Agriculture et agroalimentaire Canada, bulletin technique n° 03-284, 2004.
- Bootsma, A., S. Gameda et D.W. McKenny. « Impacts of potential climate change on selected agroclimatic indices in Atlantic Canada », *Canadian Journal of Soil Science*, vol.85, 2005a, pp. 329-343.
- Bootsma, A., S. Gameda et D.W. McKenny. « Potential impacts of climate change on corn, soybeans and barley yields in Atlantic Canada », *Revue canadienne de phytotechnie*, vol.85, 2005b, pp.345-357.
- Booty, W., D. Lam, G. Bowen, O. Resler et L. Leon. « Modelling changes in stream water quality due to climate change in a southern Ontario watershed », *Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 30, no 3, 2005, pp. 211-226.
- Bourgault, D. Circulation and mixing in the St. Lawrence Estuary, thèse de doctorat, Department of Atmospheric and Oceanic Sciences et Centre for Climate and Global Change Research, Université McGill, Montréal (Québec), 2001, 127 p.
- Boutin, R. et G. Robitaille. « Increased soil nitrate losses under mature sugar maples affected by experimentally induced deep frost », *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 25, 1995, pp. 588-602.
- Brissette, F., R. Leconte, C. Marche et J. Rousselle. « Historical evolution of flooding damage on a USA/Quebec River Basin », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 39, no 6, 2003, pp. 1385-1396.
- Brodeur P., M. Mingelbier et J. Morin. « Impacts des variations hydrologiques sur les poissons des marais aménagés du Saint-Laurent fluvial », *Naturaliste canadien*, vol. 128, no 2, 2004, pp. 66-77.
- Brown, R.D. et Chaumont, D. Analyse de simulations régionales du climat et d'indices climatiques associés au transport routier dans le sud du Québec, soumis pour le compte-rendu de

- le XIIIe congrès international de la viabilité hivernale qui se tiendra du 8 au 11 février 2010 à Québec (Québec).
- Bruce, J., I. Burton et I. Egener. Mesures d'atténuation des catastrophes et protection civile dans un monde au climat changeant, Protection civile Canada, Environnement Canada et Bureau des assurances du Canada, 1999, 43 p.
- Bryant, C., B. Singh, P. Thomassin et L. Baker. Vulnérabilités et adaptation aux changements climatiques au Québec au niveau de la ferme: leçons tirées de la gestion du risque et de l'adaptation à la variabilité climatique par les agriculteurs, Ouranos, 2007, 49 p., <http://www.ouranos.ca/media/publication/149_Bryant1.pdf>.
- Bunce, J.A. «Carbon dioxide effects on stomatal responses to the environment and water use by crops under field conditions», *Oecologia*, vol. 140, 2004, pp. 1-10.
- Burton, I., Pearson, D. L'adaptation au changement climatique en Ontario, 2009, p. 75.
- Carroll, A.L., S.W. Taylor, J. Régnière et L. Safranyik. « Effects of climate change on range expansion by the Mountain Pine Beetle in British Columbia », Mountain pine beetle symposium: Challenges and solution, tenu les 30 et 31 octobre 2003 à Kelowa (C. B.), 2003.
- Case, T. «Climate Change and Infrastructure Issues» in *Drinking water research*», Vol. 18, n° 2, special issue, Awwa Rsearch Foundation, 2008, pp. 15-17.
- Casselman, J.M. « Effects of temperature, global extremes, and climate change on year-class production of warmwater, coolwater, and coldwater fishes in the Great Lakes Basin », *American Fisheries Society Symposium*, vol. 32, 2002, pp. 39-60.
- Chang, S.E., T.L. McDaniels, E. Mikawoz et K. Peterson. « Infrastructure Failure Interdependencies in Extreme Events: Power Outage Consequences in the 1998 Ice Storm », *Natural Hazards*, vol. 41, 2007, pp. 337-358.
- Chu, C, N.E. Mandrak et C.K. Minns. «Potential impacts of climate change on the distributions of several common and rare freshwater fishes in Canada », *Diversity & Distributions*, vol. 11, no 4, 2005, pp. 299-310.
- Cohen, S. et K. Miller. «North America», dans *Bilan 2001 des changements climatiques: conséquences, adaptation et vulnérabilité, contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken et K.S. White (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, New York, 2001, pp. 735-800.
- CCME. De la source au robinet : guide d'application de l'approche à barrières multiples pour une eau saine, 2005a, <<http://www.ccme.ca/sourcetotap/mba.fr.html>>.
- CCME. Fiches d'information sur les contaminants, 2005b, <<http://www.ccme.ca/sourcetotap/infosheets.fr.html>>.
- Côté, D. et R. Gagnon. Régression des forêts commerciales d'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] BSP.) à la suite de feux successifs, actes du colloque « L'aménagement forestier et le feu » tenu les 9 et 10 avril 2002 à Chicoutimi (Québec), Ministère des Ressources naturelles, Direction de la conservation des forêts, 2002, 162 p.

- Couillard, L. et P. Grondin. « La végétation des milieux humides du Québec ». Les publications du Québec, Québec. 1992. 400 pages.
- D'Arcy, P., J-F. Bibeault et R. Raffa. Changements climatiques et transport maritime sur le Saint-Laurent. Étude exploratoire d'options d'adaptation, rapport rédigé pour le Comité de concertation navigation du Plan d'action Saint-Laurent, 2005, 140 p,
- Daigle, R., D. Forbes, L. Vasseur, S. Nichols, D. Bérubé, K. Thompson, H. Ritchie, A. Hanson, É. Tremblay, G. Parkes, K. Murphy et T. Webster. «Impacts de l'élévation du niveau de la mer et des changements climatiques sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick», dans *S'adapter aux changements climatiques au Canada en 2005 : comprendre les risques et renforcer nos capacités*, conférence tenue du 4 au 7 mai 2005 à Montréal (Québec) et parrainée par le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada et le Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation (C-CIARN), 2005, <http://www.adaptation2005.ca/abstracts/daigle_e.html>.
- DeLucia, E.H., J.G. Hamilton, S.L. Naidu, R.B. Thomas, J.A. Andrews, A. Finzi, M. Lavine, R. Matamala, J.E. Mohan, G.R. Hendrey et W.H. Schlesinger. «Net primary production of a forest ecosystem with experimental CO₂ enrichment», *Science*, vol. 284, 1999, pp. 1177-1179.
- Desgranges, J.-L., J. Ingram, B. Drolet, J. Morin, C. Savage et D. Borcard, « Modeling the bird response to water level changes in the Lake Ontario - St. Lawrence River hydrosystem ». *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 113, 2006, pp. 163-176.
- Desrochers, G.É., G. Pacher, F. Guay, L. Roy, R. Roy, D. Tapsoba et I. Chartier. Impacts des changements climatiques sur les apports en eau des bassins versants du Québec, affiche présentée au 3ème symposium scientifique Ouranos tenu les 19 et 20 novembre à Montréal (Québec), 2008.
- Di Castri, F. et T. Younes (éd.). « Ecosystem function of Biological diversity », *Biology International* No 22, Special Issue, International Union of Biological Sciences, Paris, France, 1990.
- Diffey, B. «Climate change, ozone depletion and the impact on ultraviolet exposure of human skin», *Physics in Medicine and Biology*, vol. 49, n° 1, 2004, pp. R1-11.
- Direction de la santé publique de la Montérégie. Plan d'urgence spécifique : «mesures accablantes », édition 2004, Direction de la santé publique de la Montérégie, version préliminaire, 2004.
- Direction de la santé publique de Québec. Mémoire déposé au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement sur le Projet de prolongement de l'axe du Vallon (ville de Québec), Direction de la santé publique de Québec, 1er juin 2004, 29 p., <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/du_vallon/documents/DM65.pdf>.
- Doyon, B., D. Bélanger et P. Gosselin. Effets du climat sur la mortalité au Québec méridional de 1981 à 1999 et simulations pour des scénarios climatiques futurs, Institut national de santé publique du Québec, 2006, 75 p., <<http://www.inspq.qc.ca/publications/default.asp?E=p&NumPublication=538>>.
- Doyon, B., D. Bélanger et P. Gosselin. « The potential impact of climate change on annual and seasonal mortality for three cities in Quebec, Canada», *International Journal of Health Geographics*, 2008, vol. 7, n°23. <<http://www.ij-healthgeographics.com/content/7/1/23>>.

- Drake, B.G., M.A. GonzalezMeler et S.P. Long. « More efficient plants: A consequence of rising atmospheric CO₂? », *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, vol. 48, 1997, pp. 609-639.
- Dubois, J.M., P. Bernatchez, J.-D. Bouchard, B. Daigneault, D. Cayer et S. Dugas. Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte Nord du St-Laurent pour la période de 1996 à 2003, Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, rapport présenté au Comité interministériel sur l'érosion des berges de la Côte-Nord, 2006, 291 p.
- Enright, W. Changement d'habitudes, changement climatique : Analyse de base, Institut canadien de la santé infantile, 2001, 129 p.
- Environnement Canada. Avertissements météo publics pour le Canada, Environnement Canada, 2004a, <http://www.weatheroffice.ec.gc.ca/warnings/warnings_f.html>.
- Environnement Canada. Fiche d'information sur le Smog, Environnement Canada, 2004b, <http://www.msc.ec.gc.ca/cd/factsheets/smog/index_f.cfm>.
- Environnement Canada, Atlas des vents, Environnement Canada, 2007a, <<http://www.atlaseolien.ca/fr/maps.php>>, [consultation : 17 septembre 2009].
- Febriani Y., P. Levallois, S. Gingras, P. Gosselin, S. E. Majowicz. The prevalence of acute gastrointestinal illness in Quebec farming municipalities and its association with farming activities and climate factors, affiche, 3e Symposium scientifique Ouranos tenu les 19-20 novembre 2008 à l'école de technologie supérieure, Montréal (Québec), 2008.
- Fédération canadienne des municipalités. Final report on Federation of Canadian Municipalities municipal infrastructure risk project: adapting to climate change, report prepared for the Climate Change Action Fund, Ressources Naturelles Canada, 2002, 29 p.
- Field, C.B., L.D. Mortsch, M. Brklacich, D.L. Forbes, P. Kovacs, J.A. Patz, R. S.W. et M.J. Scott. «North America », dans *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2007, pp. 617-652.
- Flannigan, M.D., Krawchuk, M.A., de Groot, W.J., Wotton, B.M and Gowman, L.M. 2009. Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire* 18, 483–507.
- Flannigan, M., K. Logan, B. Amiro, W. Skinner et B. Stocks. « Future area burned in Canada », *Climatic Change*, vol. 72, no 1-2, 2005, pp. 1-16.
- Fortier, R., et M. Allard. Problématique du développement du village de Salluit, Nunavik. Rapport d'étape 2, Conditions du pergélisol et mollisol; compte rendu des campagnes de terrain été 2002 et hiver 2003, Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Québec (Québec), 2003a.
- Fortier, R. et M. Allard. Les impacts d'un réchauffement récent sur le pergélisol au Nunavik, présentation faite en décembre 2003 au 24e colloque annuel du Centre d'Études Nordiques, Université Laval, Québec (Québec), 2003b.
- Frenette, J.-J., M. Arts et J. Morin. « Spectral gradient of downwelling light in a fluvial lake (Lake Saint - Pierre, St. Lawrence River) », *Aquatic Ecology*, vol. 37, 2003, pp. 77-85.

- Frenette, J.-J., M. Arts, J. Morin, D. Gratton et C. Martin. « Hydrodynamic control of the underwater light climate in fluvial Lac Saint-Pierre », *Limnology and Oceanography*, vol. 51, 2006, pp. 2632-2645.
- Frigon, M. L'entretien du réseau routier québécois : une industrie comprenant plusieurs acteurs, *Magazine Circuit Industriel*, juin 2003, <<http://www.magazinemci.com/articles/dossiers/2003/06/quebec7.htm>>.
- Furgal, C.M., D. Martin, P. Gosselin et A. Viau. Nunavik Climate change and health in Nunavik and Labrador: what we know from science and Inuit knowledge, Nunavik Regional Board of Health and Social Services/Nunavik Nutrition and Health Committee, Labrador Inuit Association, Labrador Inuit Health Commission, rapport scientifique final d'un projet subventionné par le Fonds d'action pour le changement climatique, 2002, 139 p.
- Furgal, C. et J. Seguin. « Climate Change Health Impacts, Vulnerabilities and the Capacity to Respond in Canadian Northern Aboriginal Communities », dans *S'adapter aux changements climatiques au Canada en 2005: comprendre les risques et renforcer nos capacités*, conférence tenue du 4 au 7 mai 2005 à Montréal (Québec) et parrainée par le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada et le Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation (C-CIARN), 2005.
- Garneau, M., M.C. Breton, F. Guay, I. Fortier, M.F. Sottile et D. Chaumont. Hausse des concentrations des particules organiques (pollens) causée par le changement climatique et ses conséquences sur les maladies respiratoires des populations vulnérables en milieu urbain, Fonds d'action pour le changement climatique - sous-composante Impacts et Adaptation, Projet A571, 2006, 133 p. <<http://www.ouranos.ca/doc/Rapports%20finaux/Garneau.pdf>>.
- Gerardin, V., J.-P. Dubruc et P. Beauchesne. « Planification du réseau d'aires protégées du Québec : principes et méthodes de l'analyse écologique du territoire », *Ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Vertigo*, vol. 3, no 1, 2002, 10 p.
- Giguère, S., J. Morin, P. Laporte et M. Mingelbier. « Évaluation des impacts des fluctuations hydrologiques sur les espèces en péril, tronçon fluvial du Saint-Laurent (Cornwall à Trois-Rivières) », dans *Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent*, rapport final rédigé pour la Commission mixte internationale, Environnement Canada, Service canadien de la faune et Service météorologique du Canada et Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 2005, 71 p.
- Giguère, M. et P. Gosselin. Les impacts du changement climatique sur les ressources hydriques et ses conséquences sur la santé, examen des initiatives d'adaptation actuelles au Québec, Institut national de santé publique, 2006c, <<http://www.inspq.qc.ca/publications/notice.asp?E=p&NumPublication=516>>.
- Girard, F., S. Payette et R. Gagnon. « Rapid expansion of lichen woodlands within the closed-crown boreal forest zone over the last 50 years caused by stand disturbances in eastern Canada », *Journal of Biogeography*, vol. 35, 2008, pp. 529-537.
- Gitay, H., S. Brown, W. Easterling et B. Jallow. « Ecosystems and their goods and services », dans *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken et K.S. White (éd.), contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, New York, New York, 2001, pp. 735-800.

- Gitz, D.C., J.C. Ritchie, D.T. Krizek, T.L. Springer, J.B. Reeves III et V. Reddy. «Effect of Temperature and CO₂ on Forage Nutritive Value of 'Pete' Eastern Gamagrass», dans Proceedings of the Fifth Eastern Native Grass Symposium tenu du 10 au 13 octobre 2006 à Harrisburg (Pennsylvanie), Sanderson, M.A., P. Adler, S. Goslee, J.C. Ritchie, H. Skinner et K. Soder (éd.), 2006, pp. 107-114.
- Gosselin P., D. Bélanger et B. Doyon. «Les impacts santé des changements climatiques au Québec», chapitre 6 dans Santé et changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada, J. Séguin (éd.), Santé Canada, Ottawa, 2008, 558 p., <http://www.ouranos.ca/fr/pdf/ouranos_chapitre-6.pdf>.
- Gouvernement du Québec. Cadre de prévention des risques naturels, Gouvernement du Québec, 2006b, <<http://www.mddep.gouv.qc.ca/infuseur/communiqu.asp?no=1029>>.
- Government of Australia. *Climate Change Risk and Vulnerability: Promoting an efficient adaptation response in Australia*, Report to the Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Heritage, by the Allen Consulting Group. March 2005, 159 p. (www.greenhouse.gov.au).
- Gray, D.R. «The gypsy moth life stage model: Landscape-wide estimates of gypsy moth establishment using a multi-generational phenology model», *Ecological Modelling*, vol. 176, 2004, pp. 155-171.
- Grondin, G. et A. Guimond. «Impact du dégel du pergélisol sur les infrastructures de transport aérien et routier du ministère des Transports du Québec au Nunavik», *Route-Roads*, vol. 326, 2005, pp. 42-49.
- GIEC. « Résumé à l'intention des décideurs », dans Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques, contribution du Groupe de travail au Troisième rapport d'évaluation du GIEC, J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell et C.A. Johnson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, New York, 2001a, pp.1-20.
- GIEC. Les changements climatiques et la biodiversité, Document technique V du GIEC, H. Gitay, A. Suarez, R.T. Watson et D.J. Dokken (éd.), Genève, Suisse, 2002, 75p.
- GIEC. Le changement climatique et l'eau, Document technique VI du GIEC, B.C. Bates, Z.W. Kundzewicz, S. Wu et J.P. Palutikof, Genève, Suisse, 2008, 228p.
- GIEC. *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du GIEC, S. Solomon, D.Qin, M.Manning, Z.Chen, M.Marquis, K.B. Averyt, M. Tignot et H.L. Miller (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, New York, 2007a, 996 p.
- GIEC. « Résumé à l'intention des décideurs », dans *Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability*, contribution du Groupe de travail II au Quatrième rapport d'évaluation du GIEC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, New York, 2007b, 976 p.
- GIEC: Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages. / PP. 77-78
- Gouvernement du Québec, *Le Québec minier*, 2006, <http://www.gouv.qc.ca/portail/quebec/pgs/commun/portrait/economie/ressourcesnaturelles/qu_ebecminier/?lang=fr>.

- Hamilton, L.C., C. Brown et B.D. Keim. «Ski areas, weather and climate: time series models for New England case studies», *International Journal of Climatology*, vol. 27, 2007, pp. 2113-2124.
- Harvell, C.D., C.E. Mitchell, J.R. Ward, S. Altizer, A.P. Dobson, R.S. Ostfeld et M.D. Samuel. «Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota », *Science*, vol. 296, 2002, pp. 2158-2162.
- Hatfield, J. L. et J.H. Prueger. « Impacts of changing precipitation patterns on water quality », *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 59, no 1, 2004.
- Hauer, F.R., J.S. Baron, D.H. Campbell, K.D. Fausch, S.W. Hostetler, G.H. Leavesley, P.R. Leavitt, D.M. McKnight et J.A. Stanford. « Assessment of climate change and freshwater ecosystems of the Rocky Mountains, USA and Canada », *Hydrological Processes*, vol. 11, no 8, 1997, pp. 903-924.
- Hesslein, R. H., M.A. Turner, S.E.M. Kasian et D. Guss. The potential for climate change to interact with the recovery of Boreal lakes from acidification - a preliminary investigation using ELA's database, rapport préparé pour le Fonds d'action pour le changement climatique, 2001.
- Hill, D., V. White, R. Marks, T. Theobald, R. Borland et C. Roy. «Melanoma prevention: behavioral and nonbehavioral factors in sunburn among an Australian urban population», *Preventive Medicine*, vol. 21, n°5, 1992, pp. 654-69.
- House, J. et V. Brovkin. «Climate and air quality », dans *Ecosystems and Human Well-being: Current states and Trends, Volume 1*, R. Hassan, H. Scholes et N. Ash (éd.), Island Press, 2005, pp. 355-390, <<http://www.millenniumassessment.org/en/Products.Global.Condition.aspx>>.
- Hudon, C. Le lac St-Louis est-il à risque? Les niveaux d'eau et l'eau potable, Environnement Canada, 2004,
- Huggins K., J.-J. Frenette et M.T. Arts. « Nutritional quality of biofilms with respect to light regime in Lake Saint-Pierre (Qu ébec, Canada) », *Freshwater Biology*, vol. 49, 2004, pp. 945-959.
- Hydro-Québec. Plan stratégique 2006-2010, Hydro-Québec, 2006, 54 p., http://www.hydroquebec.com/publications/fr/plan_strategique/.
- Infrastructure Canada. L'évaluation des besoins en infrastructure du Canada: une analyse d'études clés, Infrastructure Canada, 2004, 14 p.
- Infrastructure Canada. L'adaptation des infrastructures du Canada aux changements climatiques dans les villes et les collectivités; une analyse documentaire, Infrastructures Canada, 2006, 25p.
- Ingénieurs Canada. Adaptation aux changements climatiques. Première évaluation nationale de la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques au Canada, Ingénieurs Canada, 2008, 76 p.
- Institut canadien des urbanistes. Promotion de l'adaptation aux changements climatiques auprès des urbanistes, Institut canadien des urbanistes, 2007, <http://www.cip-icu.ca/web/la/en/fi/8F1018CE46964FB0844AB79CA10546F8/get_file.asp>.
- Institut de prévention des sinistres catastrophiques. Tempêtes hivernales, Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 2005, <<http://www.iclr.org/french/hazards/tempete.htm>>.
- Institut national de recherche sur les eaux. « Threats to Water Availability in Canada », atelier de l'Institut national de recherche sur les eaux organisé en 2002 à Victoria (Colombie-Britannique), 2004.

- INSPQ. Portrait de santé du Québec et de ses régions 2006. Les analyses, Institut national de santé publique du Québec, 2006, 131 p., <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/portrait_de_sante.asp?E=p>.
- Institut de la statistique du Québec. Perspectives démographiques du Québec et des régions, 2001-2051 édition 2003, Institut de la statistique du Québec, 2003.
- Institut de la statistique du Québec. Produit intérieur brut aux prix de base, par activité économique, Québec, 2002-2007, Institut de la statistique du Québec, 2009b, <http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/econm_finnc/conjn_econm/compt_econm/cea4_1.htm>.
- Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue. Changements climatiques : impacts sur les forêts québécoises, Revue de littérature, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 2003, 48 p.
- Jackson, D.A. et N.E. Mandrak. «Changing fish biodiversity: predicting the loss of cyprinid biodiversity due to global climate change », dans Fisheries in a Changing Climate, N.A. McGinn (éd.), American Fisheries Society, 2002, 319 p.
- Jasinski, J.P. et S. Payette. «The creation of alternative stable states in the southern boreal forest, Quebec, Canada», Ecological Monographs, vol. 75, n°4, 2005, pp. 561-583.
- Jean, M., G. Létourneau, C. Lavoie et F. Delisle. «Les milieux humides et les plantes exotiques en eau douce », fiche d'information dans Suivi de l'état du Saint-Laurent, Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent et Centre de recherche en aménagement et développement de l'Université Laval, 2002, 8 p.
- Johnston, M. et T. Williamson. « Climate change implications for stand yields and soil expectation values: A northern Saskatchewan case study », The Forestry Chronicle, vol. 81, no 5, 2005, pp. 683-690.
- Jones, B. et D. Scott. «Climate Change, Seasonality and Visitation to Canada's National Parks», Journal of Parks and Recreation Administration, vol. 23, n°4, 2005.
- Kennedy, V.S., R.R. Twilley, J.A. Kleypas, J.H. Cowan, Jr. et S.R. Hare. « Coastal and marine ecosystems and global climate change: potential effects on U.S. resources » , rapport rédigé pour le Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginie, 2002, 52 p.
- King, N., P. Morency et L. Lapierre. «Les impacts du transport sur la santé publique», dans Rapport synthèse : faits saillants des principaux travaux de la Direction, Direction de santé publique de Montréal, vol. 8, no.3, 2005, <<http://www.santepub-mtl.qc.ca/Publication/synthese/rapv8n3.pdf>>.
- Kirschbaum, M.U.F. « Forest growth and species distribution in a changing climate », Tree Physiology, vol. 20, 2000, pp. 309-322.
- Kirshen, P., M. Ruth et W. Anderson. «Interdependencies of Urban Climate Change Impacts and Adaptation Strategies: A Case Study of Metropolitan Boston USA », Climatic Change, vol. 86, 2007, pp. 105-122.
- Kling, G. W., K. Hayhoe, L.B. Johnson, J.J. Magnuson, S. Polasky, S.K. Robinson, B.J. Shuter, M.M. Wander, D.J. Wuebbles et D.R. Zak. « Confronting climate change in the Great Lakes Region, impacts on our communities and ecosystems», The Union of Concerned Scientists et The Ecological Society of America, 2003, 104 p.

- Kurz, W.A., G. Stinson, G.J. Rampley, C.C. Dymond, E.T. Neilson. «Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada's forests to the global carbon cycle highly uncertain», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, 2008, pp. 1551-1555.
- Lafortune, V., C. Furgal, E. Angiyou, T. Annanack, N. Einish, B. Etiddloie, P. Tookalook et J.-P. Savard. «Adapting to Climate Change in Nunavik and Northern Québec: Using Traditional and Scientific Knowledge to Enhance Local Capacity and Cope With Changing Ice Conditions», dans *S'adapter aux changements climatiques au Canada en 2005: comprendre les risques et renforcer nos capacités*, conférence tenue du 4 au 7 mai 2005 à Montréal (Québec) et parrainée par le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques de Ressources naturelles Canada et le Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation (C-CIARN), 2005.
- Larsen, P.H., S. Goldsmith, O. Smith, M.L. Wilson, K. Strzepek, P. Chinowsky et B. Saylor. «Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change », *Global Environmental Change*, vol. 18, n°3, 2008, pp. 442-457.
- Lauzon, V. et A. Bourque. « L'impact des changements climatiques sur le cycle de l'eau et ses usagers dans le bassin versant de la Châteauguay », affiche au Symposium Ouranos, 2004.
- Lawrence, D.M. et A.G. Slater. «A projection of severe near surface permafrost degradation during the 21st Century», *Geophysical Research Letters*, vol. 32, n°17, 2005.
- Lebuis, J., J.-M. Robert et P. Rissmann. *Regional Mapping of landslide hazard in Quebec, Symposium on slopes on soft clays*, Institut géotechnique de Suède, Linköping, Suède, Rapport n° 17, 1983.
- Lehoux, D., D. Dauphin, P. Laporte, J. Morin et O. Champoux. « Recommendation of water plans and final management criteria less detrimental to breeding and migrating waterfowl along the St. Lawrence River within the Lake St. Louis and the Lake St. Pierre area », rapport final remis à Environnement Canada, 2005, 22 p.
- Le Goff, H., Flannigan, M.D., and Y. Bergeron. Potential change in monthly fire risk in the eastern Canadian boreal forest under future climate change. *Canadian Journal of Forest Research* 39: 2369-2380.
- Lemmen, D.S. et F.J. Warren. « Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne », Gouvernement du Canada, 2004, 190 p.
- Ligeti, E., J. Penney et I. Wieditz. *Cities preparing for climate change: a study of six urban regions*, Clean Air Partnership, 2007, 90 p.
- Logan, J.A., J. Régnière et J.A. Powell. «Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics», *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 1, n°3, 2003, pp. 130-137.
- Luo, Y., B. Su, W.S. Currie, J.S. Dukes, A. Finzi, U. Hartwig, B. Hungate, R.E. McMurtrie, R. Oren, W.J. Parton, D.E. Pataki, M.R. Shaw, D.R. Zak et C.B. Field. «Progressive nitrogen limitation of ecosystem responses to rising atmospheric carbon dioxide», *Bioscience*, vol. 54, 2004, pp. 731-739.
- Luxmoore, R.J., S.D. Wullschleger et P.J. Hanson. «Forest responses to CO₂ enrichment and climate warming », *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 70, 1993, pp. 309-323.
- Mailhot, A. et S. Duchesne. « Impacts et enjeux liés aux changements climatiques en matière de gestion des eaux en milieu urbain », dans *L'eau dans les Amériques; enjeu de confrontation, de coopération*

- ou de solidarité ?*, colloque tenu les 14 et 15 octobre 2004 à l'Université Laval, Québec (Québec), Vertigo, numéro spécial, 2005.
- Mailhot, A., G. Rivard, S. Duchesne et J-P. Villeneuve. Impacts et adaptation aux changements climatiques en matière de drainage urbain au Québec, Institut national de recherche scientifique-Eau, terre et Environnement, 2007a, 144p., <http://www.ouranos.ca/media/publication/17_Rapport_Mailhot_infras_2007.pdf>.
- Mailhot, A., S. Duchesne, G. Talbot, A.N. Rousseau et D. Chaumont. « Approvisionnement en eau potable et santé publique : projections climatiques en matière de précipitations et d'écoulements pour le sud-Québec », rapport de recherche No R-977 présenté à l'institut de Santé Publique du Québec, Institut National de Recherche Scientifique - Eau, Terre et Environnement, Québec, 2008, 164 p.
- MAPAQ. Profil régional de l'industrie bioalimentaire du Québec – estimations pour 2007, 2008a, 164 p., <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/4213E035-D644-42B5-A184EF3D877AB7AA/0/Profilregionalbioalimentaire_Complet.pdf>.
- MAPAQ. Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec, édition 2009 <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Productions/md/Publications/profilindustriebioalimentaire2009.htm>
- Martin, C., J.-J. Frenette et J. Morin. «Changes in the spectral and chemical properties of a water mass passing through extensive macrophyte beds in a large fluvial lake (Lake Saint-Pierre, Québec, Canada) », Aquatic Sciences, vol. 67, 2005a, pp. 196-209.
- Martin, D., B. Lévesque, J.S. Maguire, A. Maheux, C. Furgal, J.L. Bernier et E. Dewailly. Drinking water quality in Nunavik: Health impacts in a climate change context, rapport final du projet subventionné par ArcticNet et ACADRE (Nasivvik), 2005b, 87 p.
- McBean, G. et D. Henstra. Climate change, Natural Hazards and Cities, Institute for Catastrophic Loss Reduction Research, 2003, 16 p.
- McCarty, J.P. «Ecological consequences of recent climate change », Conservation Biology, vol. 15, v 2, 2001, pp. 320-331.
- MacKenzie, W.R., N.J. Hoxie, M.E. Proctor, S. Gradus, K.A. Blair, D.E. Peterson, J.J. Kazmierczak, D.G. Addiss, K.R. Fox, J.B. Rose et J.P. Davis. «A massive outbreak in Milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply», The New England Journal of Medicine, vol. 331, 1994, pp.161–167.
- McMichael, A.J., D.H. Cambell-Lendrum, C.F. Corvalan, K.L. Ebi, A. Githeko, J.D. Scheraga et A. Woodward. Climate change and human health: Risk and responses, Organisation mondiale de la santé, Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations Unies pour l'environnement, Genève, Suisse, 2003, 322 p.
- MDDEP. Milieux humides, 2002, <<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rives/milieuhumides.htm>>.
- MDDEP. Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé, 2004a, <<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/sept-bassins/index.htm>>.

- MDDEP. Publication de Règlement modifiant le Règlement sur la qualité de l'eau potable, 2005a, <<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/rqep.htm>>.
- MDDEP. Publication de Règlement modifiant le Règlement sur la qualité de l'eau potable, 2005b, <<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/rqep.htm>>.
- MDEIE, Transport Ferroviaire, 2008, <http://www.mdeie.gouv.qc.ca/index.php?id=2393>.
- MDEIE, Transport Maritime, 2009, <http://www.mdeie.gouv.qc.ca/index.php?id=2406>.
- Metcalfe, Gerry et Jenkinson, Kay. 2005. A Changing Climate for Business. Oxford, Angleterre : UK Climate Impacts Programme. www.ukcip.org.uk/resources/publications/pub_dets.asp?ID=67
- MFQ. Impacts des changements démographiques sur l'économie, le marché du travail et les finances du Québec, document de recherche, 2005, 33 p., <http://www.finances.gouv.qc.ca/documents/Autres/fr/Impacts_demographiques2005.pdf>.
- Millerd, F. «The economic impact of climate change on Canadian commercial navigation on the Great Lakes», *Journal canadien des ressources hydriques*, vol. 30, n°4, 2005, pp. 269-280.
- Mirza, S. Danger ahead : the coming collapse of Canada's municipal infrastructure, *Fédération Canadienne des Municipalités*, 2007, 7 p.
- Morin, M., 2009, Concepts de base en sécurité civile, Ministère de la Sécurité publique, 48 p. / P. 43
- Morneau, F., M. Michaud, F. Lecours, L. Côté et D. Roy. Étude d'impact sur l'environnement : projets de protection des berges le long de la route 132 autour de la péninsule gaspésienne, Ministère des Transports du Québec, 2001, 84 p.
- MRNF, « Une gestion forestière rigoureuse et adaptée – Principaux faits saillants, 2007, <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/comprendre/comprendre-gestion.jsp>.
- MRNF. Évolution de la demande d'énergie, scénario de référence, horizon 2016, 2005, <<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/energie/energie/horizon-2016.pdf>>.
- MRNF. Gros plan sur l'énergie : stratégie énergétique, 2006a, <<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/energie/strategie/index.jsp>>.
- MSP. « Rapport de la commission Nicolet sur le déluge du Saguenay », 1996.
- MSP. Rapport de la commission Nicolet sur la tempête de verglas de janvier 1998, 1999.
- MSSS. Chaleur accablante et rayons UV. Liste des initiatives, guides et plans, 2006a, <http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.phpchaleur_accablante_rayons_uv>.
- MSSS. Smog, 2006b, <<http://www.msss.gouv.qc.ca/SUJETS/SANTEPUB/environnement/index.php?qualite-de-lair-outils>>.
- MSSS, Programme national de santé publique 2003-2012; mise à jour 2008, 2008, 103p., <<http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2008/08-216-01.pdf>>.
- MTQ. Gestion des risques de glissements de terrain liés aux pluies des 19 et 20 juillet 1996 au Saguenay-Lac-St-Jean, bilan de la collaboration du Service de la géotechnique et de la géologie, Direction du Laboratoire des chaussées, 2000, 141 p.

- MTQ. Mandat d’initiative sur l’impact du réchauffement climatique dans le Nord du Québec, mémoire à la Commission parlementaire sur les transports et l’environnement, 2006a.
- MTQ. Les chaussées au Québec : un contexte particulier, fiche, 2006b, <http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/grand_public/vehicules_promenade/reseau_routier/chaussees/contexte_particulier_des_chaussees_au_quebec>.
- MTQ, Transport Maritime, 2007, http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/entreprises/transport_maritime/portrait.
- Nantel, E., A. Mailhot, A.N. Rousseau et J.-P. Villeneuve. « A methodology to assess historical and current municipal water supply vulnerabilities: an application to Quebec municipalities », dans Computing and Control for the Water Industry, 8e conférence. Internationale tenue du 5 au 7 septembre 2005 à l'Université d'Exeter, Exeter, Royaume-Uni, vol. 2, 2005, 185 p.
- Natural Resources Canada, Vivre avec les changements climatiques au Canada, p. 442 adapté de: Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat. « Appendix I : glossary », dans Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2007 pp. 869-883, <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-app.pdf>>.
- Nearing, M.A., F.F. Pruski et M.R. O Neal. «Expected climate change impacts on soil erosion rates: a review», Journal of Soil and Water Conservation, vol. 59, n°1, 2004, pp.43-50.
- Nickels, S., C. Furgal, M. Buell et H. Moquin. Unikkaaqatigiit – Putting the Human Face on Climate Change: Perspectives from Inuit in Canada, publication conjointe de l’Inuit Tapiriit Kanatami, Nasivvik Centre for Inuit Health and Changing Environments à l’Université Laval et le Ajunnginiq Centre à la National Aboriginal Health Organization, 2005.
- Norby, R.J., E.H. DeLucia, B. Gielen, C. Calfapietra, C.P. Giardina, J.S. King, J. Ledford, H.R. McCarthy, D.J.P. Moore, R. Ceulemans, P. De Angelis, A.C. Finzi, D.F. Karnosky, M.E. Kubiske, M. Lukac, K.S. Pregitzer, G.E. Scarascia-Mugnozza, W.H. Schlesinger et R. Oren. «Forest response to elevated CO2 is conserved across a broad range of productivity», Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 102, 2005, pp. 18052-18056.
- Organisation mondiale de la santé. Climat et santé, Organisation mondiale de la santé, 2005, <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/fr/>>.
- Ouranos. S'adapter aux changements climatiques, Montréal (Québec), 2004, 91 p., <http://www.ouranos.ca/fr/pdf/ouranos_sadapterauxcc_fr.pdf>.
- Peterson, A.T. et R. Scachetti-Pereira. «Potential Geographic Distribution of Anoplophora glabripennis (Coleoptera: Cerambycidae) in North America», The American Midland Naturalist, vol. 151, n°1, 2004, pp. 170-178.
- Price, D.T., D.H. Halliwell, M.J. Apps et C.H. Peng. « Adapting a patch model to simulate the sensitivity of Central-Canadian boreal ecosystems to climate variability », Journal of Biogeography, vol. 26, 1999, pp. 1101-1113.
- Price, D.T. et D. Scott. Large scale modeling of Canada's forest ecosystem responses to climate change, rapport final remis en juin 2006 au Gouvernement du Canada dans le cadre du Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, 2006.

- Robichaud, A. et R. Drolet. Rapport sur l'état du Saint-Laurent - Les fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent, Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Rapport technique, 1998.
- Rochette, P., G. Bélanger, Y. Castonguay, A. Bootsma et D. Mongrain. « Climate change and winter damage to fruit trees in eastern Canada », *Revue canadienne de phytotechnie*, vol. 84, 2004, pp. 1113-1125.
- Rodenhouse, N.L., L.M. Christeson, D. Parry et L.E. Green. « Climate Change effects on native fauna of northeastern forests », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 39, 2009, pp.249-263.
- Root, T.L. et S.H. Schneider. « Climate change: Overview and Implications for Wildlife », dans *Wildlife Responses to Climate Change: North American Case Studies*, S.H. Schneider et T.L. Root (éd.), Island Press, Washington, D.C., 2002, 437 p.
- Rose, J.B., S. Daeschner, D.R. Easterling, F.C. Curriero, S. Lele et A.J. Patz. «Climate and waterborne disease outbreaks», *Journal of American Water Works Association*, vol. 92, n°9, 2000, pp.77-87.
- Rousseau, A., A. Mailhot et J.-P. Villeneuve. Connaissons-nous bien la capacité des bassins versants et aquifères régionaux à fournir de l'eau potable à la population du Québec sous de nouvelles conditions climatiques ?, 26e Symposium sur les eaux usées et 15e Atelier sur l'eau potable tenus les 17 et 18 septembre 2003 à Laval (Québec), 2003.
- Rousseau, A.N., A. Mailhot, M. Slivitzky, J.-P. Villeneuve, M.J. Rodriguez et A. Bourque. «Usages et approvisionnement en eau dans le Sud du Québec. Niveau des connaissances et axes de recherche à privilégier dans une perspective de changements climatiques », *Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 29, no 2, 2004, pp. 125-138.
- Roy, R., I. Chartier, G. Desrochers, F. Guay, M. Minville, G. Pacher, L. Roy et D. Tapsoba. Impacts des changements climatiques sur le régime hydrologique au nord du Québec et mesures d'adaptation envisageables, présentation aux 21ème Entretiens Jacques-Cartier, Québec (Québec), 2008b.
- Santé Canada. Qualité de l'air et ses effets sur la santé, Santé Canada, 2004, <http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/qualite_air/effets_sante.htm>.
- Savard, J-P., P. Bernatchez, F. Morneau, F. Suacier, P. Gauchon, S. Senneville, C. Fraser, Y. Jolivet. « Étude de la sensibilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques, synthèse des résultats, 2008, 48p.
- Santé Canada. Exercice de chaleur accablante, rapport DDH Environnement Ltée, n°05-044, Montréal (Québec), 2005, 48 p.
- Savard, J-P., P. Bernatchez, F. Morneau, F. Saucier, P. Gachon, S. Senneville, C. Fraser, Y. Jolivet. Étude de la sensibilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques, synthèses des résultats, 2008, 48 p.,
- Scott, D., B. Jones, C. Lemieux, G. McBoyle, B. Mills, S. Svenson, G. Wall. The vulnerability of winter recreation to climate change in Ontario's lakelands tourism region, Department of Geography Publication Series, occasional paper 18, University of Waterloo, Waterloo (Canada), 2002a, <http://www.fes.uwaterloo.ca/geography/faculty/danielscott/PDFFiles/Winterrecreation_Scott-good%20quality.pdf>.

- Scott, D. et B. Jones. Climate change seasonality in Canadian outdoor recreation and tourism, Department of Geography, University of Waterloo, Waterloo (Canada) 2006, <http://www.fes.uwaterloo.ca/geography/faculty/danielscott/PDFfiles/SEASONS_Final%20copy.pdf>.
- Scott, D., J.R. Malcom et C. Lemieux. « Climate change and modelled biome representation in Canada's national park mandates », *Global Ecology & Biogeography*, vol. 11, 2002, pp. 475-484.
- Scott, D. et G. McBoyle. «Climate change adaptation in the ski industry», *Mitigation and Adaptation Strategies to global Environmental Change*, vol. 12, n°8, 2007 pp.1411-1431.
- Secrétariat aux affaires autochtones. La population autochtone au Québec, Secrétariat aux affaires autochtones, 2007, <<http://www.autochtones.gouv.qc.ca/nations/population.htm>>.
- Sécurité publique Canada. Glissements de terrain et avalanches importants des XIXe et XXe siècles, Sécurité publique Canada, 2006, <<http://www.psepc-sppcc.gc.ca/res/em/nh/lisa/lisa-sig-fr.asp>>.
- Seguin, M.K. et M. Allard. «Le pergélisol et les processus thermokarstiques de la région de la rivière Nastapoca, Nouveau-Québec», *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 38, 1984, pp. 11-25.
- Shuter, B.J., C.K. Minns, H.A. Regier et J.D. Reist. « L'Étude pancanadienne sur l'adaptation à la variabilité et au changement climatique - Secteur des pêches », dans *Impacts et adaptation à la variabilité et au changement du climat : questions sectorielles*, G. Koshida et W. Avis (éd.), Environnement Canada, Étude pancanadienne sur l'adaptation à la variabilité et au changement climatique, vol. VII, 1998, pp. 277-344.
- Singh, B., C. Bryant, P. André et J-P. Thouez, J-P. Impact et adaptation aux changements climatiques pour les activités de ski et de golf et l'industrie touristique: le cas du Québec, rapport final, projet Ouranos, 2006, <<http://www.ouranos.ca/fr/publications/resultats.php?q=singh&t=>>.
- Siron, R., K. Sherman, H.-R. Skjoldal et E. Hiltz. « Ecosystem-based management in the Arctic Ocean : A multi-level spatial approach », *Arctic*, vol. 61, suppl. 1, 2008, p. 86-102.
- Spittlehouse, D.L. et R.B. Stewart. «Adaptation to climate change in forest management», *BC Journal of Ecosystems and Management*, vol. 4, 2004, pp. 7-17.
- Statistique Canada. L'âge de l'infrastructure publique au Canada, analyse en bref, V. Gaudreau et P. Lemire, Division de l'investissement et du stock de capital, Statistique Canada, 2006, 13 p.
- Statistique Canada. Recensement de l'agriculture, section 1 – un portrait statistique de l'agriculture, Canada et provinces : années de recensement 1921 à 2006, Statistique Canada, 2007, <<http://www.statcan.gc.ca/pub/95-632-x/2007000/t/4185570-fra.htm#24>>.
- Swansberg, E. et N. El-Jabi. Impact of climate change on river water temperatures and fish growth, rapport rédigé pour le Programme sur les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 2001.
- Tardif, I., C. Bellerose et E. Masson. Environnements et santé: Le point de vue des Montérégiens., Bulletin d'information en santé environnementale (BISE), Institut national de santé publique du Québec, 2006, <<http://www.inspq.qc.ca/pdf/bulletins/bise/BISE-17-6.pdf>>.
- Thomas, M.K, D.F. Charron, D. Waltner-Toews, C. Schuster, A.R. Maarouf et J.D. Holt. «A role of high impact weather events in waterborne disease outbreaks in Canada, 1975-2001», *International Journal of Environmental Health Research*, vol. 16, n°3, 2006, pp. 167-180.

- Transports Canada, Transport aérien – Québec, 2009, <http://www.tc.gc.ca/fra/quebec/aerien-menu-1364.htm>.
- Tremblay, M., C. Furgal, V. Lafortune, C. Larrivée, JP. Savard, M. Barrett, T. Annanack, N. Enish, P. Tookalook, et B. Etidloie. «Climate change, communities and ice: Bringing together traditional and scientific knowledge for adaptation in the North», dans *Climate Change: Linking Traditional and Scientific Knowledge*, R. Riewe et J. Oakes (ed.), Aboriginal Issues Press, University of Manitoba, Winnipeg (Manitoba), 2006, pp. 185-201.
- Turgeon, K., O. Champoux, S. Martin et J. Morin. Modélisation des grandes classes de milieux humides de la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent : considération de la succession des communautés végétales, rapport scientifique, Service météorologique du Canada, Québec - Section Hydrologie RS-107, Environnement Canada, 2005, 89 p.
- Vescovi, L. « The state of Canada's water », chapitre 1 dans *Water Resources of North America*, A.K. Biswas (éd.), Centre for Water Management, Mexico, Mexique, Springer-Verlag, 2003.
- Villeneuve, J.P., D. Fougères, M. Gaudreau, P.-J. Hamel, C. Poitras, G. Sénécal, M. Trépanier, N. Vachon, R. Veillette, S. Duchesne, A. Mailhot, E. Musso et G. Pelletier. Synthèse des rapports INRS-Urbanisation et INRS-Eau sur les besoins des municipalités québécoises en réfection et construction d'infrastructures d'eaux, INRS-Urbanisation et INRS-Eau, rapport de recherche n : R517-b, 1998, 50 p, <<http://www.inrs-ete.uquebec.ca/pub/r517b.pdf>>.
- Villeneuve, C. « La grande inconnue », *Revue des sciences de l'eau*, vol. 21, n°2, 2008, p. 129-133.
- Wall, E., B. Smit et J. Wandel. *Canadian Agri-food Sector Adaptation to Risks and Opportunities from Climate Change – position paper*, Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation 9C-CIARN) – Agriculture, 2004, 68 p.
- Walther, G.-R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J. Beebee, J.-M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg et F. Bairlein. « Ecological response to recent climate change », *Nature*, vol. 416, 2002, pp. 389-395.
- Williamson, T., S. Colombo, P. Duinker, P. Gray, R. Hennessey, D. Houle, M. Johnston, A. Ogden et D. Spittlehouse. *Les changements climatiques et les forêts du Canada: Des impacts à l'adaptation*, Réseau de gestion durable des forêts et Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta), 2009, 112 p.
- Wotton, B.M. et M.D. Flannigan. « Length of the fire season in a changing climate », *The Forestry Chronicle*, vol. 69, 1993, pp. 187-192.
- Zhang, X, L. A. Vincent, W.D. Hogg et A. Niitsoo. «Temperature and Precipitation Trends in Canada During the 20th Century», *Atmosphere-Ocean*, vol.38, n°3, 2000, pp. 395-429.