

*Répertoire des guides
de planification immobilière*

Changements climatiques

Vulnérabilité et adaptation des immeubles

DOCUMENT DE TRAVAIL



Mars 2011

Corporation
d'hébergement
Québec



Changements climatiques

Vulnérabilité et adaptation des immeubles

Coordination

Marie Aubé, Corporation d'hébergement du Québec

Rédaction générale

Marie Aubé, Corporation d'hébergement du Québec
Céline Drolet, Corporation d'hébergement du Québec
André Matte, Corporation d'hébergement du Québec
Marie-France Sottile, Ouranos

Cartes et figures

Équipe Sciences du climat, Ouranos
Dominic Gervais, ASSS de la Capitale-Nationale

Remerciements

Pierre Gosselin, Institut national de santé publique du Québec
Yolaine Labbé, Institut national de santé publique du Québec
Mélicca Giguère, Institut national de santé publique du Québec
Caroline Larrivée, Ouranos
Jean-Pierre Savard, Ouranos

Révision

Cathy-Ann Barr, CUSM
Louis Desmarais, ASSS du Bas-Saint-Laurent
Chantal Douville, ASSS de la Capitale-Nationale
Stéphane Dupont, ASSS des Laurentides

Ce guide est une publication de :

Corporation d'hébergement du Québec

2535, boulevard Laurier, 5^e étage

Québec (Québec) G1V 4M3

www.chq.gouv.qc.ca



Ce projet est financé par le Fonds vert dans le cadre de l'Action 21
du *Plan d'action sur les changements climatiques* (PACC).

Table des matières

GLOSSAIRE	1
ABRÉVIATIONS	3
SOMMAIRE	4
SECTION 1 - Généralités	6
1.1 Contexte	6
1.2 Objectifs	6
1.3 Application	7
SECTION 2 – Réseau de la santé	8
2.1 Missions et clientèles	8
2.2 Parc immobilier du RSSS	10
SECTION 3 – Changements climatiques	14
3.1 Introduction	14
3.2 Changements des températures et des précipitations	14
3.3 Changements sur d'autres variables météorologiques	23
3.4 Autres effets des changements climatiques	33
3.5 Résumé des changements climatiques et de leurs impacts potentiels	36
SECTION 4 – Vulnérabilité des immeubles	38
4.1 Définition de la vulnérabilité	38
4.2 Profil de la vulnérabilité des immeubles	38
SECTION 5 – Mesures d'adaptation	47
5.1 Principes directeurs	47
5.2 Mesures d'adaptation	47
SECTION 6 – Conclusion	55
ANNEXES	56
Annexe 1 – Méthodologie pour bâtir les scénarios climatiques	56
Annexe 2 – Résultats complémentaires	60
RÉFÉRENCES	97
Références bibliographiques	97
Références documentaires	100

Glossaire

Adaptation	Accommodation des systèmes naturels ou des systèmes humains aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, afin d'en atténuer les avantages. On distingue plusieurs types d'adaptation, notamment l'adaptation anticipatoire, autonome et planifiée.
Aléa climatique	Phénomène météorologique susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines, des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques, ou une dégradation de l'environnement. (Adapté du ministère de la Sécurité publique, 2008)
Atténuation	Dans le contexte des changements climatiques, l'atténuation désigne une intervention humaine qui vise à réduire le forçage anthropique du système climatique. Elle comprend des stratégies qui ont pour objectif la diminution des sources et des émissions de gaz à effet de serre.
Bâtiment	Construction close qui constitue un abri contre les agressions des éléments naturels extérieurs et un espace vital suffisant. La division d'un bâtiment attaché en corps ou en sections de bâtiment peut être marquée par l'interruption, le changement de niveau, la rupture d'alignement du faite du toit ou de l'axe longitudinal, le nombre d'étages, l'utilisation qui en est faite, l'année de construction, le propriétaire, etc.
Changement climatique	Changement durable dans la moyenne ou dans la variabilité du climat résultant d'une modification des processus intrinsèques de la terre ou des influences extérieures telles que les activités humaines.
Cycle de gel-dégel	Suite intermittente du phénomène du gel causé lorsque la température s'abaisse à 0 °C ou en-dessous, suivi du dégel, causé par la fonte des glaces à la suite de l'élévation de la température. Lors du gel, on assiste à une augmentation du volume de l'eau (+ 9 %) et parfois du matériel gelé. Le sol gelé a tendance à se soulever parallèlement à la progression du front du gel et, inversement, il s'affaisse lors du dégel. (Société suisse de géomorphologie)
Établissement	Entité juridique dotée de capacités et de responsabilités légales et qui détient un permis du ministre de la Santé et des Services sociaux pour gérer des services correspondant aux cinq grandes missions définies dans la loi.
Étiage	Niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau.
Événement extrême	Événement rare selon les statistiques relatives à sa fréquence en un lieu donné. Si la définition du mot rare varie considérablement, un phénomène météorologique rare devrait normalement être aussi rare (sinon plus) que les 10 ^e et 90 ^e percentile. Par définition, la notion d'événement extrême varie selon les endroits. (Ouranos)
Évapotranspiration	Quantité d'eau évaporée par le sol, les nappes liquides, et transpirée par les plantes et les organismes vivants.
Gélifraction	Fracture des matériaux rocheux causée par l'infiltration d'eau qui, sous l'effet du gel-dégel, exerce des pressions et des décompressions.
Îlot de chaleur	Élévation localisée des températures enregistrées en milieu urbain par rapport aux zones rurales ou forestières voisines, ou par rapport aux températures moyennes régionales.
Immeuble	Fond de terre, constructions et ouvrages à caractère permanent qui s'y trouvent, ainsi que tout ce qui en fait partie intégrante.
Installation	Lieu physique où sont dispensés des soins de santé et des services sociaux à la population du Québec, dans le cadre d'une ou de plusieurs mission(s).

Mollisol	Partie du sol qui gèle en hiver et qui fond en été; par opposition, la portion du sol gelé à l'année est appelée pergélisol.
Moyenne mobile	Moyenne calculée de façon continue sur un sous-ensemble d'éléments qui « glisse » sur l'ensemble des données (habituellement une série temporelle); un nouvel élément remplace chaque fois le plus ancien dans la fenêtre. Par exemple, dans le présent rapport, les moyennes mobiles de 30 ans qui couvrent la période 1961-2100 sont calculées avec une fenêtre qui avance d'un an à chaque point de la courbe : 1961-1990, puis 1962-1991, 1963-1992, etc. Ces moyennes lissent la série de données qui, autrement, serait bruyante (grande variabilité des résultats d'une année à l'autre).
Pergélisol	Sol (ou roche, ce qui inclut la glace et les substances organiques) dont la température demeure égale ou inférieure à 0° pendant au moins deux années consécutives.
Risque	Combinaison de la probabilité d'occurrence d'un aléa climatique et des conséquences qui peuvent en résulter sur les éléments vulnérables d'un milieu donné. (Adapté du ministère de la Sécurité publique, 2008)
Sensibilité	Proportion dans laquelle un élément exposé, une collectivité ou une organisation est susceptible d'être affecté au-delà par la manifestation d'un aléa climatique. (Adapté du ministère de la Sécurité publique, 2008)
Smog	Terme qui provient de la contraction des mots anglais <i>smoke</i> et <i>fog</i> . Pollution étendue de l'atmosphère par des aérosols et par les gaz photoréactifs, due en partie à des phénomènes naturels et aux activités humaines.
Soulèvement gélival	Augmentation du volume de l'eau dans le sol consécutivement à une période de gel.
Suffosion	Formation d'une dépression du sol résultant de l'entraînement hydraulique de matériaux fins sous la surface.
Thermokarst	Dépression ou affaissement de terrain causé par les vides laissés dans le sol conséquemment à la fonte de la glace du pergélisol.
Ventilation mécanique	Procédé qui consiste à alimenter ou à retirer de l'air d'un espace afin de contrôler le niveau de contaminant et d'humidité, de même que la température dans l'espace.
Ventilation naturelle	Ventilation effectuée par la diffusion thermique de l'air ou par le vent à travers les portes, les fenêtres et les autres ouvertures de l'enveloppe du bâtiment.
Vulnérabilité	Condition qui résulte de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux et qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa climatique à subir des préjudices ou des dommages. (Adapté du ministère de la Sécurité publique, 2008)

Abréviations

ASSS	Agence de santé et des services sociaux
CVCA	Chauffage, ventilation et conditionnement d'air
CH	Centre hospitalier
CHSGS	Centre hospitalier de soins généraux et spécialisés
CHSLD	Centre d'hébergement et de soins de longue durée
CCQ	Code de construction du Québec
CHQ	Corporation d'hébergement du Québec
CNRC	Conseil national de recherche du Canada
CLSC	Centre local de services communautaires
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
MCG	Modèle de circulation générale
MRCC	Modèle régional canadien du climat
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
PACC	Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques
PFT	Programme fonctionnel et technique
RSSS	Réseau de la santé et des services sociaux
SIGARSSS	Système d'information de gestion des actifs du réseau de la santé et des services sociaux

Sommaire

Au cours des dernières années, la question des changements climatiques est devenue un enjeu des plus importants, qui retient l'attention des gouvernements, de l'ONU et de plusieurs organismes scientifiques à l'échelle du globe. À la lumière de nombreuses recherches à ce chapitre, il est maintenant reconnu que les changements climatiques se traduiront par une augmentation de la probabilité et de l'intensité de phénomènes météorologiques susceptibles d'occasionner des pertes en vies humaines, des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques, ou une dégradation de l'environnement.

C'est dans ce contexte, et dans le cadre de l'Action 21 du *Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques* du gouvernement du Québec visant à instaurer des mécanismes qui permettront de prévenir les impacts des changements climatiques sur la santé et la sécurité publiques, que s'inscrit le présent guide. Celui-ci constitue un premier exercice de réflexion dans le domaine de l'adaptation des immeubles du réseau de la santé et des services sociaux (RSSS) aux changements climatiques.

Ce guide s'adresse principalement aux gestionnaires d'immeubles ainsi qu'aux principaux intervenants responsables de la planification, de la construction, de l'entretien et de l'opération des bâtiments du RSSS.

Il est structuré comme suit :

- La section 1 résume le contexte dans lequel s'inscrit le mandat de la Corporation, soit l'Action 21 du *Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques* du Québec. Les principaux objectifs du guide y sont également présentés, à savoir :
 - o Présenter le phénomène des changements climatiques;
 - o Informer et sensibiliser les intervenants du RSSS ainsi que les différents partenaires aux enjeux qui découlent des changements climatiques;
 - o Identifier le niveau de vulnérabilité des bâtiments aux aléas climatiques dans le but d'identifier les risques associés aux infrastructures du RSSS et à leurs usagers;
 - o Proposer une approche qui permet d'identifier les stratégies et les mesures d'adaptation pouvant être considérées dans la planification ou l'opération des immeubles du RSSS.
- Afin de mieux cerner le nombre d'immeubles qui seront possiblement affectés par les changements climatiques ainsi que la clientèle touchée, la section 2 dresse un bref portrait du RSSS, des différentes missions et clientèles, ainsi que du parc immobilier qui abrite les différentes installations de santé. Les immeubles répertoriés totalisent en superficie plus de 8 millions de mètres carrés, répartis dans les 18 régions sociosanitaires québécoises. À eux seuls, les CH et les CHSLD représentent plus de 7 millions de mètres carrés.
- La section 3 identifie les variables météorologiques pouvant affecter les immeubles du RSSS et présente l'évolution possible du climat pour chacune des régions sociosanitaires du Québec. Une série de simulations réalisées par le consortium Ouranos a permis d'identifier, pour chacune des régions, plusieurs changements climatiques, dont les principaux :
 - o Hausse *presque certaine* (> 99 %) des températures minimales, surtout dans le nord, en hiver;
 - o Hausse *presque certaine* (> 99 %) des précipitations en hiver, surtout dans le nord;
 - o Hausse *très probable* (> 90 %) des températures maximales, surtout dans le sud, en été;
 - o Hausse *très probable* (> 90 %) de l'humidité spécifique dans le nord, en hiver;

- o Diminution *très probable* (> 90 %) des précipitations en été dans le sud et augmentation de l'évaporation;
 - o Diminution *très probable* (90 %) de la quantité de neige au sol;
 - o Élévation *probable* (> 66 %) du niveau de la mer;
 - o Augmentation *probable* (> 66 %) de l'intensité des précipitations.
- La section 4 présente un profil théorique de la vulnérabilité des composantes d'un immeuble en fonction des aléas météorologiques identifiés à la section précédente. Le degré de vulnérabilité des différentes composantes du bâtiment est établi en fonction du degré d'exposition et de la sensibilité de celles-ci aux aléas climatiques. Une composante n'est pas considérée vulnérable du seul fait de son exposition ou de sa sensibilité; il faut que les deux caractéristiques soient présentes. Le profil de vulnérabilité exposé dans ces pages est dit « théorique » parce que chaque immeuble est différent de par sa localisation, sa mission, les matériaux qui le constituent ou son état d'entretien.
- Un immeuble qui comporte des éléments vulnérables aux manifestations des aléas climatiques est plus enclin à subir des dommages matériels et ses usagers sont plus susceptibles de subir des préjudices. Selon le niveau de risque – i.e. la probabilité d'occurrence de l'aléa climatique et les conséquences directes et indirectes potentielles sur l'élément vulnérable – il peut être opportun de mettre en œuvre des mesures de mitigation du risque, appelées « mesures d'adaptation ». Le chapitre 5 présente des exemples de stratégies et de mesures d'adaptation applicables.
- Enfin, le chapitre 6 dresse un bilan des principaux changements attendus et souligne l'importance de mettre en commun toutes les connaissances et les initiatives en ce domaine afin de mieux de préparer le RSSS aux changements à venir.

SECTION 1 - Généralités

1.1 Contexte

En juin 2006, le gouvernement du Québec mettait en œuvre le Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques. Ce document, intitulé *Le Québec et les changements climatiques, un défi pour l'avenir*, s'inscrivait dans la démarche de développement durable déjà initiée par le Québec et présentait différentes mesures et actions à mettre en place, lesquelles visaient des domaines de compétence québécoise, puis interpellaient directement les secteurs de la santé et de la sécurité civile, pour ne nommer que ceux-ci.

En novembre 2007, l'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ) a été mandaté par le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) afin de gérer et de donner forme à l'Action 21 du Plan d'action. Cette mesure s'énonce comme suit : « Instaurer des mécanismes qui permettront de prévenir les impacts des changements climatiques sur la santé et la sécurité publiques. »

En juillet 2008, une Entente-Cadre concernant le Plan est intervenue entre le MSSS et l'INSPQ. Cette Entente stipule que l'INSPQ doit soutenir les adaptations de la gestion clinique, sociale et matérielle du RSSS en fonction des événements météorologiques extrêmes. C'est dans le cadre de cette Entente que l'INSPQ s'est adjoint les services d'experts afin de réaliser adéquatement les différentes activités prévues au mandat qui lui a été confié, le tout étant financé par le Fonds vert dans le cadre de l'Action 21 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques.

En novembre 2008, l'INSPQ a mandaté la Corporation d'hébergement du Québec afin d'évaluer l'impact des changements climatiques sur l'environnement bâti du réseau de la santé et des services sociaux du Québec. Un des principaux objectifs visait l'élaboration de stratégies et mesures d'adaptation afin d'assurer la pérennité des infrastructures de santé et de maintenir l'offre de service à la population. Ce mandat s'insère bien dans la mission de la Corporation, à savoir concevoir et mettre en œuvre des solutions optimales en termes de qualité et de coûts en matière d'immobilisations et de financement, en vue de répondre aux besoins des établissements et des autres intervenants du RSSS. En continuité avec sa politique de développement durable, cette nouvelle considération qu'est l'adaptation aux changements climatiques contribue aux efforts de la Corporation à l'intégration de mesures d'atténuation dans les projets d'immobilisations, notamment au chapitre de l'efficacité énergétique.

1.2 Objectifs

Bien que la question des changements climatiques constitue une réalité nouvelle dont les effets commencent à peine à se faire sentir, ceux-ci seront appelés à augmenter graduellement, voire de manière significative au cours des prochaines décennies. La longue vie utile des bâtiments et l'importante dépense qu'ils représentent imposent une planification rigoureuse. Or, cette planification doit maintenant incorporer une nouvelle variable, à savoir les conditions climatiques futures, lesquelles seront différentes de celles que nous avons connues à ce jour.

Dans ce contexte, le présent document se veut d'abord un outil d'information qui permet de compléter les réflexions qui s'articulent autour de la planification d'un projet, notamment à l'étape de la programmation fonctionnelle et technique (PFT), et doit s'inscrire dans une perspective d'adaptation aux particularités de chaque établissement et de chaque installation. Il permet à l'établissement de mieux cerner les impacts des changements climatiques sur son immeuble et de déterminer si des stratégies et des mesures d'adaptation sont à préconiser. Les principes exposés dans le présent guide sont applicables aux différentes catégories de projets : construction neuve, agrandissement, rénovation.

En résumé, ce guide vise plus particulièrement à :

- Présenter le phénomène des changements climatiques;
- Informer et sensibiliser les intervenants du RSSS ainsi que les différents partenaires aux enjeux qui découlent des changements climatiques;
- Identifier le niveau de vulnérabilité des bâtiments aux aléas climatiques dans le but d'identifier les risques associés aux infrastructures du RSSS et à leurs usagers;
- Proposer une approche qui permet d'identifier les stratégies et les mesures d'adaptation pouvant être considérées dans la planification ou l'opération des immeubles du réseau.

1.3 Application

Le présent document se veut un outil d'information qui permet de compléter les réflexions qui s'articulent autour de la planification d'un projet, notamment à l'étape de la programmation fonctionnelle et technique. Ce guide s'adresse principalement aux gestionnaires d'immeubles et aux partenaires du RSSS. Il vise à sensibiliser ceux-ci aux principaux enjeux posés par les changements climatiques afin qu'ils soient en mesure d'en considérer les impacts sur leurs immeubles et, éventuellement, de déterminer si des stratégies et de mesures d'adaptation sont à préconiser.

Ce document ne vise pas à imposer de solution fixe et demande aux intervenants de s'approprier son contenu et de l'harmoniser selon les particularités de chaque installation quant à la mission, la localisation, etc. Les principes qui y sont exposés sont applicables aux différentes étapes du cycle de vie d'un bâtiment, à savoir la planification, la construction, la rénovation ou le réaménagement, ainsi que l'opération de l'immeuble. À noter qu'il est souhaitable de réaliser cet exercice dans une démarche globale de développement durable afin d'assurer l'adéquation entre les mesures d'atténuation et les mesures d'adaptation, lesquelles sont fortement interreliées.

Bien que ce guide traite plus particulièrement de l'adaptation aux changements climatiques, le lecteur doit garder en mémoire que l'adoption de stratégies et de mesures d'atténuation s'avère aujourd'hui une action incontournable dans la planification des projets et dans la gestion immobilière.

SECTION 2 – Réseau de la santé

Dans le but d'identifier les installations et les clientèles les plus vulnérables aux changements climatiques, la présente section dresse un portrait du RSSS en décrivant les différentes catégories de services (missions) offerts ainsi que leurs clientèles respectives. Par la suite, les immeubles du réseau sont répertoriés par région sociosanitaire, de façon à illustrer lesquelles de ces régions seront les plus critiques en fonction du nombre de bâtiments qu'elles comprennent et de la capacité de ceux-ci (nombre de lits).

2.1 Missions et clientèles

La mission circonscrit le champ d'action dans le domaine des soins de santé et des services sociaux d'un établissement ou d'une installation. Un établissement peut avoir plus d'une mission; les centres de santé et de services sociaux (CSSS), à titre d'exemple, sont des établissements multivocationnels qui exploitent notamment un centre local de services communautaires (CLSC), un centre d'hébergement de soins de longue durée (CHSLD) et, le cas échéant, un centre hospitalier de soins généraux et spécialisés (CHSGS).

Les missions, telles que définies par la Loi de la santé et des services sociaux, sont au nombre de cinq :

- 1) **Centre hospitalier de soins généraux et spécialisés (CHSGS) et de soins psychiatriques (CHSP), ce qui inclut les centres hospitaliers universitaires (CHU), les centres hospitaliers affiliés (CHA), de même que les instituts universitaires (IU).**

Mission :

Offrir des services diagnostiques et des soins médicaux généraux et spécialisés. À cette fin, l'établissement qui exploite un tel centre reçoit, principalement sur référence, les personnes qui requièrent ce type de services ou de soins, s'assure que leurs besoins soient évalués et que les services requis (y compris les soins infirmiers et les services psychosociaux spécialisés, préventifs ou de réadaptation) leur soient offerts à l'intérieur de ses installations ou, si nécessaire, que ces personnes soient dirigées vers les centres, les organismes ou les personnes les plus aptes à leur venir en aide. (*L.R.Q., c.S-4.2 – Loi sur les services de santé et les services sociaux, article 81*)

Clientèle :

Personnes de tous âges et de toutes conditions physiques et psychiques. Cette clientèle vient quérir des services de consultation et/ou de traitement qui peuvent nécessiter une période d'hospitalisation.

- 2) **Centre d'hébergement et de soins de longue durée (CHSLD)**

Mission :

Offrir de façon temporaire ou permanente un milieu de vie substitut, des services d'hébergement, d'assistance, de soutien et de surveillance, ainsi que des services de réadaptation, psychosociaux, infirmiers, pharmaceutiques et médicaux aux adultes qui, en raison de leur perte d'autonomie fonctionnelle ou psychosociale, ne peuvent plus demeurer dans leur milieu de vie naturel, et ce, malgré le soutien de leur entourage. (*Extrait de la Loi sur les services de santé et les services sociaux*)

Clientèle :

Les personnes dont le CHSLD constitue le milieu de vie substitut institutionnel peuvent présenter des pathologies complexes ainsi que des déficits moteurs, sensoriels et cognitifs importants, liés ou non au vieillissement. Outre la clientèle hébergée, certains CHSLD reçoivent une clientèle en centre de jour, laquelle présente les mêmes caractéristiques.

3) Centre local de services communautaires (CLSC)

Mission :

Ces centres offrent en première ligne des services de santé et des services sociaux courants et, à la population du territoire qu'il dessert, des services de santé et des services sociaux de nature préventive ou curative, de réadaptation ou de réinsertion. *(Extrait de la Loi sur les services de santé et les services sociaux)*

À l'exception des CLSC qui possèdent une unité d'urgence ouverte en permanence, il n'y a pas de clientèle hébergée sur place.

Clientèle :

L'ensemble de la population peut bénéficier des services des CLSC.

4) Centre de réadaptation (CR)

Mission :

Ces centres offrent des services d'adaptation, de réadaptation et d'intégration sociale à des personnes qui, en raison de problème divers – déficiences physiques ou intellectuelles, difficultés d'ordre comportemental, psychosocial ou familial, alcoolisme ou autre toxicomanie, etc. – requièrent de tels services de même que des services d'accompagnement et de soutien à leur entourage. *(Extrait de la Loi sur les services de santé et les services sociaux)*

Le RSSS compte des centres de réadaptation physique et des centres de réadaptation pour personnes toxicomanes et alcooliques (CRPTA). Les services de réadaptation peuvent parfois nécessiter des périodes d'hébergement.

Clientèle :

Deux types de clientèle utilisent les services des centres de réadaptation. Les services de réadaptation physique englobent les personnes qui, à la suite d'un accident, d'une malformation congénitale ou d'un accident à la naissance, présentent des déficiences physiques qui les empêchent de bien fonctionner. Cette clientèle peut être hébergée pendant la période de soins de santé. En réadaptation comportementale, une clientèle majoritairement adulte fréquente un CRPTA en raison de problèmes de toxicomanie et d'alcoolisme. Cette clientèle peut être hébergée pendant la période de soins de santé.

5) Centre jeunesse (CJ)

Mission :

Les centres de protection de l'enfance et de la jeunesse offrent des services de nature psychosociale, y compris des services d'urgence sociale requis par la situation d'un jeune en vertu de la Loi sur la protection de la jeunesse (chapitre P-34.1) et de la Loi sur les jeunes contrevenants (lois révisées du Canada (1985), chapitre Y-1). Ils offrent également des services en matière de placement d'enfants, de médiation familiale, d'expertise à la Cour supérieure sur la garde d'enfants, d'adoption et de recherche des antécédents biologiques.

(Extraits de la Loi sur les services de santé et les services sociaux)

Clientèle :

Ces centres visent des jeunes de moins de 18 ans qui vivent une situation dangereuse pour leur sécurité ou pour leur développement. Cette clientèle type a généralement plus de 10 ans, et elle est, dans la majorité des cas, hébergée dans le centre jeunesse.

2.2 Parc immobilier du RSSS

Le parc immobilier du RSSS est composé d'un grand nombre d'immeubles et de bâtiments. Certains d'entre eux sont utilisés aux fins de l'offre de soins et de services de santé, alors que d'autres abritent les services de soutien, fonctionnels et opérationnels, nécessaires au bon fonctionnement des activités. Qu'il soit ancien ou récent, chaque bâtiment comporte des caractéristiques techniques, technologiques, voire organisationnelles typiques à sa période de construction, tout en témoignant de différentes périodes socio-économiques. À titre d'exemples, on peut citer les hôpitaux de l'après-guerre, puis ceux des années 70, et, plus près de nous, les CHSLD de la fin des années 90. Selon le contexte économique, les besoins sociosanitaires et les impératifs budgétaires, les immeubles du RSSS ont évolué, se sont modifiés, et certains se sont adaptés. Par conséquent, il n'y a pas de constante applicable dans l'appréciation de la vulnérabilité des immeubles et des bâtiments du RSSS par rapport aux changements climatiques; chaque cas est unique.

2.2.1 Régions sociosanitaires

Le Québec est subdivisé en 18 régions sociosanitaires, lesquelles s'harmonisent aux limites des 17 régions administratives*. Les 18 régions sociosanitaires sont sous la responsabilité d'autant d'agences régionales* (ou, exceptionnellement, un Conseil régional pour la région 18 et un Centre régional pour la région 10). Les agences régionales organisent et coordonnent les services ainsi que l'allocation budgétaire aux établissements de leur territoire. Elles ont comme mission d'adapter les services sociosanitaires aux besoins et aux réalités des diverses clientèles qu'elles desservent. Les agences régionales sont elles-mêmes sous la supervision du ministère de la Santé et des Services sociaux. (Source : MSSS)

Les établissements de santé sont composés d'immeubles répartis sur le territoire des différentes régions sociosanitaires. Ils assurent l'offre des soins et des services nécessaires aux populations de celle-ci, telles que décrits précédemment (CH, CLSC, CHSLD, CR et CJ).



Figure 1 : Limites des régions sociosanitaires du Québec
(Sources : MSSS, MRNF)

2.2.2 Immeubles et bâtiments

Un bref portrait du parc immobilier du RSSS a été effectué à partir de données d'inventaires extraites du Système d'information de gestion des actifs du réseau de la santé et des services sociaux (SIGARSSS) de la Corporation d'hébergement du Québec, cet inventaire a été réalisé en 2006. Selon ces données, le parc immobilier est composé de 1 260 immeubles (le fond de terre et les constructions qui y sont érigées), lesquels comptent quelque 2 320 bâtiments, ce qui exclut les bâtiments accessoires (garages, entrepôt, buanderie, etc.), les bâtiments administratifs ainsi que les immeubles en location. Cela totalise près de 8 millions de mètres carrés en superficie construite pour l'ensemble des 18 régions sociosanitaires.

Le tableau 1 illustre la répartition de la capacité d'accueil (nombre de lits) des immeubles par région administrative pour les deux missions principales (soit les CH et les CHSLD). Le tableau 2 illustre les superficies totales construites que représentent ces deux missions.

Tableau 1 : Sommaire de la capacité (nombre de lits) en CH et en CHSLD

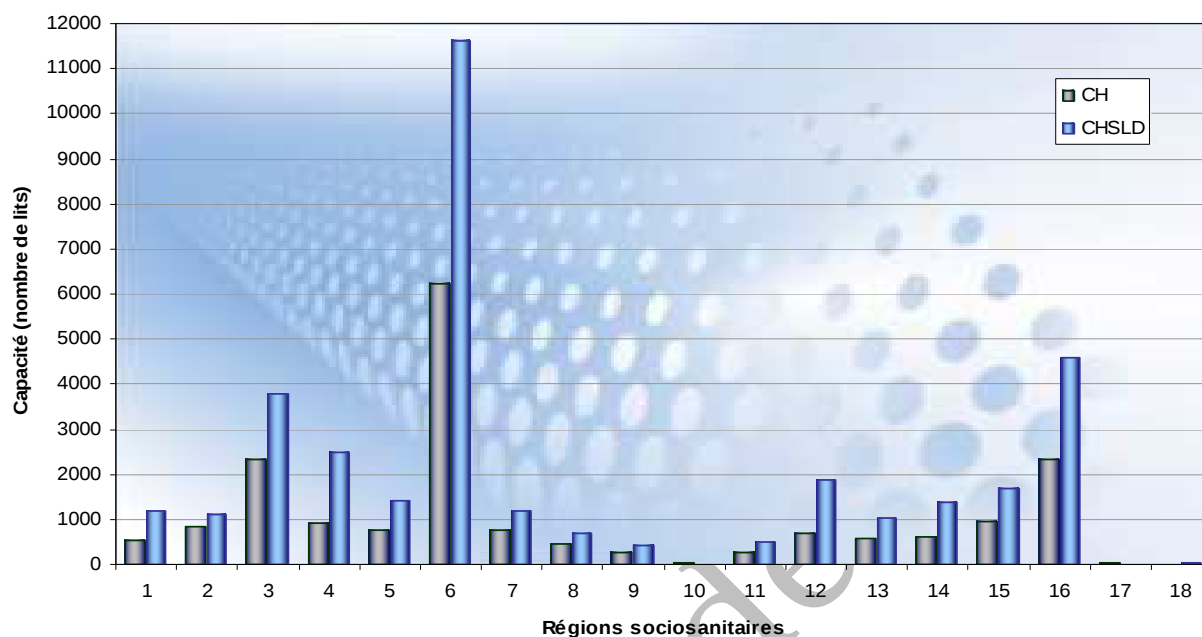
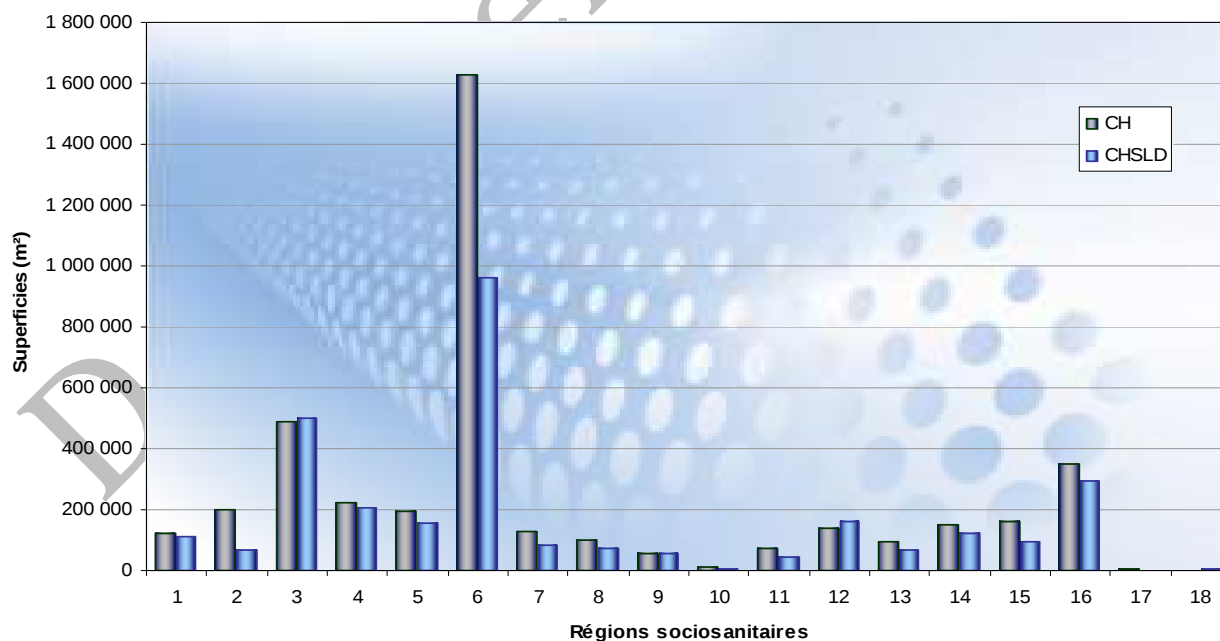


Tableau 2 : Sommaire des superficies de bâtiments en CH et en CHSLD



Outre les capacités et les superficies construites des bâtiments, d'autres données disponibles sur l'âge des bâtiments et sur la présence de systèmes de ventilation ont permis de mettre en lumière quelques faits saillants :

- Les CH et les CHSLD représentent plus de 7 millions de mètres carrés sur les 8 millions répertoriés;
- Les trois régions sociosanitaires prédominantes comptent pour 57 % du parc immobilier en termes de superficie construite :

- Montréal (06) :	34 %
- Capitale-Nationale (03) :	14 %
- Montérégie (16) :	9 %
- La majorité des CH (43 %) ont plus de 50 ans, par comparaison à 29 % pour les CHSLD;
- Il y a davantage de bâtiments de moins de 30 ans en CHSLD (37 %) qu'en CH (27 %);
- En CH, la proportion de bâtiments non climatisés est de 34 %, alors que 52 % sont partiellement climatisés et seulement 14 % le sont complètement;
- En CHSLD, la proportion de bâtiments non climatisés est de 59 %, alors que 36 % sont partiellement climatisés et seulement 5 % le sont complètement. De façon générale, les unités de vie ne sont pas climatisées, mais plutôt ventilées et déshumidifiées.

2.2.3 Variabilité technique

On trouve dans le réseau québécois des bâtiments de tous types : des petites constructions résidentielles (comme les habitations à usage temporaire du Nunavik et de la Gaspésie) aux installations imposantes que sont les centres hospitaliers, en passant par des édifices de type administratif tels les CLSC.

Les caractéristiques techniques de ces constructions sont variées, et ce, notamment en raison de :

- **La réglementation** : En fonction de leur usage respectif, les bâtiments ont une classification distincte en regard du Code de construction du Québec (CCQ), et chaque classe de bâtiment doit être conforme à des prescriptions spécifiques visant particulièrement la protection incendie et les dommages structuraux. De plus, pour les différentes missions, le MSSS a produit des recommandations d'ordre fonctionnel et technique, transmises par le biais de guides et de normes.
- **La date de construction** : Le CCQ fait l'objet de révisions périodiques et il en est de même pour le *Répertoire des normes et procédures* du MSSS. Par conséquent, un bâtiment, en tout ou en partie, répond généralement aux exigences en vigueur à l'époque à laquelle les travaux de construction neuve et/ou de rénovation ont été réalisés.
- **Les matériaux, les systèmes et les composantes du bâtiment** : Ceux-ci sont très diversifiés en termes de qualité et de durabilité, et reflètent les techniques de construction utilisées à l'époque de la réalisation des travaux. D'autre part, des budgets insuffisants, peuvent, par exemple, orienter les choix de revêtements extérieurs vers des matériaux de moindre qualité et de moindre durabilité.
- **La localisation** : Les bâtiments construits dans des zones où ils sont fortement exposés aux divers aléas climatiques subissent une détérioration plus importante que leurs semblables sis dans des zones plus clémentes. Selon la qualité des matériaux utilisés, cette réalité devient davantage évidente à plus brève échéance.
- **Les travaux de rénovation** : La nature des travaux effectués au fil du temps, notamment des améliorations fonctionnelles, le maintien des actifs ainsi que la mise aux normes, explique également la variabilité de l'état général des bâtiments.

SECTION 3 – Changements climatiques

La section qui suit a été élaborée par Ouranos. Elle définit les principaux paramètres climatiques et leur évolution possible, ainsi que les probabilités d'occurrence. L'annexe 1 fournit de plus amples détails quant à la méthodologie et aux outils utilisés pour la réalisation des scénarios climatiques, et l'annexe 2 présente les résultats détaillés pour l'ensemble des régions sociosanitaires.

3.1 Introduction

Dans son quatrième rapport d'évaluation, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat¹ considère très probable que le réchauffement observé au cours des 50 dernières années soit attribuable aux activités humaines, et ce, par le biais de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre. Ce changement pourrait persister pendant plusieurs siècles.

Les scénarios climatiques présentés dans cette section estiment les changements sur les variables météorologiques qui ont une incidence sur les immeubles, leurs occupants ou leur environnement immédiat. Ces calculs permettent de circonscrire les changements qui auront un impact sur la clientèle, sur les bâtiments et sur leur emplacement, puis d'orienter l'application de stratégies et de mesures d'adaptation dans le cadre de projets d'immobilisations du RSSS.

Afin d'illustrer l'évolution des changements, quatre régions types ont été choisies parmi les 18 régions sociosanitaires : le Nunavik, la Montérégie, la Côte-Nord et le Nord-du-Québec. Cette sélection repose sur la spécificité de leur climat. Le Nunavik représente le climat où les températures sont les plus froides et les précipitations les moins abondantes au Québec. La Montérégie est la région la plus au sud, donc la plus chaude. La Côte-Nord illustre le climat maritime, à savoir des contrastes de températures atténués et des précipitations abondantes. À l'opposé, la région du Nord-du-Québec tient lieu de climat continental, où la variabilité des températures est la plus marquée.

Des modèles de simulation ont servi à estimer le climat de l'horizon 2010-2039 par comparaison avec la période 1961-1990. L'évolution des variables de base – à savoir les températures et les précipitations – a d'abord été calculée. Après quoi, une douzaine de variables (la plupart tirées du Code national du bâtiment) ont été analysées par saison sur les zones habitées au sein des 18 régions sociosanitaires du Québec (voir figure 1). Ces variables ont été sélectionnées en fonction de leur impact sur la conception des immeubles. D'autres problématiques découlant des changements climatiques (p. ex. la fonte du pergélisol) ont fait l'objet d'une analyse qualitative grâce à une revue de littérature.

3.2 Changements des températures et des précipitations

Les cartes suivantes illustrent le climat passé (1961-1990) et futur (2010-2039) pour la province, et ce, en saisons hivernale et estivale pour les variables suivantes : températures minimales, températures maximales et précipitations. Les résultats détaillés par saison et pour toutes les régions se trouvent en annexe, de même que certaines explications quant à la conception des graphiques.

3.2.1 Températures minimales

Les cartes suivantes (figures 2a et 2b) illustrent le changement pour les températures minimales pour l'ensemble de la province, en hiver et en été.

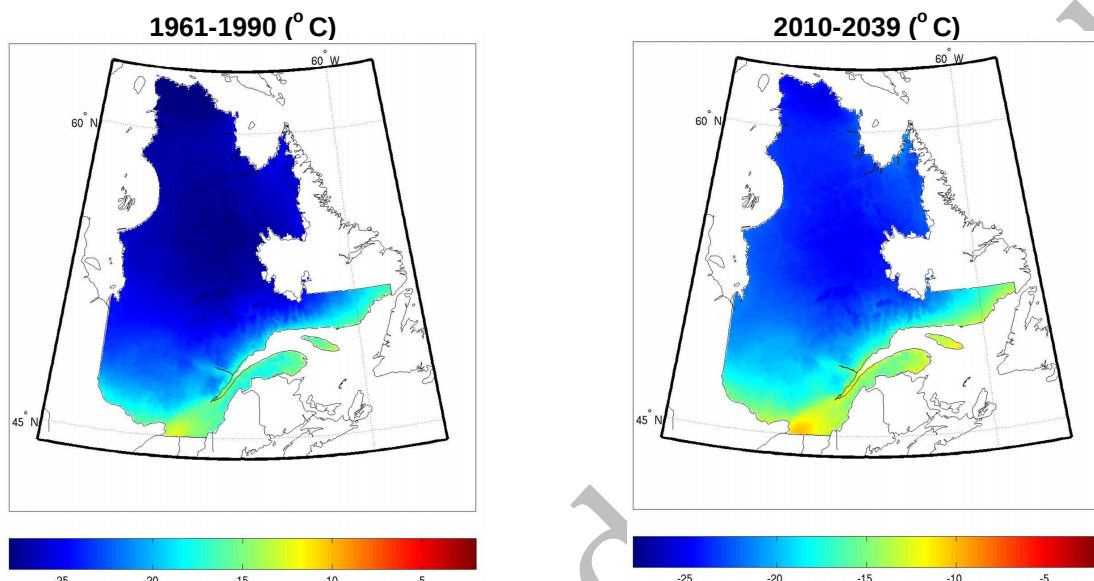


Figure 2a : Cartographie des températures minimales en hiver, 1961-1990 et 2010-2039

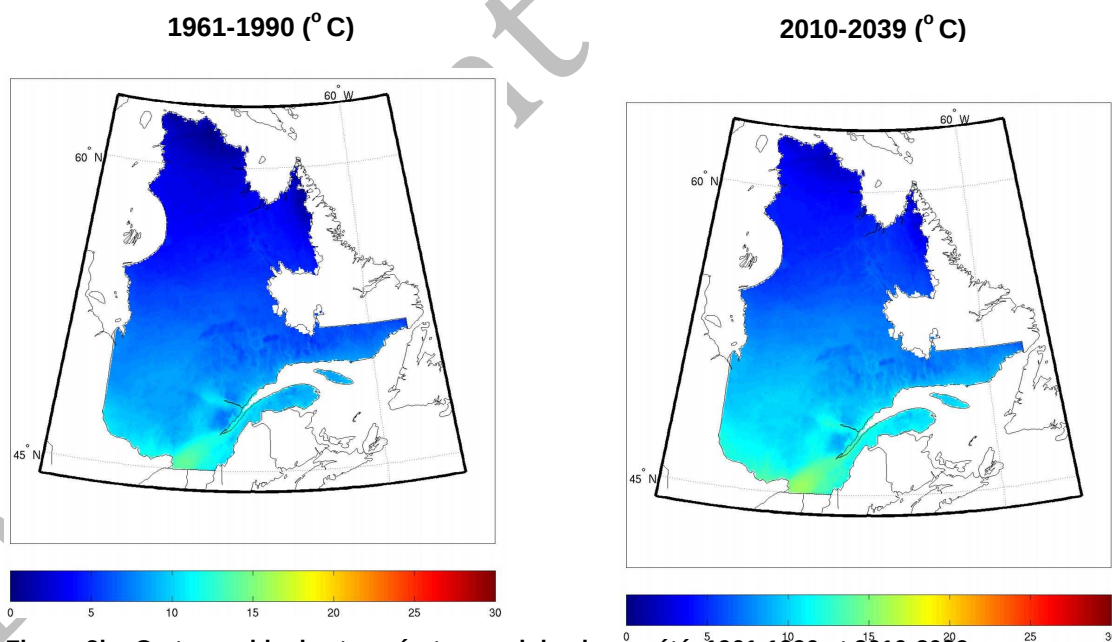


Figure 2b : Cartographie des températures minimales en été, 1961-1990 et 2010-2039

L'évolution des changements moyens des températures minimales de 1961 à 2100 est illustrée à la figure 3, relativement à la moyenne de la période 1961-1990. Les figures illustrent les quatre saisons pour quatre régions types du Québec, soit le nord (Nunavik), le sud (Montréal), la côte (Côte-Nord) et le centre (Nord-du-Québec).

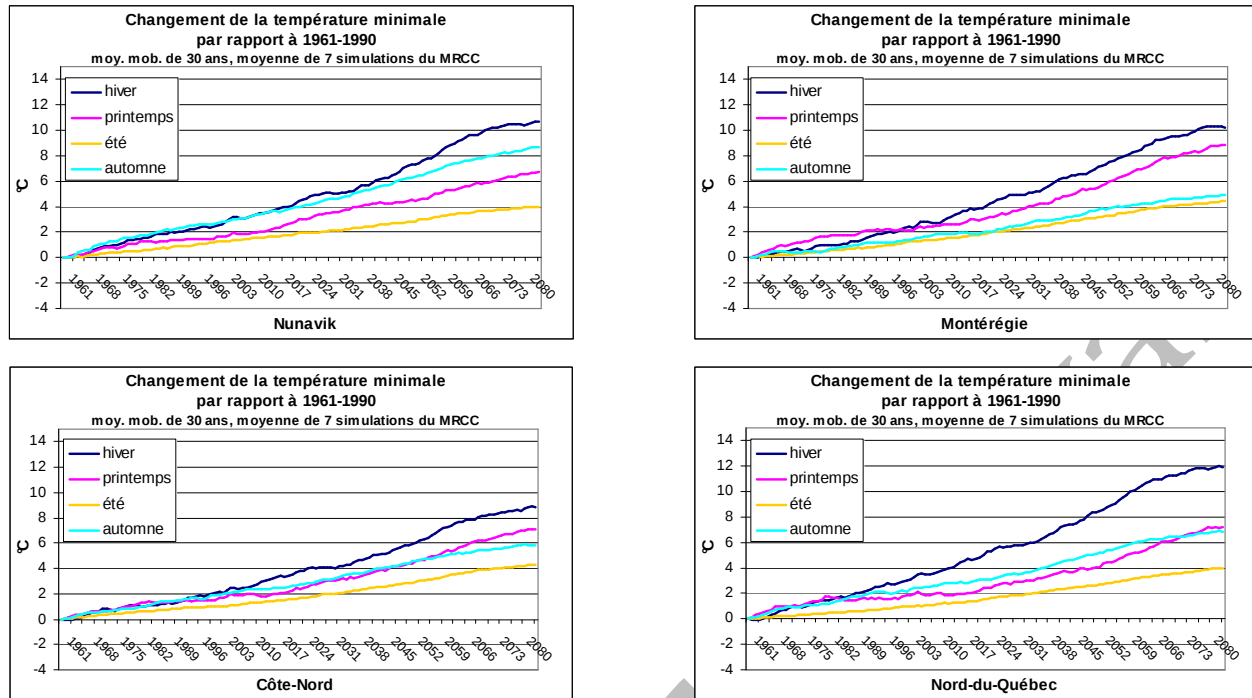


Figure 3 : Évolution des températures minimales saisonnières du Nunavik, de la Montérégie, de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec par saison, de 1961 à 2100

Selon les graphiques de la figure 4, les changements climatiques saisonniers moyens des températures minimales sont présentés conjointement pour les 18 régions référencées par numéros (voir figure 1). Les résultats (moyen-max-min) des sept simulations sont représentés par un point et les extrémités d'une barre d'erreur. Un tableau détaillé des valeurs qui ont servi à concevoir ces graphiques est également en annexe.

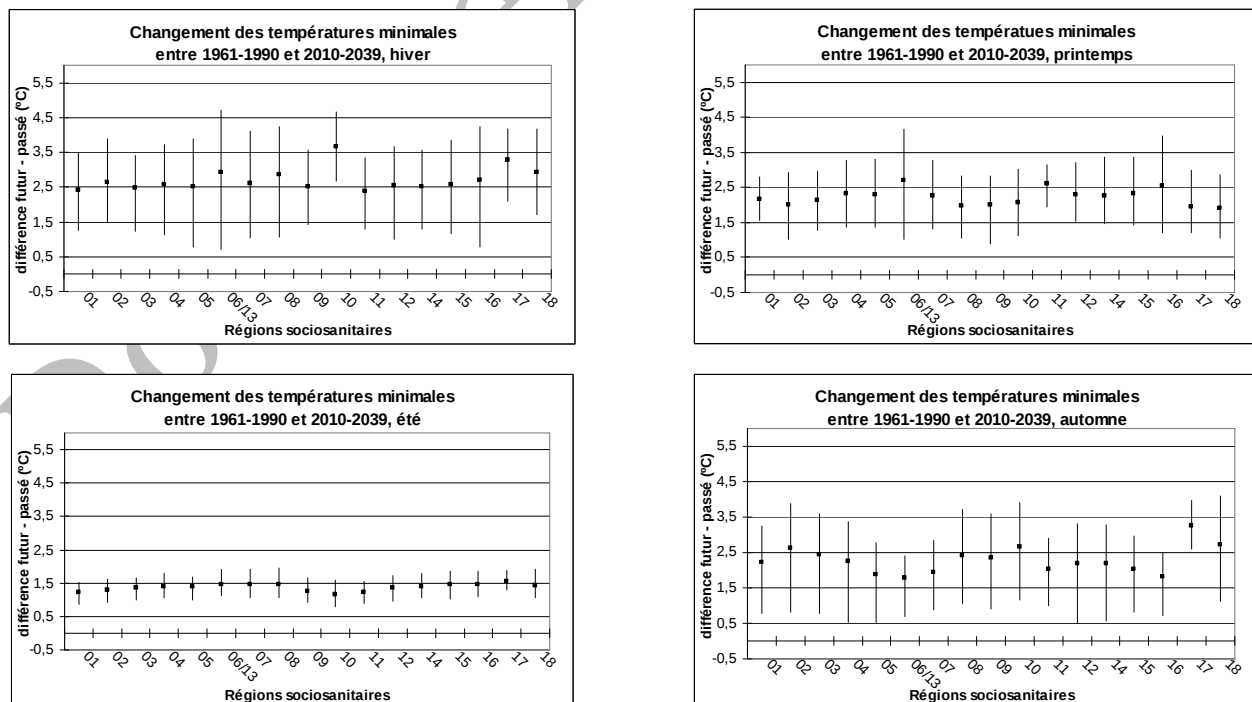


Figure 4 : Changements des températures minimales par saison, pour toutes les régions

Les cartes des températures minimales de 1961-1990 en hiver montrent un gradient sud-nord bien marqué (figures 2a et 2b). La présence de l'eau (fleuve, estuaire, golfe du Saint-Laurent) tempère les côtes. Dans le futur, le gradient nord-sud sera conservé. Le Nunavik et le centre de la province maintiendront les climats les plus froids. La Montérégie demeurera quant à elle la région la plus chaude en raison de l'influence des vents du centre du continent canalisés par la vallée du Saint-Laurent. En ce qui concerne la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, celle-ci profitera encore d'un microclimat tempéré en raison de sa topographie, de même que les côtes en bordure de l'estuaire du Saint-Laurent.

À partir des courbes d'évolution (figure 3), il est possible d'obtenir plus de détails sur l'intensité du réchauffement. Pour les quatre régions types du Québec, l'augmentation est, au minimum, deux fois plus importante en hiver qu'en été. Le printemps et l'automne, assez semblables, connaissent une évolution intermédiaire entre les deux saisons. Les régions nordiques se démarquent avec l'augmentation la plus prononcée en hiver et en automne. Au sud de la province, les changements sont également très forts en hiver et au printemps. Les régions côtières de la Baie-James et de l'Estuaire présentent un réchauffement moyen. L'évolution de l'été est comparable dans toutes les régions.

Sur l'horizon 2010-2039, et par comparaison à 1961-1990 (figure 4), le modèle régional canadien du climat (MRCC) produit, pour l'ensemble des régions, une augmentation moyenne des températures minimales de 2,7 °C en hiver, de 2,2 °C au printemps et à l'automne, puis de 1,4 °C en été. En considérant la simulation la plus pessimiste, le Nord-du-Québec pourrait atteindre 4,7 °C en hiver. À l'opposé, c'est à l'automne, dans le sud du Québec, que les réchauffements pourraient être les plus modestes (simulation minimale autour de 0,6 °C).

Les graphiques nous indiquent une confiance plus grande dans les changements d'été comparativement à ceux d'hiver. Par contre, à l'hiver, le signal de changements climatiques est plus fort, ce qui compense l'incertitude plus grande. Les saisons charnières donnent des résultats mitoyens, et ce, tant en termes de moyenne que d'incertitude. Dans tous les cas, le changement est significatif.

Les simulations d'Allard sur le Nunavik confirment que, sur l'horizon 2010-2039, les plus fortes augmentations de températures prévues sont pour les mois d'hiver. Les températures se réchauffent davantage pour la côte de la baie d'Hudson et du détroit d'Hudson par rapport au reste du Nunavik.

Les observations récentes dans le nord indiquent déjà une tendance au réchauffement. Le Nunavik a gagné environ 2 °C depuis 1992. L'année 2006 a été une des plus chaudes depuis 1948². Sur la base d'analyses paléoclimatiques, pour l'ensemble de l'Arctique, les températures d'été de la fin du 20^e siècle ont été les plus chaudes des 2 000 dernières années, dépassant même la variabilité naturelle³.

Ainsi, à partir des températures minimales observées et modélisées, on peut anticiper une diminution de la saison de gel et, conséquemment, un prolongement de la saison de croissance, moins de vagues de froid et de degrés-jours de chauffage. On prévoit aussi une augmentation des précipitations liquides en hiver⁴. Les minimums de températures augmenteront davantage que les maximums en hiver, résultant en un climat moins froid⁵.

3.2.2 Températures maximales

Les cartes suivantes (figures 5a et 5b) illustrent le changement pour les températures maximales pour l'ensemble de la province, en hiver et en été. Il est à noter que les échelles de couleur sont les mêmes que pour les températures minimales, et ce, afin d'en faciliter la comparaison.

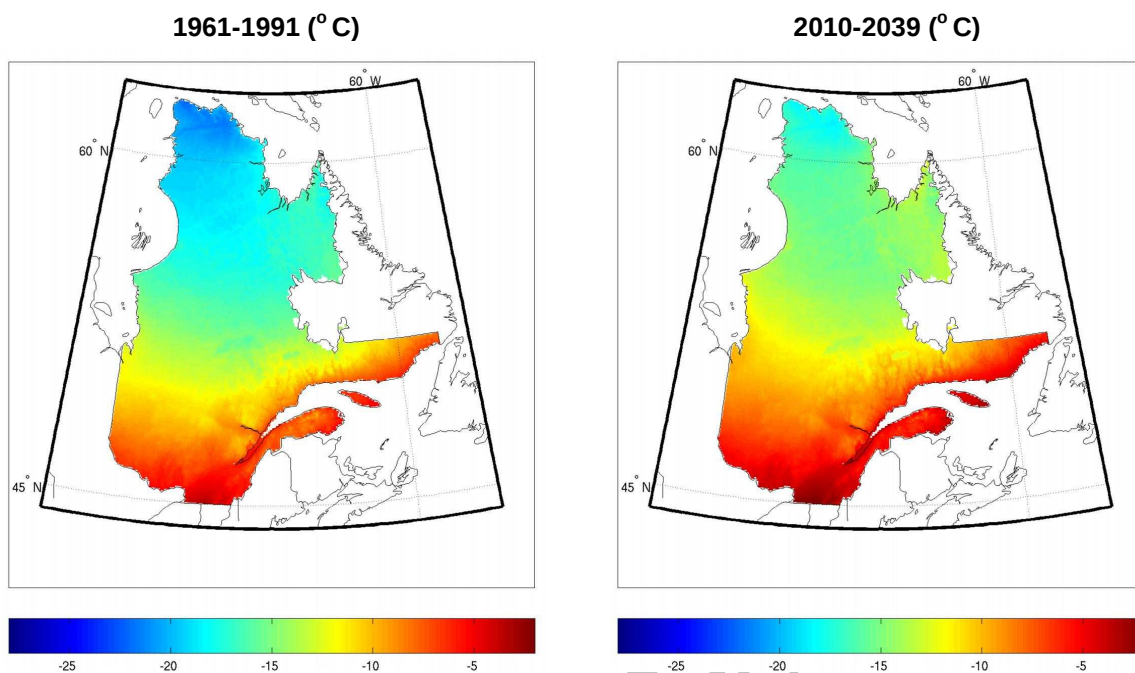


Figure 5a : Cartographie des températures maximales en hiver, 1961-1990 et 2010-2039

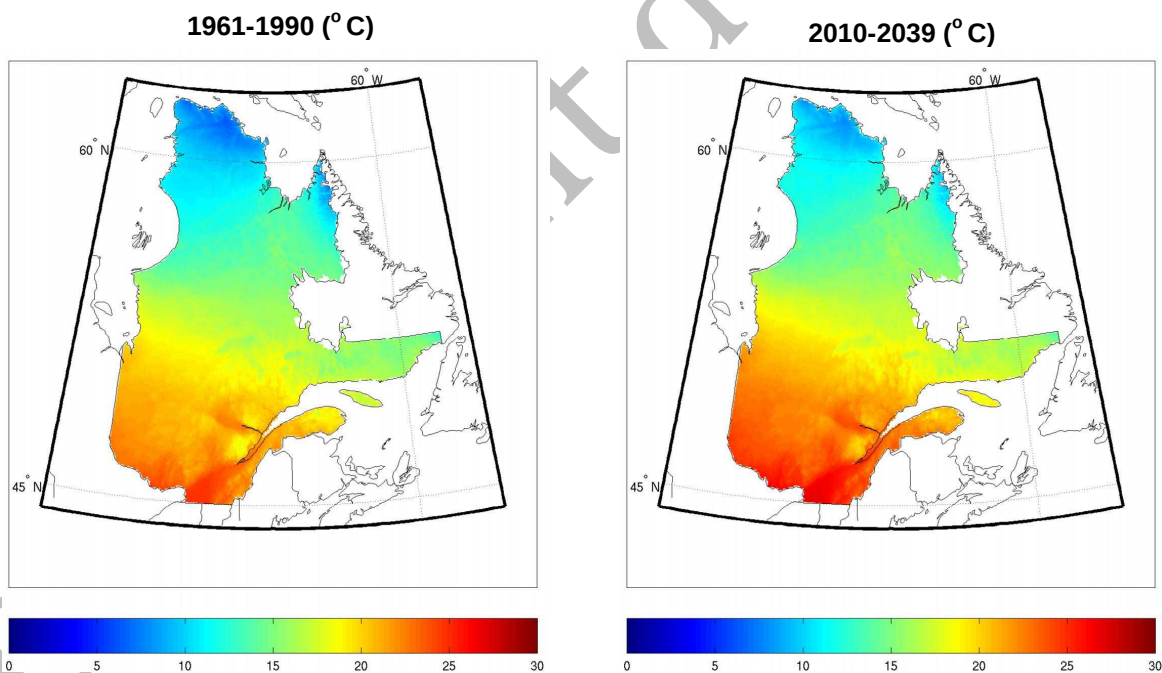


Figure 5b : Cartographie des températures maximales en été, 1961-1990 et 2010-2039

La figure 6 illustre l'évolution à long terme (1961-2100) des changements moyens des températures maximales relativement à la moyenne de la période 1961-1990 pour les quatre saisons, et pour les quatre régions types du Québec. Les autres régions et le détail par saison sont en annexe.

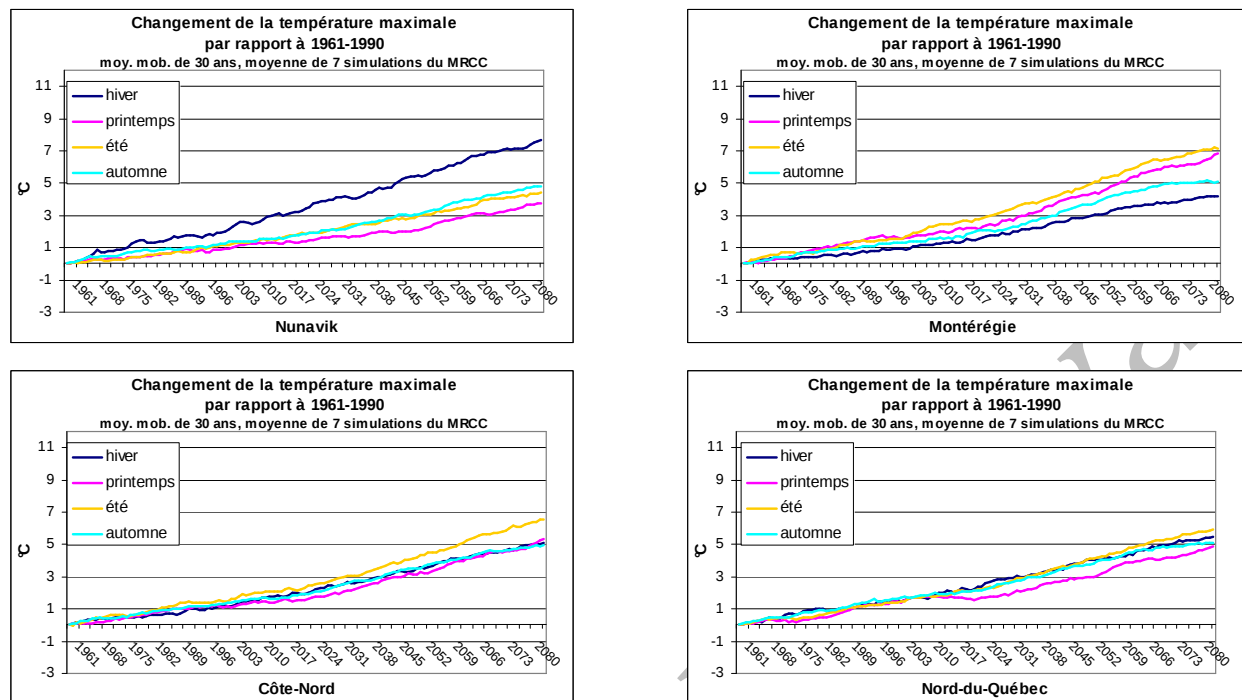


Figure 6 : Évolution des températures maximales saisonnières du Nunavik, de la Montérégie, de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec par saison, de 1961 à 2100

Sur les graphiques de la figure 7, les changements climatiques saisonniers moyens des températures maximales sont présentés conjointement pour les 18 régions sociosanitaires. En annexe, les valeurs détaillées de ces graphiques sont présentées dans un tableau.

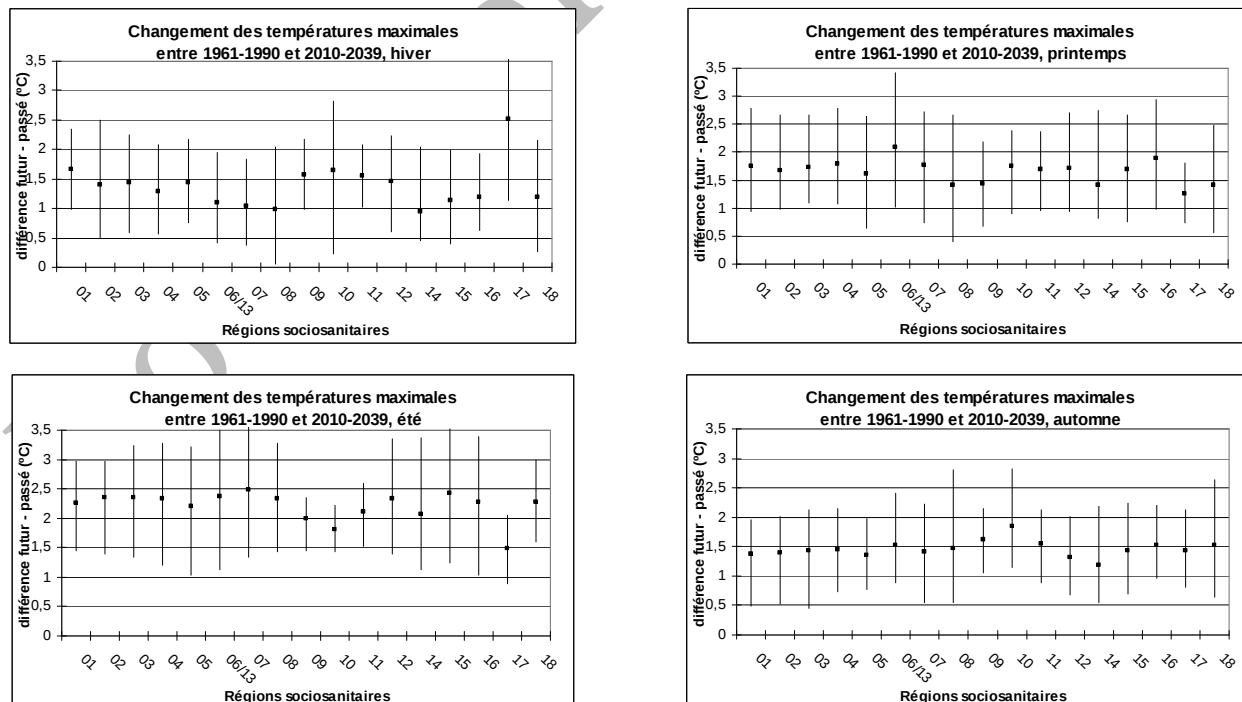


Figure 7 : Changements des températures maximales par saison pour toutes les régions

Les températures maximales indiquent aussi un gradient sud-nord bien marqué sur les cartes du Québec (figures 5a et 5b), autant en hiver qu'en été. À l'instar des températures minimales, le gradient du passé semble être décalé vers le nord dans le futur. Les températures maximales passées et futures demeurent les plus élevées dans le sud et les plus basses dans le nord. La Gaspésie, le Bas-Saint-Laurent et la Côte-Nord bénéficient d'un climat tempéré par le fleuve, l'estuaire et le golfe, surtout en hiver. En effet, l'eau cause un délai dans l'arrivée du froid en hiver et de la chaleur en été. Les microclimats dans les régions du Saguenay (chaud) et de Charlevoix (froid) sont encore apparents dans le futur, en particulier en été.

Les températures minimales sont plus spatialement homogènes sur la province que les températures maximales. Par contre, les changements climatiques varient davantage d'un endroit à l'autre sur les températures minimales que sur les températures maximales.

À partir des graphiques d'évolution, on constate que, sur les côtes du fleuve et de la Baie-James, le changement des températures maximales est semblable pour toutes les saisons. Au Nunavik, le réchauffement d'hiver est le plus important. Il est également le plus fort parmi toutes les régions. En été, le nord connaît les plus faibles changements. C'est alors le sud qui se réchauffe le plus. Les côtes indiquent un changement modéré en toutes saisons.

L'automne présente une progression similaire pour toutes les régions. Au printemps, le sud connaît les augmentations les plus prononcées (proches de celles de l'été), alors que les températures maximales au nord augmentent faiblement.

Les changements sur les températures maximales seront plus modestes que sur les températures minimales en hiver, et inversement en été. Toutefois, en général, les incertitudes sont plus grandes face aux températures maximales qu'aux températures minimales. En somme, le climat sera surtout moins froid que plus chaud.

À partir de la figure 7, on note que les changements sur les températures maximales hivernales seront en moyenne de 1,4 °C pour l'ensemble des régions, sauf pour le Nunavik qui se démarque avec une augmentation de près de 2,5 °C. En été, la province se réchauffe d'environ 2,2 °C. Le Nunavik aura les augmentations les plus faibles (1,5 °C). À l'automne et au printemps, il y a peu de différence entre les régions. Elles affichent des augmentations de l'ordre de 1,5 °C. Pour toutes les saisons et les régions, l'augmentation des températures maximales est significative.

Selon la littérature, le réchauffement est déjà commencé^{6 7}. Dans le sud du Canada, au cours du 20^e siècle, l'augmentation moyenne annuelle de température est passée de 0,5 à 1,58 °C⁸. Dans le sud du Québec, le changement climatique aurait commencé en 1971, à un taux moyen de 0,3 °C par décennie (le taux est cependant deux fois plus fort en janvier qu'en juin). Le réchauffement a été encore plus prononcé dans le nord et dans le centre de la province.

La variabilité des températures extrêmes chaudes augmentera en été sur les continents. Des augmentations plus fortes sont anticipées sur les maximums que sur les moyennes⁹. Pour le sud du Québec, l'augmentation des températures maximales en été ajoutera des degrés-jours de climatisation, des canicules et des sécheresses^{10 11}. Au Nunavik, on note déjà l'effet des températures sur la croissance et sur la densité du couvert végétal¹².

3.2.3 Précipitations totales

Les figures 8a et 8b illustrent le changement pour les précipitations totales pour l'ensemble de la province, en hiver et en été. Les unités de l'échelle sont des millimètres par saison (trois mois).

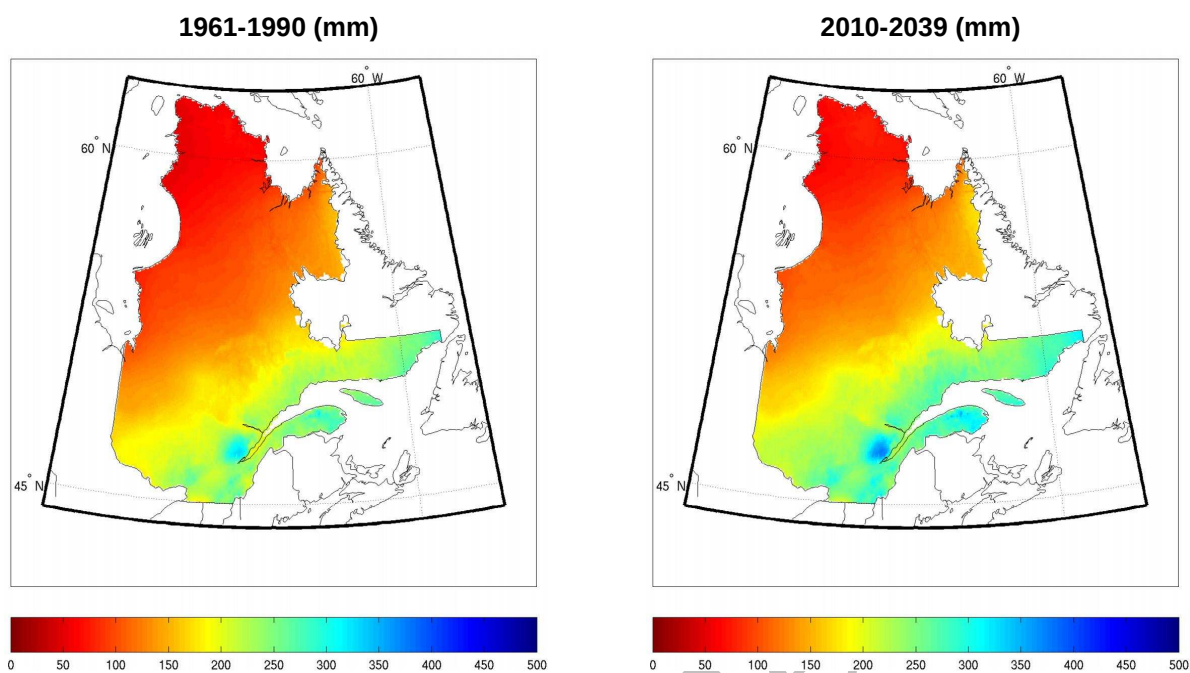


Figure 8a : Cartographie des précipitations totales en hiver, 1961-1990 et 2010-2039

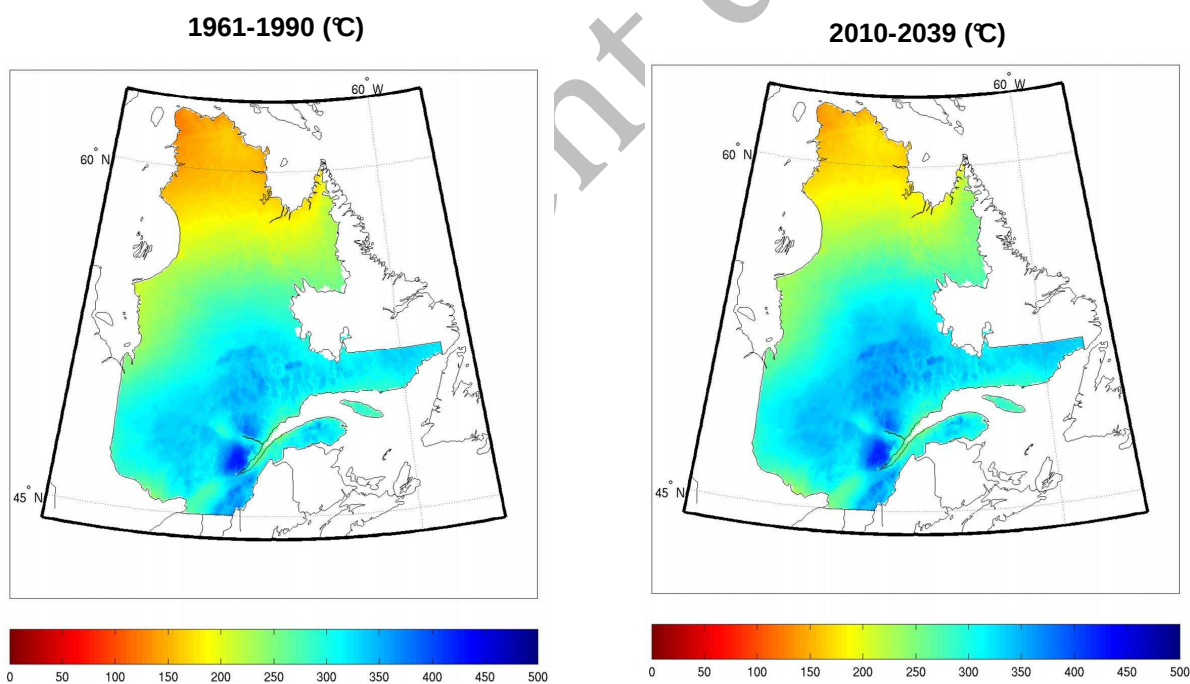


Figure 8b : Cartographie des précipitations totales en été, 1961-1990 et 2010-2039

La figure 9 présente l'évolution à long terme (1961-2100) des changements moyens des précipitations totales relativement à la moyenne de la période 1961-1990, et ce, pour les quatre saisons et pour les quatre régions types du Québec. Ils sont représentés par un ratio futur/passé. Ainsi, un résultat de 1,2 représente une augmentation de 20 % par rapport au climat de référence.

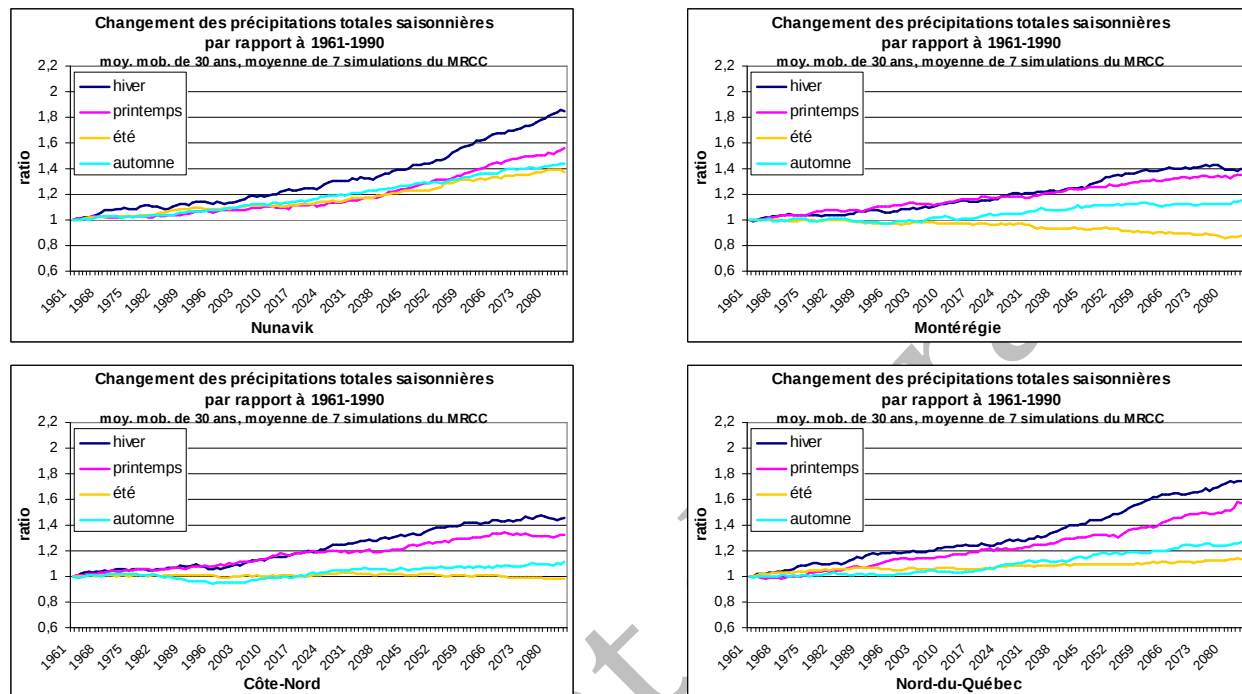
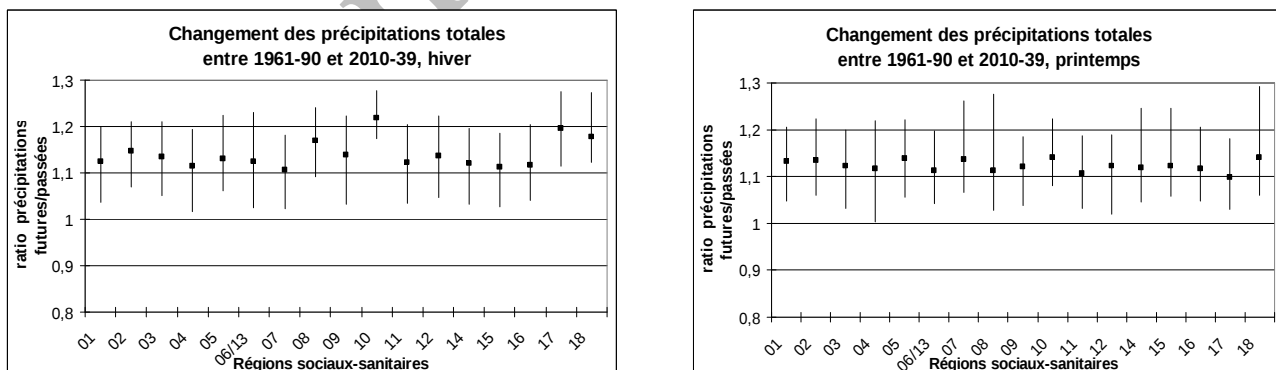
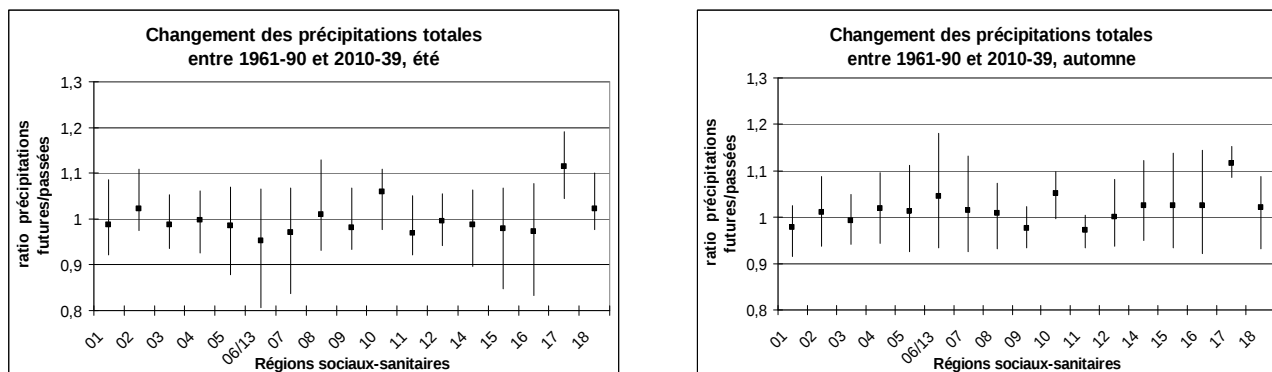


Figure 9 : Évolution des précipitations totales saisonnières du Nunavik, de la Montérégie, de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec par saison, de 1961 à 2100

Les 18 régions sociosanitaires sont présentées ensemble sur les graphiques de la figure 10. On y note les changements climatiques saisonniers moyens des précipitations totales.





Sur les cartes du Québec, on constate qu'en hiver, les patrons de précipitations de la période passée s'intensifient dans le futur. En été, l'augmentation est moins claire, mais cette saison demeure celle qui recevra les précipitations les plus abondantes. On note toujours davantage de précipitations en bordure du fleuve, de l'estuaire, du golfe du Saint-Laurent et en régions montagneuses (Laurentides, Cantons de l'Est, Charlevoix et Gaspésie). Le Nunavik est le territoire le plus sec, en particulier en hiver en raison des basses températures.

Sur la base des graphiques d'évolution de 1961 à 2100, on constate une hausse des précipitations en hiver dans les quatre régions types. Le nord, en particulier, connaîtra les plus fortes progressions en toutes saisons. En été, dans le sud, on anticipe même une légère diminution. Les régions de l'est ainsi que les régions centrales montrent peu de changement en été et en automne. Les changements au printemps sont plus modérés que ceux d'hiver.

Les résultats de la figure 10 illustrent des augmentations partout à l'hiver et au printemps, de l'ordre de 10 à 20 %. Donc, il est très probable que les précipitations de neige augmentent. L'été et l'automne n'indiquent aucun changement, sauf au nord. Les incertitudes sont du même ordre de grandeur pour toutes les saisons et les régions, soit environ 10 %.

Les mesures de précipitations confirment les simulations. Avec des données de 1953 à 2005 sur le Canada, on rapporte une faible augmentation des précipitations totales¹³. Les moyennes sont actuellement en hausse, surtout dans le nord. D'autres simulations ont confirmé que les précipitations augmenteront au Nunavik; les plus fortes augmentations prévues sont pour les mois d'hiver, de printemps et d'automne.

Dans le nord, l'intensification des précipitations augmentera le couvert de neige, ce qui compromettra le pergélisol et provoquera des glissements de terrain¹⁴. Ce phénomène a d'ailleurs déjà été observé pour les 50 dernières années¹⁵. C'est l'enneigement qui, à court et à moyen termes, constitue le principal facteur à l'origine de la déstabilisation des sols au Nunavik.

3.3 Changements sur d'autres variables météorologiques

Les changements climatiques ont aussi été évalués pour les variables météorologiques suivantes (la plupart ont été tirées du Code national du bâtiment) :

- précipitations maximales quotidiennes par saison
- cumul de neige au sol
- fréquence des épisodes de canicule
- fréquence de dépassement du seuil de 40 unités du facteur humidex
- degrés-jours de chauffage

- degrés-jours de climatisation
- humidité spécifique
- humidité relative
- flux solaire incident
- vent moyen et vent maximal sur 24 heures

Les résultats sont présentés par année ou par saison, sous forme graphique à barres pour l'ensemble des régions sociosanitaires. Les valeurs numériques sont détaillées en annexe. Les changements climatiques sont toujours calculés en fonction de la période de référence 1961-1990.

3.3.1 Précipitations maximales quotidiennes par saison

Cette variable désigne l'accumulation maximale de précipitations (en millimètres, équivalent en eau), sur une durée de 24 heures, produite dans le mois. Ces maximums sont compilés sur les deux périodes de 30 ans (p. ex. la moyenne des 30 mois de janvier de 1961-1990 et de 2010-2039). Puis, les deux horizons sont comparés en calculant le ratio climat futur/climat passé. Finalement, les 12 ratios mensuels sont moyennés par saison.

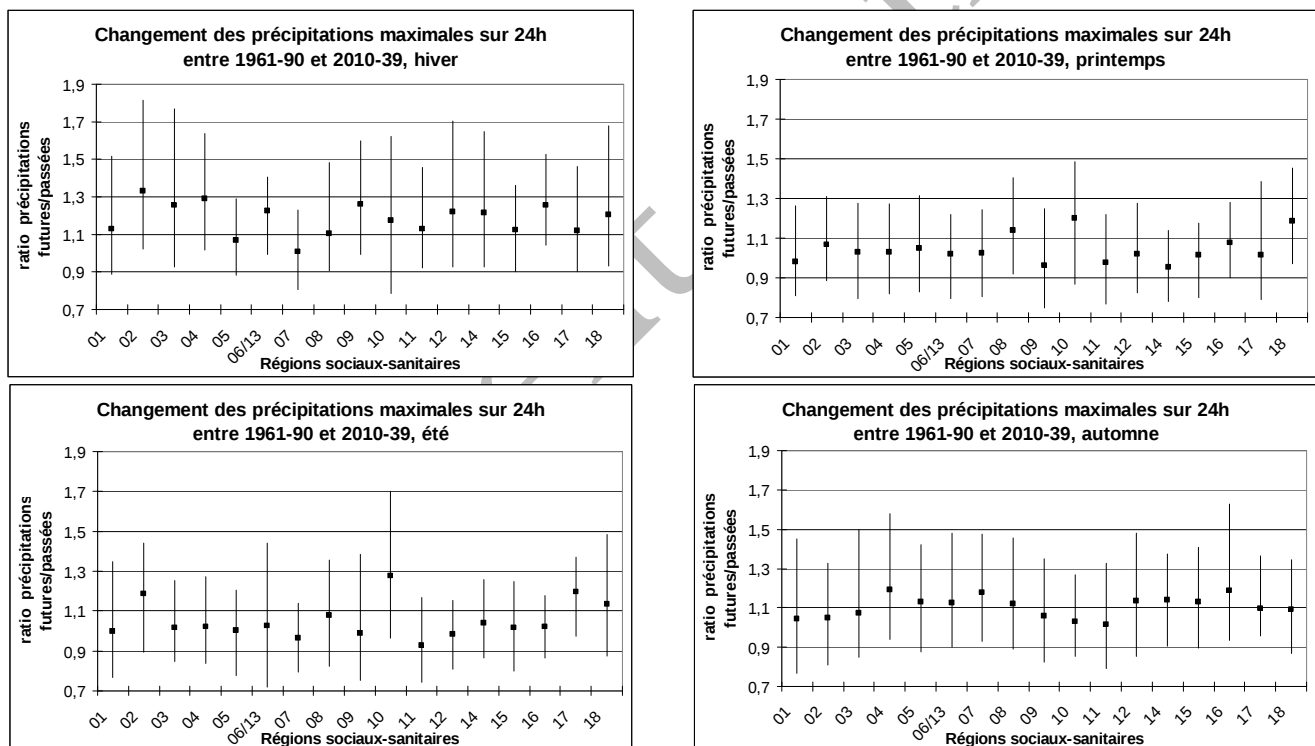


Figure 11 : Changement dans les précipitations maximales sur 24 h par saison et pour toutes les régions

Les simulations du MRCC indiquent une grande variabilité selon les régions. Par exemple, en hiver, les changements projetés varient de 0 à 30 % (en ne considérant que les moyennes de simulations). Pour le printemps et l'été, les régions nordiques indiquent des augmentations, les régions côtières de l'est de faibles diminutions, puis les régions du sud de la province, elles, aucun changement (ratio de 1). En automne, la plupart des régions présentent des augmentations semblables (de 5 à 20 %).

En considérant l'étendue des barres, on constate qu'elles traversent souvent la valeur 1, ce qui signifie que l'incertitude des résultats est plus grande que les changements anticipés pour l'horizon 2010-2039. Il faut

néanmoins garder à l'esprit que les extrêmes sont mal reproduits par les modèles climatiques en raison de leur résolution. Les quantités simulées sous-estiment habituellement la réalité.

Dans la littérature, on anticipe une augmentation de la fréquence des précipitations extrêmes pour le milieu du 21^e siècle, sur le sud du Québec¹⁶. On prévoit ainsi des impacts sur la production d'électricité, les infrastructures de drainage municipales, la gestion de l'eau potable, l'agriculture et les écosystèmes riverains, de même qu'une augmentation des glissements de terrain et de l'érosion côtière.

3.3.2 Cumul de neige au sol

Le cumul maximal de neige au sol est une variable calculée quatre fois par jour par le MRCC. Outre les précipitations neigeuses, le modèle tient compte de la fonte : quand le sol n'est pas gelé en automne, quand le printemps arrive ou durant les redoux en hiver. Le cumul tient aussi compte du tassement de la neige par le vieillissement ou la pluie.

À chaque intervalle de calcul, le MRCC déduit une épaisseur de neige sur chaque tuile (surface de calcul de 45 km x 45 km). À l'évidence, la réalité est bien moins homogène. Cette faiblesse, due à la résolution, fait en sorte que l'incertitude est plus grande au printemps et à l'automne (quand le couvert de neige est partiel). Le caractère très local et à court terme de l'apparition/disparition de la neige n'est pas bien capté par le MRCC. Toutefois, puisque chaque région contient plusieurs tuiles qui peuvent avoir des cumuls de neige différents, une certaine variabilité est générée dans les résultats.

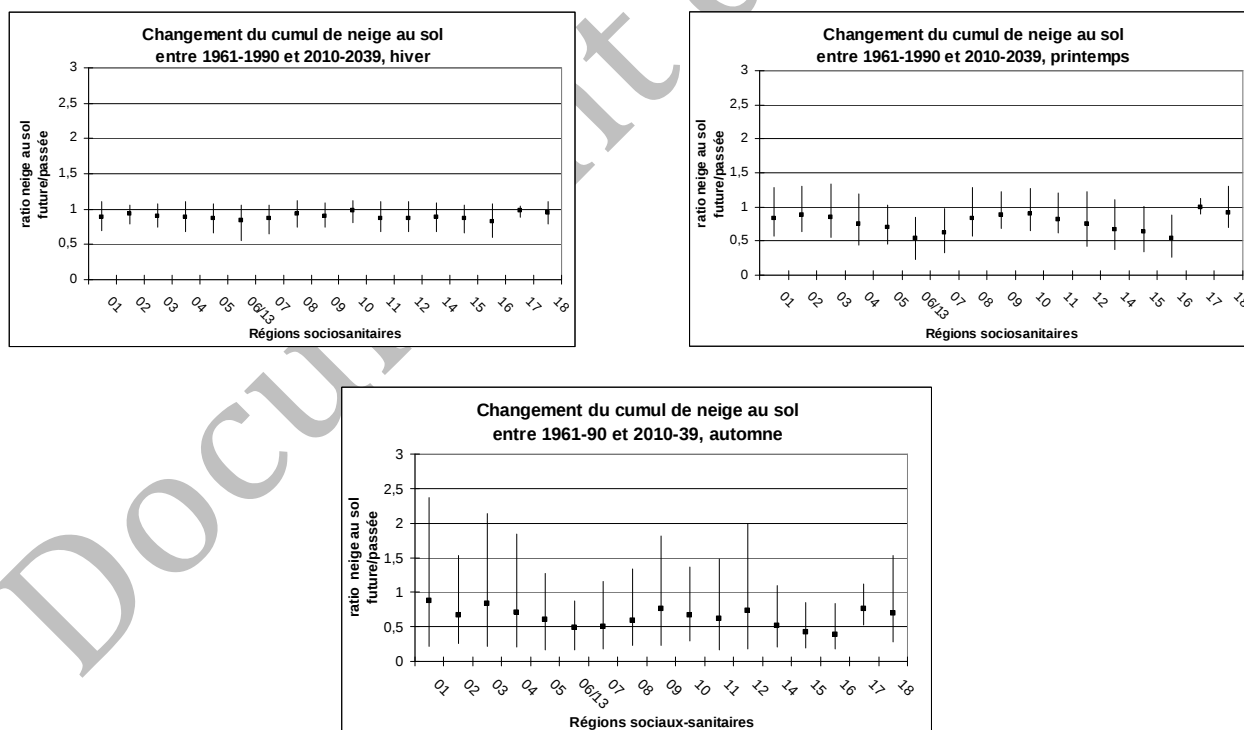


Figure 12 : Changement du cumul de neige au sol pour l'hiver, le printemps et l'automne, et pour toutes les régions

Les résultats de la figure 12 indiquent que, malgré une augmentation des précipitations en hiver (voir section 3.2.3), l'épaisseur de neige au sol diminuera. En effet, les températures à la hausse (voir section 3.2.1), les pluies et les redoux d'hiver, les printemps hâtifs de même que les automnes tardifs induiront de la fonte et du ruissellement.

Les simulations indiquent toutefois que cette diminution ne sera pas significative dans un futur rapproché, sauf au printemps et à l'automne dans les parties les plus au sud de la province. En fait, la neige au sol disparaîtra plus tôt au printemps et tardera à apparaître à l'automne. L'hiver sera plus court.

Les changements en hiver, bien que faibles, indiquent une grande robustesse (toutes les simulations donnent le même résultat). La fourchette des résultats de printemps et d'automne est plus grande pour la raison expliquée plus haut.

D'autres études arrivent à des constats similaires en ce qui concerne la diminution de l'épaisseur de neige due aux pluies et aux redoux hivernaux, lesquels sont plus fréquents dans le sud de la province¹⁷. La fonte de la neige a pour effet d'hâter et de diminuer la pointe des crues printanières dans les rivières. On s'attend à une atténuation des inondations dans le sud et sur les côtes de la province. La gestion et la qualité de l'eau en seront affectées¹⁸.

Au Nunavik, la fonte de la neige entraînera une accélération de la fonte du pergélisol (augmentation du flux de chaleur par conduction de l'eau). En plus, les mares et les flaques sont propices au soulèvement gélival en hiver, ce qui endommage les infrastructures. Lorsque la glace du sol est formée par de l'eau salée (près des côtes), le point de congélation est alors plus bas (dégel plus rapide au printemps), ce qui est susceptible d'aggraver le problème. En résumé, le déblaiement de la neige et le drainage seront de plus en plus stratégiques autour des constructions du Nord-du-Québec.

3.3.3 Fréquence des épisodes de canicule

Selon une étude épidémiologique de la Direction de santé publique de Montréal, les canicules sont définies comme suit : $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ et $T_{max} > 33^{\circ}\text{C}$ pendant au moins trois jours consécutifs. Pour appliquer cette définition à des régions autres que Montréal, les seuils de température ont été convertis en percentiles sur la base des données observées de la station météo de McGill-McTavish ($T_{min} > 96,9634^{\text{e}}$ perc. et $T_{max} > 99,9246^{\text{e}}$ perc.). Il est à noter que cette définition est actuellement en cours de révision à l'Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau-Terre-Environnement.

Ces percentiles se traduisent par différents seuils de température selon les régions. Par exemple, les habitants de Salluit peuvent subir des canicules, même si les températures maximales dans cette région n'atteignent jamais les 33°C . Les humains réagissent différemment à une même température, selon leur milieu de vie. Ainsi, les populations du nord souffrent davantage d'une hausse des températures, n'y étant pas acclimatées, alors que les Québécois du sud sont plus exposés à la répétition des épisodes de chaleur accablante¹⁹.

La figure 13 illustre le changement moyen des occurrences de canicules.

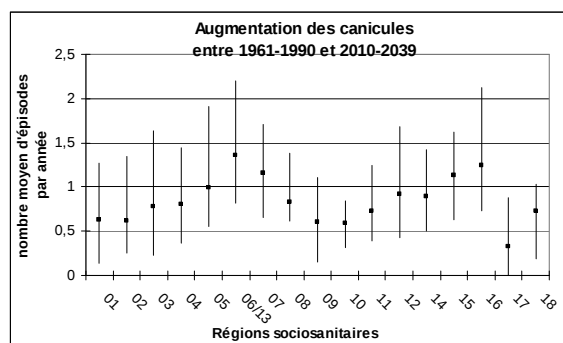


Figure 13 : Changement du nombre d'épisodes de canicule par été, pour toutes les régions

Il est évident que l'augmentation anticipée des températures en été favorisera les canicules (voir sections 3.2.1 et 3.2.2). La définition utilisée implique non seulement des températures chaudes, mais aussi persistantes. Les régions du sud seront les plus touchées (environ 1 épisode de plus par an). Celles de la côte est et du nord ne verront que peu de changement sur cet horizon futur (moins de 1 épisode). Selon le MRCC, ces événements se produiront surtout en juillet.

La variabilité des résultats est assez grande (barres d'erreur). Elle est presque aussi élevée que le signal de changement climatique. Les augmentations produites doivent être considérées comme fiables quoique faibles.

La hausse moyenne des températures de même que les épisodes de canicule s'ajouteront aux îlots de chaleur urbains, lesquels accroîtront les risques pour la santé. Entre autres, les personnes avec des problèmes respiratoires et cardiovasculaires sont plus à risque²⁰.

3.3.4 Fréquence de dépassement du seuil de 40 unités du facteur humidex

Le facteur humidex est un indicateur établi par Environnement Canada. Il qualifie le confort des humains en combinant la température moyenne et l'humidité relative quotidiennes^{21 22}. Au-dessus du seuil de 40 unités, Environnement Canada émet des avis publics. Dans ce cas – lequel est plutôt rare – la sensation de malaise est généralisée dans la population. Contrairement aux canicules, le facteur humidex est basé sur des seuils fixes qui ne changent pas avec les régions.

Le graphique de la figure 14 représente la différence entre les épisodes futurs et passés simulés pour chaque région sociosanitaire sur la saison d'été.

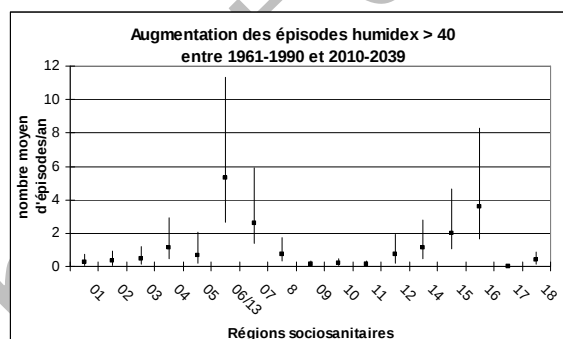


Figure 14 : Changement du nombre d'épisodes où le facteur humidex est supérieur à 40 pour toutes les régions

La plupart des régions du Québec ne subissent pas d'épisodes d'humidex supérieurs à 40. En Montérégie, en Outaouais et à Montréal/Laval, quelques épisodes s'ajoutent. L'augmentation des températures est principalement responsable de cette hausse puisque la variable « humidité relative » ne montre pas de changement dans le futur avec le MRCC (voir section 3.2.9).

On remarque que la longueur de la barre d'erreur augmente, à mesure que le nombre d'épisodes augmente. En effet, dans les régions où ces événements sont possibles, on constate une grande disparité des résultats d'un été à l'autre. Les différentes simulations du MRCC représentent indirectement cette variabilité. En somme, tous les résultats sont robustes.

3.3.5 Degrés-jours de chauffage

Les degrés-jours de chauffage sont définis par la somme des températures moyennes quotidiennes sous 18 °C. On compte un degré-jour de chauffage pour chaque degré dont la température moyenne quotidienne est inférieure à

18 °C. Si la température est égale ou supérieure à 18 °C, le nombre de degrés-jours sera de zéro. Par exemple, une journée dont la température moyenne est de 15,5 °C aura 2,5 degrés-jours de chauffage, et une journée dont la température moyenne est de 20,5 °C aura zéro degré-jour de chauffage.

Les degrés-jours sur toute l'année (au-delà des trois mois qui définissent l'hiver) ont été cumulés. Cette approche a une incidence considérable sur le total, en particulier dans les régions nordiques.

Dans le graphique suivant, il a été choisi de présenter l'économie de degrés-jours de chauffage (une diminution est considérée positive). Il s'agit de la différence entre les degrés-jours simulés dans le passé et ceux simulés pour le futur pour chaque région administrative. Ainsi, même si la Montérégie compte la moitié moins de degrés-jours que Kuujuaq, les changements entre les deux périodes sont du même ordre pour ces deux régions.

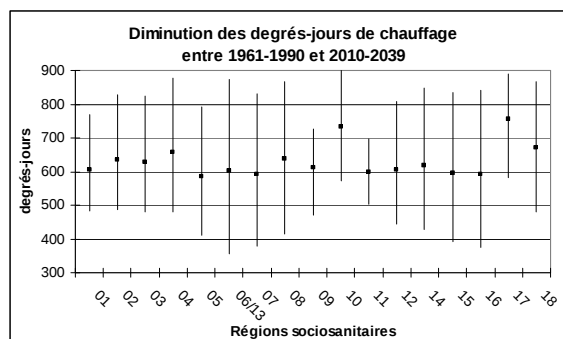


Figure 15 : Changement des degrés-jours de chauffage pour toutes les régions

Le chauffage sera réduit de manière évidente dans le futur. Même en considérant le scénario le plus conservateur (le minimum des sept simulations), la diminution du froid sera d'au moins 350 degrés-jours (Montréal/Laval). Le cas le plus optimiste perd 900 degrés-jours (Nord-du-Québec). En moyenne, la province économisera 600 degrés-jours de chauffage par année. Il n'est pas étonnant de constater que les plus grandes économies sont réalisées dans le nord : les températures y augmenteront davantage (voir sections 3.2.1 et 3.2.2).

Le signal de changement climatique est nettement au-dessus de la variabilité du MRCC. La confiance en ces résultats est très grande.

3.3.6 Degrés-jours de climatisation

Les degrés-jours de climatisation se calculent à partir des températures quotidiennes moyennes au-dessus de 18°C, totalisées sur l'année. On compte un degré-jour de réfrigération pour chaque degré dont la température moyenne quotidienne est supérieure à 18 °C. Si la température est égale ou inférieure à 18 °C, le nombre de degrés-jours sera de zéro. Par exemple, une journée dont la température moyenne est de 20,5 °C aura 2,5 degrés-jours de réfrigération, et une journée dont la température moyenne est de 15,5 °C aura aucun degré-jour de réfrigération.

En cumulant les degrés-jours de climatisation au-delà des trois mois estivaux, on tient compte du réchauffement climatique qui pourrait allonger l'été, et ce, surtout dans les régions du sud du Québec.

Le graphique illustre le changement du cumul annuel moyen des degrés-jours de climatisation entre les deux périodes (1961-1990 et 2010-2039). En d'autres termes, les 30 totaux annuels ont été moyennés pour chaque période et ce sont ces deux moyennes qui sont comparées pour chaque région.

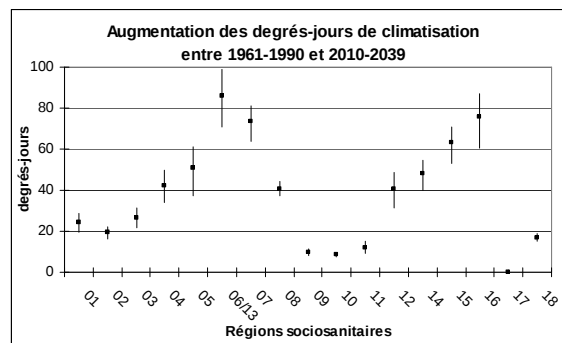


Figure 16 : Changement des degrés-jours de climatisation pour toutes les régions

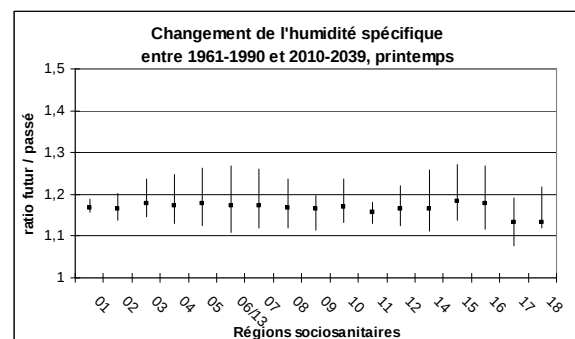
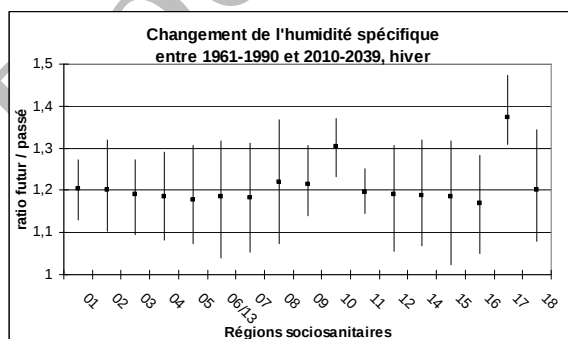
Les changements de degrés-jours de climatisation suivent le patron des températures maximales projetées (section 3.2.2). Ainsi, les régions du sud connaîtront davantage de réchauffement alors que les régions nordiques et maritimes montrent les plus faibles augmentations. Dans le Québec méridional, la climatisation pourrait atteindre jusqu'à 100 degrés-jours de plus par année. Quant au Nunavik, aucune climatisation n'a été requise dans le passé, et aucune ne semble à prévoir dans le futur. Dans la plupart des régions, le bilan annuel de chauffage et de climatisation réduira la demande énergétique car le climat s'adoucit davantage en hiver qu'il ne se réchauffera en été. La figure 16 indique une très grande confiance dans les résultats (peu de variabilité entre les simulations du MRCC).

Une étude récente d'Ouranos confirme que la province connaîtra une diminution des degrés-jours de chauffage de 13 % et une augmentation de 90 % de ceux de climatisation vers 2030. Et si l'on considère qu'au Québec, 18,2 % de la demande énergétique est actuellement destinée au chauffage, alors que 1,8 % est consacrée à la climatisation, la demande énergétique globale diminuera.

3.3.7 Humidité spécifique

L'humidité spécifique est définie comme la masse d'eau sous forme gazeuse (en kg) dans un kilogramme d'air humide. C'est une quantité sans unité qui traduit explicitement le contenu en eau de l'atmosphère. L'humidité spécifique ne dépend pas directement de la température, contrairement à l'humidité relative qui change au fil de la journée, même si la quantité de vapeur d'eau dans l'air est constante. L'humidité spécifique augmente lorsque l'évaporation augmente.

Selon les graphiques de la figure 17, le changement de l'humidité spécifique est calculé à partir du ratio futur/passé.



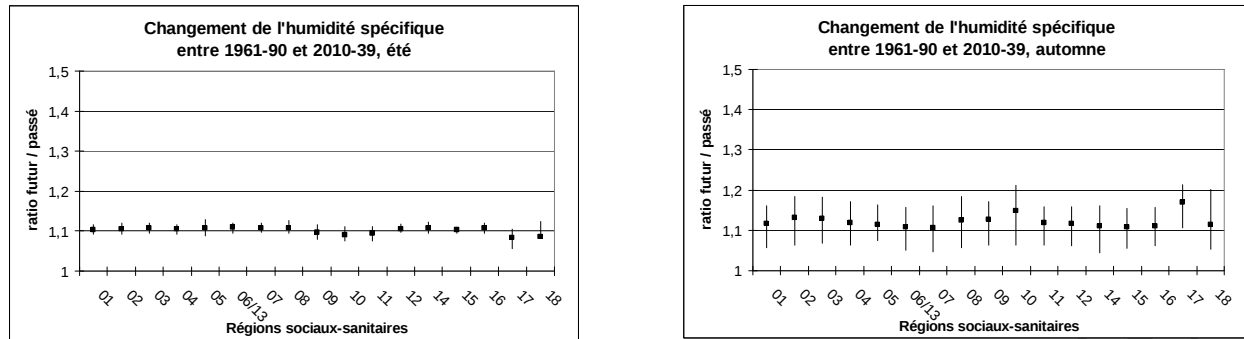


Figure 17 : Changement de l'humidité spécifique par saison et pour toutes les régions

Avec les changements climatiques, on prévoit que l'évaporation sera plus importante car la température augmentera, ainsi que les précipitations à l'hiver et au printemps (voir section 3.2). C'est ce qu'illustre la figure 18 : une augmentation en toutes saisons, quoique plus marquée à l'hiver et au printemps. L'humidité spécifique, bien que faible en hiver (la vapeur se condense), augmentera tout de même de manière importante. En raison des fortes hausses de température et de précipitations au Nunavik et dans le Nord-du-Québec, l'augmentation de l'humidité sera de 30 à 40 % en moyenne. Ailleurs, elles seront de l'ordre de 20 % en hiver. Les hausses sont comparables dans toutes les régions sociosanitaires pour les autres saisons : soit de 15 à 20 % au printemps, de 10 % en été, puis de 10 à 15 % en automne.

En été, l'uniformité des simulations pour toutes les régions est frappante. À l'opposé, l'hiver fournit des résultats plus dispersés. Ce comportement est associé à la hausse des températures minimales (voir section 3.2.1). La confiance dans les simulations des saisons charnières se situent entre les deux. Dans tous les cas, les résultats sont robustes.

Il semble y avoir un consensus dans la littérature autour de l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'air depuis la deuxième moitié du 20^e siècle (humidité spécifique et point de rosée). L'augmentation du contenu en eau en Amérique du Nord est actuellement observée pour toutes les saisons, à l'exception de l'automne²³.

3.3.8 Humidité relative

L'humidité relative constitue le rapport entre le contenu en eau de l'air (pression partielle de vapeur d'eau) et sa capacité maximale à en contenir dans ces conditions avant qu'une condensation se produise (pression de vapeur saturante). Plus il fait chaud, plus cette capacité augmente. L'humidité relative est un rapport sans unité qui est habituellement exprimé en pourcentage.

Dans la présente étude, le changement d'humidité relative est le ratio entre le pourcentage futur et le pourcentage passé, moyenné sur 30 ans. La figure 18 illustre ce ratio.

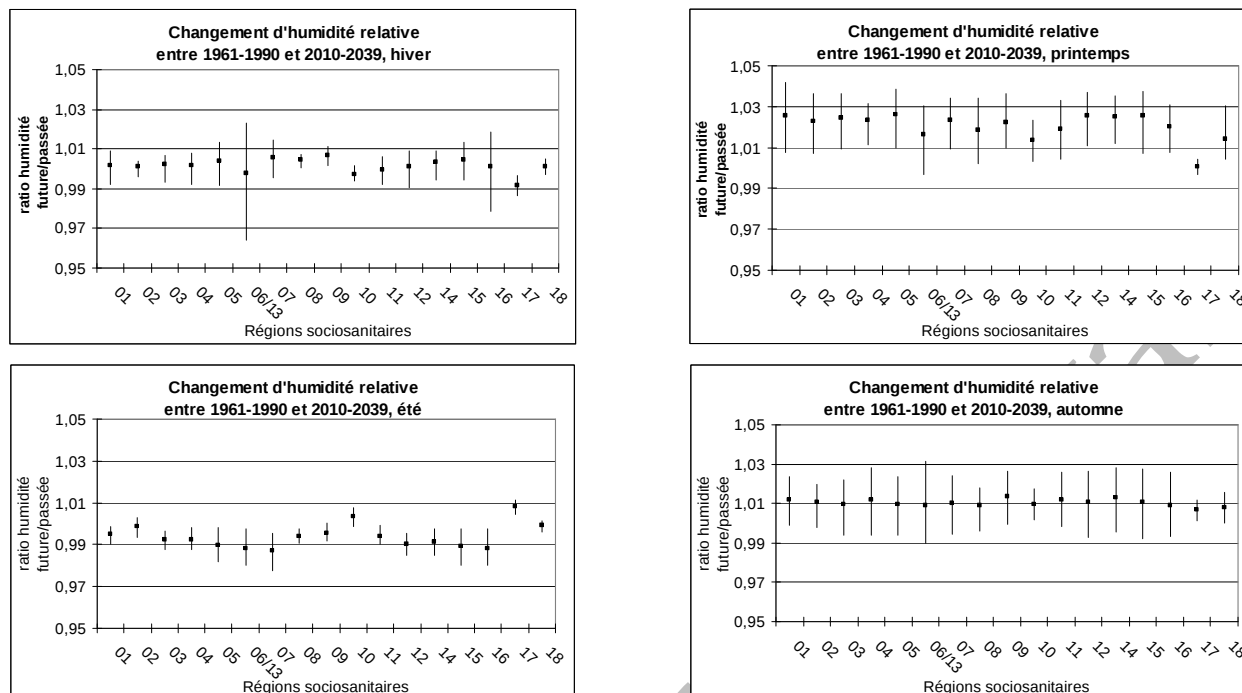


Figure 18 : Changement de l'humidité relative moyenne par saison et pour toutes les régions

On prévoit une hausse du contenu en eau dans l'air (voir section 3.3.8), mais aussi à une hausse de la capacité de l'air à contenir cette eau. Les deux phénomènes constituant le ratio de l'humidité relative, on s'attend à ce que ces effets s'annulent et que les résultats s'approchent de 1. En effet, dans la figure 19, on note peu (ou pas) de changement sur l'humidité relative, et ce, peu importe la saison ou la région. Le printemps et l'automne semblent donner un signal très faible (de 1 à 3 % d'augmentation). Les fluctuations quotidiennes naturelles de l'humidité relative rendront imperceptible ce changement.

Les différentes simulations du MRCC font consensus, malgré la faiblesse du signal, surtout à l'été et à l'hiver. Comme dans la plupart des graphiques à barres précédents, la dispersion sur Montréal/Laval ne constitue pas le reflet d'une plus grande incertitude, mais d'un moins grand nombre de tuiles pour qualifier cette région (explications en annexe).

On possède peu d'information sur la performance des modèles à bien simuler l'humidité car les données d'observation sont partielles et hétérogènes. Dans la majorité des modèles, l'humidité relative demeure constante dans le futur car c'est la même équation qui est utilisée. En particulier en Amérique du Nord, l'humidité relative ne montre pas de tendance significative.

3.3.9 Flux solaire incident

Le flux solaire incident est le rayonnement d'ondes courtes qui atteignent la surface du sol. En d'autres termes, c'est essentiellement la fraction de la lumière du soleil qui n'est pas réfléchi par les nuages. Cette variable fournit donc un indice de l'enneigement. Avec le MRCC, elle s'exprime en watts/m². Dans la présente étude, le changement du flux solaire est le ratio entre le futur et le passé.

La figure 19 illustre le changement du flux solaire incident pour les quatre saisons.

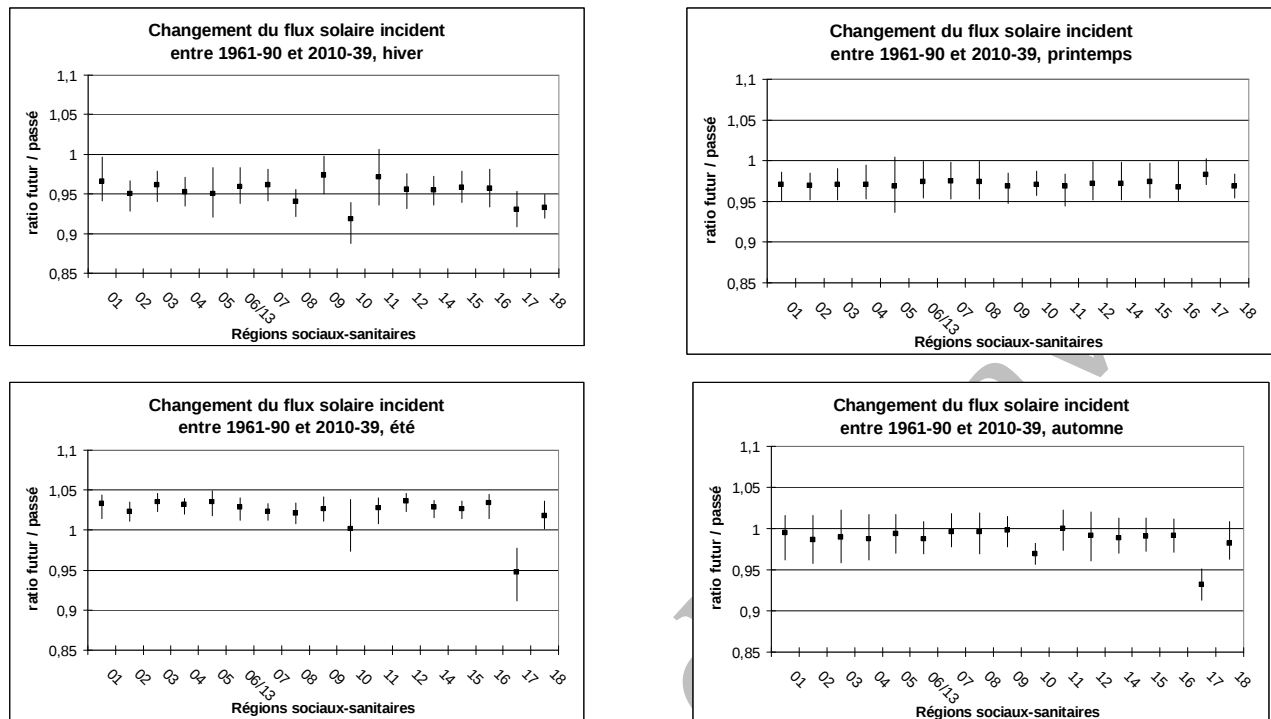


Figure 19 : Changement du flux solaire incident moyen par saison et pour toutes les régions

Les graphiques indiquent des changements inférieurs à 5 % pour la plupart des régions, toutes saisons confondues. Ce résultat est trop faible pour en conclure un changement. Toutefois, il est raisonnable de déduire que l'augmentation des précipitations en hiver et au printemps, surtout dans le nord (voir section 3.2.3), se traduira par une couverture nuageuse plus importante et, par conséquent, par une diminution du rayonnement solaire, ce que les graphiques ci-dessus tendent à démontrer (ratio légèrement inférieur à 1 pour le Nord-du-Québec et le Nunavik).

Il est à noter qu'à l'échelle régionale, ce paramètre local est mal représenté par le MRCC. En effet, les modèles climatiques ne sont pas très habiles à générer adéquatement les nuages, hautement variables dans le temps et dans l'espace. Comme pour l'humidité, on possède peu d'observations sur les nuages et sur le flux solaire afin de valider et d'améliorer la performance des modèles.

3.3.10 Vent moyen et vent maximal sur 24 heures

Le vent moyen se définit comme la vitesse du vent à 10 mètres, en mètres/seconde, moyenné par jour, par mois, puis par saison, sur 30 ans. Selon le MRCC, les vents moyens et les rafales ne changeront pas pour l'horizon 2010-2039, et ce, quelles que soient la saison et la région. Les changements sont inférieurs à 5 % (voir en annexe). L'augmentation des extrêmes de précipitations (section 3.3.1) laisse présumer que la réalité sera différente (davantage de tempêtes et d'orages). Les modèles de simulation climatiques ne sont en effet pas appropriés pour représenter adéquatement l'amplitude et la variabilité spatiale du vent. Une étude plus approfondie, possiblement avec un autre outil, pourrait conduire à un meilleur pronostic.

Dans la littérature, on ne décèle pas non plus d'évolution significative du vent au cours du 21^e siècle. Les observations de vent analysées dans le golfe du Saint-Laurent sur la période s'échelonnant de 1953 à 2002 expriment même une baisse de la vitesse moyenne des vents, des extrêmes et de la variabilité^{24 25}.

3.4 Autres effets des changements climatiques

D'autres paramètres météorologiques dérivés qui ont un effet sur les bâtiments ou sur leurs occupants ont été identifiés. Ils ne sont pas issus de sorties directes des modèles de simulation et sont traités ici de manière non quantitative, sur la base de la littérature scientifique existante :

- qualité de l'air
- pergélisol
- hydrologie et qualité de l'eau
- niveau de la mer et érosion côtière
- tempêtes
- feux de forêt

3.4.1 Qualité de l'air

L'augmentation des émissions de polluants dans le nord-est des États-Unis et autour des Grands-Lacs, de même que l'augmentation des températures et la diminution des précipitations anticipées pour le sud du Québec durant le 21^e siècle généreraient des niveaux élevés de pollution atmosphérique dans la vallée du Saint-Laurent²⁶. On anticipe une hausse des concentrations ambiantes d'ozone (composante du smog) avec l'augmentation des températures. De plus, avec les vents dominants, la population québécoise serait exposée aux polluants issus des incendies dans l'ouest et au sud du continent²⁷, plus particulièrement des États-Unis.

L'augmentation de la température et de l'humidité pourrait contribuer à augmenter les concentrations de pollens, de poussières et de moisissures dans certaines régions, puis à amplifier les troubles respiratoires et les allergies²⁸. Plus spécifiquement, une étude sur la période 1994-2002 a montré un allongement de la saison de croissance des plantes allergènes, l'accroissement des concentrations de pollens ainsi qu'une augmentation du taux moyen de consultations médicales pour la rhinite allergique et l'asthme dans la région de Montréal. Ces résultats permettent de penser que la population affectée par les allergies au pollen augmentera au cours des prochaines décennies dans cette région²⁹.

3.4.2 Pergélisol

Le réchauffement du climat au cours de la dernière décennie a certes contribué à hausser les profils thermiques du sol à la grandeur du Nunavik et à faire pénétrer le front de dégel annuel plus profondément, conduisant à un état de déstabilisation et initiant des tassements. La neige joue aussi un rôle déterminant; elle assure une isolation thermique de la surface, contribuant à dégeler le pergélisol. Autrement dit, la couche de mollisol s'approfondit. Aux endroits où le couvert de neige est le plus épais, la végétation arbustive prolifère et accentue l'effet de la neige.

On a observé une réduction d'environ 35 % de la surface du pergélisol dans la zone discontinue à l'est de la baie d'Hudson entre 1957 et 2005, ce qui a pour résultat la formation de centaines de mares de thermokarst et de dépressions arbustives. Les mares de thermokarst ont été identifiées comme étant une source significative d'émission de gaz à effet de serre (méthane), laquelle contribue à accentuer le réchauffement climatique.

Les affaissements ou les glissements de terrain observés compromettent l'usage de certaines infrastructures de transport. Les constructions installées sur le roc sont moins sujettes à ces dégradations. Les constructions situées

dans les vallées cumulent habituellement davantage de neige, ce qui accentue le problème. Qui plus est, lorsque le sol est constitué de sédiments meubles contenant des lames de glace, les affaissements et les refoulements d'eau sont courants lors du dégel du sol.

3.4.3 Hydrologie et qualité de l'eau

Une baisse des réserves d'eau souterraine est anticipée. En effet, les projections climatiques annoncent des précipitations moins fréquentes dans le sud l'été, quoique plus abondantes. Or, les pluies fortes et intenses provoquent un fort ruissellement et sont moins efficaces à reconstituer les nappes souterraines que les pluies plus longues et régulières (le sol ne pouvant absorber qu'une certaine quantité d'eau durant une courte période). Entre 1976 et 2005, on peut déjà observer une baisse dans les réserves d'eau souterraine au Québec, le long des tributaires du Saint-Laurent³⁰.

Le régime anticipé de précipitations pourrait aussi accentuer les sécheresses, faisant conséquemment baisser le niveau et le débit des eaux de surface, puis diminuer en quantité et en qualité nos réserves d'eau (utilisées aux fins de boire, de faire pousser les récoltes et de se divertir), voire, ultimement, faire augmenter les conflits d'usage.

Selon les modèles de simulation, la disponibilité en eau serait potentiellement problématique en été au sud du Québec. Il en découlerait aussi des impacts sur la qualité de l'eau³¹.

On craint un accroissement des besoins en irrigation dans le sud du Québec, où les précipitations ne seront pas suffisantes pour compenser l'augmentation de l'évaporation due à la hausse des températures. Certains cours d'eau seront incapables de supporter ces augmentations de la demande sans violation des limites de prélèvements prescrites par les normes environnementales.

Les précipitations projetées provoqueront en rivière des écoulements plus soutenus en hiver, des crues de printemps devancées (10 à 15 jours au sud, 5 à 10 jours dans le nord et sur les côtes), des débits journaliers plus variables, des étiages plus sévères et plus longs, de même que des crues estivales et automnales plus importantes. Au nord, les volumes annuels augmenteront de 10 à 15 %. Au sud, la durée des crues augmentera de 3 à 7 jours. Ces phénomènes se répercuteront sur la gestion et sur la qualité de l'eau.

Le fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et le lac Saint-Pierre est un secteur d'eau douce sans marée. Les changements climatiques occasionneraient, entre autres conséquences, la diminution des débits des deux principaux affluents de ce tronçon (la rivière des Outaouais et le Saint-Maurice), et l'accès à une eau de qualité en serait compromis.

En milieu urbain, le ruissellement et les débits de pointe seront en hausse. Les déversements directs en milieu récepteur seront aussi plus nombreux, détériorant la qualité de l'eau³². On anticipe davantage de refoulements d'égouts étant donné la capacité de drainage des infrastructures actuelles (diamètre des conduites). Les inondations subites pourraient devenir plus fréquentes.

Récemment, un accroissement des épisodes de cyanobactéries au Québec a été observé. L'eau potable de certaines municipalités, issue de lacs ou de rivières, contient plus de toxines que ne le prescrit la norme de l'Organisation mondiale de la santé. Compte tenu des changements climatiques, de la hausse des températures et du ruissellement, de même que de la prolongation de la saison de croissance, les concentrations de toxine risquent d'augmenter. Environ 20 % des installations de traitement des eaux de surface du Québec peuvent, à l'heure actuelle, satisfaire au critère de conception proposé pour l'anatoxine-a³³.

Les changements climatiques pourraient faire augmenter les états pathologiques liés à la contamination de l'environnement par les bactéries, les virus et les parasites. La contamination de l'eau et les problèmes qui affectent les réserves de nourriture sont aussi des sources de préoccupation.

3.4.4 Niveau de la mer et érosion côtière

La portion du fleuve en aval de l'île d'Orléans est actuellement soumise à une hausse du niveau de ses eaux, ce qui a pour effet d'accentuer le phénomène d'érosion, éventuellement amplifié par le réchauffement climatique. En 2007, le GIEC indiquait que la hausse du niveau moyen des océans a été de 17 cm pendant le 20^e siècle. Cette hausse se manifeste dans le Golfe et l'Estuaire du Saint-Laurent jusqu'à Québec et possiblement jusqu'à Trois-Rivières.

Les chercheurs prévoient une hausse du niveau de la mer et une augmentation des événements extrêmes tels que les surcotes (marées) et les tempêtes violentes (vagues). De surcroît, avec une hypothèse de réchauffement moyen de 2 °C, une simulation des glaces de mer dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent indique une diminution importante de l'épaisseur et de la couverture de la glace en hiver. Ces phénomènes favoriseraient l'érosion et les dommages côtiers, particulièrement là où les sédiments sont sablonneux³⁴.

Selon le scénario le plus probable, les projections climatiques indiquent un recul significatif des côtes sablonneuses et des falaises de la Côte-Nord, de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine. On anticipe que la marge actuelle prévue par la politique de protection des rives (10 ou 15 m) ne sera plus adéquate d'ici le milieu du 21^e siècle et impliquera une révision de l'aménagement côtier. La disparition progressive des territoires non urbanisés, lesquels agissent comme tampons lors d'événements météorologiques extrêmes, augmentera la vulnérabilité des zones aménagées adjacentes³⁵.

La période 1996-2006 présente déjà des taux importants de recul des côtes et de diminution de la largeur des plages. Certaines falaises ont également subi un dérochement par le ruissellement et l'écoulement souterrain dus à des événements de pluie intenses l'été. Les pluies hivernales ont aussi pour effet d'activer les processus de gélifraction et de suffosion dans les falaises. Les ouvrages de protection érigés jusqu'à présent ont entraîné une diminution des plages. Cependant, le sable a pour effet d'absorber l'énergie des vagues de tempête. La réduction des plages augmente donc la vitesse de recul des côtes³⁶.

3.4.5 Tempêtes

Les changements climatiques prévus pourraient accroître le nombre d'événements violents estivaux car un climat plus chaud et humide est propice au développement d'orages. Par ailleurs, des régions jusqu'ici relativement épargnées pourraient désormais être touchées.

Les cyclones aux latitudes moyennes sont importants pour les régions côtières nord-américaines puisque les plus intenses sont souvent associés à de forts vents, à des précipitations intenses et à des vagues d'envergure. Les simulations pour le futur indiquent un faible changement (statistiquement non significatif) dans la trajectoire des tempêtes dominantes de l'Atlantique, une diminution de la fréquence des cyclones le long de la côte est canadienne, ainsi qu'une diminution de l'intensité des dépressions faibles (jusqu'à 11 %) dans cette région³⁷. En d'autres termes, les tempêtes seront moins fréquentes, quoique possiblement plus intenses.

Le Québec ne sera pas la cible d'ouragans dans le futur; les modèles climatiques projettent peu ou pas de changement dans la distribution géographique des ouragans. Une incertitude persiste toutefois quant à leur force

dans le climat futur. Ceci dit, il est possible qu'avec une augmentation du niveau de la mer, les ouragans qui frappent les provinces maritimes causent plus d'érosion et d'inondations³⁸.

3.4.6 Feux de forêt

Les conséquences potentielles du temps violent d'été pourraient se traduire par une fréquence accrue des incendies allumés par la foudre. De plus, les simulations sur les températures, sur l'évaporation et sur le drainage des sols suggèrent que les changements climatiques pourraient créer des conditions de sécheresse plus favorables aux incendies forestiers, puis entraîner une augmentation de l'aire brûlée et du nombre de feux. Les feux de printemps seraient moins fréquents³⁹. Les changements calculés à partir du MRCC montrent une légère augmentation de l'indice de sécheresse dans le sud et sur les côtes du Saint-Laurent pour l'horizon 2041-2070⁴⁰.

3.5 Résumé des changements climatiques et de leurs impacts potentiels

Inspiré d'un tableau du GIEC, des simulations et de la revue de littérature, le tableau ci-après rassemble les changements climatiques qui ont un impact significatif et résume les conséquences anticipées sur divers domaines liés aux immeubles et à leurs occupants.

Certains changements sont généralisés à la grandeur de la province, d'autres affectent plus particulièrement le nord du Québec, soit le territoire situé au-dessus du 56^e degré de latitude, ou bien le sud, lequel territoire est localisé sous le 48^e degré de latitude.

Le tableau 3 indique le niveau de confiance entourant ces changements. Les conséquences anticipées marquées d'un crochet font l'objet d'une étude plus détaillée à la section 4, *Vulnérabilité des immeubles*.

Tableau 3 : Impacts potentiels des changements climatiques

Changements climatiques	Probabilité	Conséquences anticipées
Hausse des températures minimales, surtout dans le nord, en hiver	Presque certain	✓ redoux hivernaux et cycles de gel et dégel plus fréquents ✓ hausse des épisodes de pluie hivernale ✓ augmentation du contenu en eau de la neige au sol - réduction du nombre de vagues de froid - fonte de la neige plus hâtive au printemps - diminution de la longueur de la saison de gel - augmentation de la longueur de la saison de croissance - réduction de la couverture/épaisseur de la glace de mer
Hausse des températures maximales, surtout dans le sud, en été	Très probable	✓ augmentation du nombre et de la surface des îlots de chaleur ✓ augmentation du nombre et de la durée des canicules ✓ augmentation de la fréquence et de la durée des sécheresses ✓ fonte du pergélisol ✓ tassements et glissements de terrains dans le nord ✓ détérioration de la qualité de l'air ✓ détérioration de la qualité de l'eau ✓ augmentation des épisodes avec indice humidex supérieur à 40 - migration vers le nord de maladies infectieuses, éclosion de parasites - augmentation de l'exposition aux UV
Hausse de l'humidité spécifique dans le nord, en hiver	Très probable	- prolifération des moisissures, des champignons et de certains parasites
Hausse des précipitations en hiver, surtout dans le nord	Presque certain	✓ fonte du pergélisol ✓ tassements et glissements de terrains ✓ inondations
Diminution des précipitations en été dans le sud et augmentation de l'évaporation	Très probable	✓ détérioration de la qualité de l'air ✓ augmentation des épisodes avec indice humidex supérieur à 40 ✓ augmentation de la fréquence et de la durée des sécheresses ✓ détérioration de la qualité de l'eau - étiages plus sévères et plus longs - diminution de la quantité d'eau de surface et souterraine - accroissement des besoins en irrigation - risques d'incendies plus élevés
Diminution du cumul neige au sol	Très probable	- diminution et devancement de la crue printanière - augmentation de la saison de croissance
Élévation du niveau de la mer	Probable	✓ érosion côtière ✓ inondations - salinisation des eaux du fleuve
Précipitations plus intenses	Probable	✓ temps violent plus fréquent ✓ inondations, problèmes de drainage et de gestion de l'eau potable ✓ détérioration de la qualité de l'eau ✓ glissements de terrains ✓ érosion côtière - hausse du ruissellement et érosion des sols agricoles - salinisation des eaux du fleuve - baisse du niveau des nappes souterraines - crues estivales plus importantes

Légende :

Presque certain > 99 % / Très probable > 90 % / Probable > 66 %

SECTION 4 – Vulnérabilité des immeubles

À la lumière des changements anticipés exposés au chapitre précédent, on note qu'une probabilité plus élevée de l'occurrence d'aléas climatiques plus intenses ou plus fréquents que par le passé pose théoriquement un risque additionnel pour les immeubles et pour leurs usagers. Les immeubles ou les composantes d'immeubles les plus vulnérables à la manifestation des aléas climatiques pourraient subir des dommages plus étendus, plus fréquents ou plus rapides. Quels sont donc les points les plus vulnérables du parc immobilier du RSSS ? La réponse à cette question varie d'un immeuble à l'autre en raison notamment de sa localisation, de ses caractéristiques physiques, de son âge, de son état ou de sa fonction. Il est cependant possible de définir un profil de vulnérabilité d'ordre général, purement théorique, lequel a pour but de servir de base pour un exercice de réflexion spécifique plus approfondi. C'est l'objet du présent chapitre.

4.1 Définition de la vulnérabilité

La vulnérabilité représente une condition qui résulte de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, et laquelle prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages. La vulnérabilité d'un immeuble, d'une composante de l'immeuble ou de ses occupants à un ou à plusieurs aléa(s) climatique(s) est surtout déterminée en fonction de son degré d'exposition et de sa sensibilité :

- Le **degré d'exposition** réfère à la quantité d'éléments exposés, à la proximité de l'aléa et à la durée de l'exposition. Une composante majeure de l'immeuble en contact rapproché avec l'aléa pendant une longue période est considérée comme plus exposée qu'une autre composante mineure, exposée indirectement et pendant peu de temps;
- La **sensibilité** dénote la mesure dans laquelle un élément exposé est susceptible d'être affecté par la manifestation d'un aléa climatique. Un élément exposé est jugé sensible s'il subit lui-même des effets négatifs notables, ou si sa performance insuffisante cause des inconvénients non négligeables aux occupants de l'immeuble.

Une composante n'est pas vulnérable du seul fait de son exposition ou de sa sensibilité; il faut que les deux caractéristiques soient présentes. En effet, une composante très exposée mais non sensible n'est pas vulnérable, de même qu'une composante sensible mais non exposée. En pratique, la réduction de la sensibilité d'un élément est souvent le seul moyen d'en réduire la vulnérabilité.

4.2 Profil de la vulnérabilité des immeubles

La finalité d'un immeuble du RSSS est de fournir un environnement intérieur contrôlé, sain et sécuritaire pour ses usagers, et ce, à un coût de cycle de vie optimal. Pour ce faire, la conception de l'immeuble est faite de façon à ce qu'il résiste raisonnablement bien aux aléas climatiques tout au long de sa vie utile. La dégradation graduelle des matériaux ainsi que les rares dommages causés par des phénomènes climatiques exceptionnels sont considérés comme normaux.

L'analyse de la vulnérabilité des immeubles aux changements climatiques ne vise donc pas à évaluer tout ce qui est susceptible de les affecter négativement. Elle vise plutôt à déterminer si certains éléments de l'immeuble sont susceptibles de voir leurs limites dépassées lorsque exposés aux aléas climatiques futurs. Par exemple :

- La durabilité de certains matériaux est-elle susceptible d'être affectée au point de compromettre la performance technique et économique de l'immeuble ?

- La probabilité de dommages majeurs résultant de certaines manifestations météorologiques violentes est-elle en hausse significative ?
- Les paramètres de qualité de l'environnement intérieur sont-ils susceptibles d'être notablement compromis ?

Le tableau et les explications qui suivent présentent le profil théorique de la vulnérabilité des immeubles du RSSS face aux aléas climatiques pertinents identifiés au chapitre précédent. La vulnérabilité est exprimée comme accrue ou non par rapport à la situation moyenne actuelle. Il est important de rappeler que chaque bâtiment est différent, et ce, entre autres en raison de sa localisation, de sa mission, des matériaux qui le constituent, ou de son état d'entretien, pour ne nommer que ces facteurs. La vulnérabilité réelle d'un bâtiment spécifique peut donc être fort différente de ce profil.

Tableau 4 : Profil de vulnérabilité type des immeubles

Divisions Uniformat		Infrastructure	Superstructure	Enveloppe	Toiture	Aménagement intérieur	Plomberie	CVCA	Électricité	Aménagement de remplacement
		A	B10	B20	B30	C	D20	D30	D50	G
Aléas		Bâtiment								
1	Cycles de gel et de dégel plus fréquents			✓	✓					✓
2	Augmentation du contenu en eau de la neige		✓		✓					
3	Canicules plus fréquentes et plus longues			✓	✓			✓		
4	Effet d'îlots de chaleur urbains accru			✓	✓			✓		✓
5	Sécheresses plus fréquentes et plus longues									✓
6	Hausse des épisodes avec humidex > 40							✓		
7	Fonte du pergélisol	✓	✓	✓						✓
8	Détérioration de la qualité de l'air							✓		
9	Détérioration de la qualité de l'eau						✓			
10	Inondations					✓				✓
11	Érosion côtière	✓	✓							✓
12	Glissements de terrain	✓	✓							✓
13	Temps violent plus fréquent			✓	✓				✓	

Pour chaque aléa climatique, les impacts négatifs possibles sur les composantes et sur les systèmes de l'immeuble sont exposés plus en détails ci-après. Les composantes sont identifiées selon la classification de la norme *Uniformat II – ASTM E1557-05 Standard Classification for Building Elements and Related Siteworks*.

1 Cycles de gel et de dégel plus fréquents

B20 Enveloppe extérieure

La hausse des cycles de gel et de dégel en hiver peut affecter certains systèmes de construction et en accélérer le vieillissement. Notamment, sous la pression de l'eau contenue dans la neige et de la formation de glace, il est possible que les ouvrages de béton et de maçonnerie se fissurent et se dégradent plus rapidement. Sous l'effet de l'humidité et de variations de températures, la dilatation et la contraction de certaines composantes de l'enveloppe peuvent entraîner des mouvements et, éventuellement, des fissures ou des gonflements. Les matériaux utilisés dans les constructions récentes ont été conçus et testés en fonction du climat québécois; les systèmes d'enveloppe, étanches à l'eau et perméables à l'air,

réagissent généralement bien aux conditions climatiques. On peut donc supposer que les bâtiments plus âgés, construits selon d'autres méthodes et dont les composantes ont atteint un certain degré d'usure, sont possiblement plus vulnérables au réchauffement des températures en hiver.

B30 Toiture

Lorsque l'eau gèle et se transforme en glace, elle prend de l'expansion. Des forces mécaniques se trouvent alors appliquées sur les matériaux de la couverture, ce qui peut engendrer du mouvement. L'action répétée du gel et du dégel peut causer de la fatigue, de l'abrasion, de même que la rupture de la membrane et du scellant, formant une voie, d'eau. Dans le cas des toitures en pente, ces cycles peuvent provoquer des digues de glace. Ces dernières se forment lorsque la neige fond à la surface du toit, ce qui pousse l'eau à s'écouler jusqu'au rebord du toit en créant une digue. Lorsque de la nouvelle neige fond, l'eau emprisonnée par les digues est sujette à remonter sous les bardeaux et à créer des dommages.

Toutes les toitures sont soumises à l'action du gel et du dégel. Certains matériaux sont plus sensibles que d'autres aux effets répétés de ce phénomène. La vulnérabilité des toitures face aux cycles de gel et de dégel pourrait tendre à diminuer. En effet, la technologie a énormément évolué depuis quelques années et les systèmes de toiture d'aujourd'hui sont beaucoup plus performants que ceux d'autrefois. De plus, la couverture d'un bâtiment nécessite généralement un remplacement tous les 25 ou 30 ans. On peut constater, sans le quantifier, que l'amélioration récente des modes d'installation et de la qualité des matériaux de couverture a un impact beaucoup plus grand que l'évolution des conditions climatiques.

G Aménagement de l'emplacement

L'effet dommageable des cycles de gel et de dégel sur les routes, les trottoirs, les murs de soutènement et les autres aménagements du terrain est bien connu au Québec. La plupart de ces aménagements doivent être rénovés après 15 ou 20 ans. Une plus grande fréquence des cycles de gel et de dégel pourrait avoir une incidence sur le comportement de ces ouvrages. Des mouvements de sol pourraient en résulter. Par ailleurs, l'utilisation de sels de déglacage et l'entretien additionnel découlant de la présence de surfaces glacées pourraient contribuer au vieillissement accéléré des matériaux.

2 Augmentation du contenu en eau de la neige

B10 Superstructure / B30 Toiture

L'augmentation du contenu en eau de la neige au sol, résultant de la hausse des épisodes de pluies hivernales, peut causer l'intensification des charges sur les toitures et, par conséquent, sur leur structure. L'accumulation d'eau mélangée à la neige représente une charge accrue; il peut en résulter des mouvements et des affaissements de la structure, particulièrement de la toiture.

Les bâtiments récents sont conçus en fonction des précipitations anticipées pour chaque région climatique. Par contre, les bâtiments plus âgés, conçus selon des données climatiques historiques et exposés depuis plusieurs années aux aléas hivernaux, peuvent être plus vulnérables à ce changement. Des fissures dans les revêtements intérieurs peuvent être signes de défaillance structurale.

Une neige chargée d'eau peut causer un stress additionnel sur les systèmes de toiture, en plus de l'augmentation de la charge, des problèmes d'écoulement des eaux pluviales peuvent survenir. Ce phénomène combiné à des cycles de gel et de dégel plus fréquents augmente la vulnérabilité des systèmes de toiture.

Les toitures plus âgées sont les plus vulnérables à ce phénomène. Quant aux nouvelles toitures, il est possible de présumer que la performance accrue des nouveaux matériaux combinée à des méthodes de pose améliorées contribuent à en diminuer la vulnérabilité.

3 Canicules plus fréquentes et plus longues

B20 Enveloppe extérieure

Lors de canicules, il y a peu ou pas de refroidissement naturel pendant la nuit et, en l'absence de refroidissement mécanique, la température intérieure grimpe un peu plus chaque jour. Des épisodes de canicule plus longs impliquent donc une hausse de la température intérieure.

Les murs, les fenêtres et les portes extérieurs d'un bâtiment doivent contrôler adéquatement les déperditions de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été. Les gains de chaleur (particulièrement à travers les fenêtres) peuvent être très élevés. Selon l'orientation du bâtiment, l'inconfort dû à la surchauffe peut être rapidement ressenti.

Tous les bâtiments du sud du Québec sont exposés à l'augmentation des épisodes de canicule, particulièrement ceux en milieux urbains soumis au phénomène d'effet d'îlots de chaleur. Parmi ceux-ci, les CHSLD sont spécialement vulnérables en raison de la fragilité de leur clientèle et de l'absence relative de refroidissement dans les unités de vie. La clientèle qui occupe les unités de soins non climatisées en CH est aussi sensible aux effets de la canicule.

B30 Toiture

La toiture est la composante du bâtiment la plus exposée au soleil; sa composition a un effet important sur le contrôle des conditions de confort à l'intérieur du bâtiment. Une toiture peu ou mal isolée engendre un gain de chaleur élevé. À l'inverse, les déperditions thermiques hivernales peuvent être importantes. Dans les deux cas, il s'ensuit une augmentation des coûts de chauffage et de climatisation.

D30 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

Les gains de chaleur à l'intérieur du bâtiment – lesquels proviennent du soleil, de l'introduction d'air chaud par les systèmes de ventilation, de l'éclairage intérieur, des équipements, ainsi que des occupants – doivent être évacués vers l'extérieur, sous peine de voir la température intérieure grimper. La capacité des systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA) à s'acquitter de cette tâche caractérise la vulnérabilité de l'immeuble à cet égard.

Pour les bâtiments climatisés, l'augmentation de la fréquence et de la durée des épisodes de canicule se traduit par une dépense énergétique additionnelle dans la plupart des cas et par une hausse marginale de la température intérieure pour les systèmes dont la capacité de refroidissement est dépassée. Le degré d'exposition du parc immobilier est élevé puisque la vaste majorité des bâtiments du réseau se trouve dans le sud du Québec. Toutefois, la sensibilité est considérée comme faible car, dans bien des cas, aucun effet n'est détectable pour les usagers du bâtiment, la seule conséquence sera l'augmentation de la consommation d'énergie en été. L'impact d'un manque de refroidissement est généralement beaucoup moins important que s'il n'y a pas de refroidissement du tout. Conséquemment, la vulnérabilité des bâtiments climatisés est relativement faible.

Les bâtiments non climatisés, comme la plupart des CHSLD et un nombre considérable d'unités de soins en CH, sont grandement exposés aux effets des épisodes de canicule et aux problèmes de surchauffe. L'exposition est plus élevée dans les régions du sud du Québec, et ce, spécialement en milieu urbain où le phénomène d'îlots de chaleur accentue le problème en empêchant notamment le refroidissement naturel du bâtiment durant la nuit. La clientèle des CHSLD et des CH est fragile et donc considérée comme très sensible à la hausse de la température intérieure. Les systèmes de

ventilation, conçus pour assurer une qualité d'air adéquate, ne sont pas suffisants pour évacuer la chaleur de manière efficace. La faible ouverture des fenêtres des CHSLD (par mesure de sécurité) limite de surcroît la ventilation naturelle. Les CHSLD dotés d'un système de déshumidification – dans la plupart des cas ajoutés aux installations existantes – bénéficient d'une ambiance intérieure plus ou moins tempérée, selon la configuration des systèmes. Les conséquences d'une élévation de la température ambiante intérieure sont inévitables pour les personnes hébergées. La vulnérabilité des bâtiments non climatisés est donc relativement élevée.

4 Augmentation de l'effet d'îlots de chaleur urbains

Les régions les plus touchées par l'augmentation de l'effet d'îlots de chaleur urbain sont celles du sud. Afin d'identifier si un immeuble est situé en zone d'îlot de chaleur, l'INSPQ a mis en ligne un [outil cartographique d'identification des îlots de chaleur urbains au Québec](#).

B20 Enveloppe extérieure / B30 Toiture

L'îlot de chaleur urbain est la différence de température observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes. Des études ont permis d'observer un écart de plusieurs degrés entre les centres urbains et les zones rurales. La réduction de la végétation, l'augmentation de l'imperméabilité des sols, de même que l'augmentation des gaz à effet de serre, contribuent à réchauffer l'air dans les zones urbaines, provoquant l'effet d'îlots de chaleur urbains. Les îlots de chaleur se développent dans les zones qui contiennent un haut niveau de surfaces non réfléchissantes, lesquelles présentent une capacité d'absorption de la chaleur très élevée. Les toitures existantes, dont une bonne proportion est encore revêtue de matériaux foncés, sont en grande partie responsables de l'accroissement des températures en milieu urbain.

En plus des toitures et des surfaces pavées, l'enveloppe du bâtiment peut contribuer à l'effet d'îlots de chaleur urbains. Un revêtement de couleur foncée ou une mauvaise isolation des murs et des toitures contribue à accentuer le gain de chaleur à l'intérieur des bâtiments, voire à occasionner un inconfort.

D30 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

La canicule augmente l'effet d'îlots de chaleur urbains, ce qui accentue la vulnérabilité de l'immeuble. L'introduction d'air plus chaud dans le bâtiment, par le système de CVCA, impose une charge additionnelle au système de refroidissement et, dans le cas d'un bâtiment non climatisé, contribue à faire augmenter la température intérieure. En outre, les bâtiments dont les prises d'air extérieur sont localisées sur des toitures de couleur foncée – lesquelles absorbent une grande quantité de rayonnement solaire et retransmettent une partie de cette énergie à l'air environnant – sont particulièrement exposés au phénomène de réchauffement local.

G Aménagement de l'emplacement

Avec les toitures, les surfaces asphaltées sont les principales causes de l'effet d'îlots de chaleur urbains. L'intensification de l'urbanisation des dernières décennies ainsi que l'usage abondant de matériaux imperméables tels que l'asphalte engendrent des augmentations de températures dans les villes. Parallèlement, la perte progressive du couvert forestier et des sols naturels en milieu urbain impliquent une perte de fraîcheur. En effet, la végétation joue un rôle essentiel de protection contre la chaleur grâce au phénomène d'évapotranspiration. Ainsi, les infrastructures tels les stationnements asphaltés – lesquels sont nombreux au sein du RSSS – ont une capacité d'emmagasinage et d'absorption de la chaleur très élevée, irradiant par la suite ladite chaleur autour des bâtiments et sur les emplacements.

5 Sécheresses plus fréquentes et plus longues

G Aménagement de l'emplacement

L'augmentation des températures estivales jumelées aux précipitations plus abondantes quoique moins fréquentes risquent d'entraîner des épisodes de sécheresse plus fréquentes et plus longues, et d'affecter l'aménagement des terrains. En effet, les pluies abondantes génèrent un ruissellement fort. Le sol ne pouvant absorber l'eau en quantité suffisante, il s'assèche. Les plantations, le gazonnement et les autres aménagements peuvent subir des dommages et ainsi occasionner une hausse des coûts d'entretien de l'emplacement.

Au sud de la province, les changements anticipés pourraient créer des conditions de sécheresse plus propices aux incendies forestiers.

6 Hausse des épisodes avec humidex > 40

D30 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

L'indice humidex quantifie le degré d'inconfort lié à une combinaison de température et d'humidité très élevées. Les systèmes de climatisation sont les plus sollicités lorsque l'indice humidex atteint des valeurs élevées, et ce, en raison du fort contenu en énergie sensible et latente (température et humidité) qui doit être retiré de l'air avant d'être introduit dans le bâtiment. C'est lorsque ces épisodes avec humidex élevé surviennent que les limites du système de refroidissement deviennent apparentes. Ceci se traduit alors par une impossibilité de maintenir les conditions de température et d'humidité intérieures habituelles.

À l'instar des effets de la canicule, les bâtiments non climatisés offrent peu (ou pas) de résistance face à ces conditions météorologiques. Les immeubles situés dans le sud du Québec sont les plus exposés, particulièrement dans les régions de Montréal, de Laval et de la Montérégie.

7 Fonte du pergélisol

A Infrastructure / B10 Superstructure

Tel qu'expliqué à la section 3, les premières manifestations du réchauffement climatique dans le nord sont le réchauffement du profil de température dans le sol et l'approfondissement du mollisol, c'est-à-dire la couche superficielle du terrain qui dégèle chaque été. Il en résulte des tassements de la surface du terrain ainsi que des glissements, particulièrement dans les sols à texture fine, comme les argiles.

Ainsi, la vulnérabilité des bâtiments dépend principalement du type de sol sur lequel ils ont été construits. Les constructions installées sur le roc ou sur un sol granulaire bien drainé sont peu susceptibles de subir des dommages, tandis que les constructions situées sur des terrains affectés par la fonte du pergélisol risquent de voir leur structure endommagée.

Actuellement, dans la région du Nunavik, les petits bâtiments tels que les habitations sont érigés sur des vérins ajustables (chevalets), ce qui permet de les surélever à la suite d'un affaissement du sol. Les bâtiments plus importants peuvent être construits sur pieux ou sur pilotis, dont les assises sont établies profondément dans le pergélisol. Certaines structures sont installées directement sur le sol, surtout les bâtiments non chauffés, sur une assise qui comporte une certaine épaisseur de remblai compacté. Les bâtiments érigés selon ces deux dernières méthodes sont les plus vulnérables à la fonte du pergélisol.

B20 Enveloppe

Les mouvements de structure des constructions se répercutent sur l'enveloppe du bâtiment. Un affaissement de la structure du plancher entraîne des déformations des murs et des toitures, ce qui peut menacer la stabilité et l'étanchéité de l'ensemble. Conséquence de tels mouvements, les éléments (comme les portes et les fenêtres) risquent rapidement de ne plus être fonctionnels. Les dommages structuraux se traduisent par des fissures aux joints des murs avec les plafonds ou les planchers.

G Aménagement de l'emplacement

Les affaissements ou les glissements de terrain observés compromettent l'usage de certaines infrastructures de transport, telles les routes et les pistes d'atterrissage. Les voies d'accès aux immeubles du RSSS pourraient être menacées par la détérioration du pergélisol. Au Nunavik, les dommages sont déjà observés dans les zones de pergélisol discontinu.

8 Détérioration de la qualité de l'air

D30 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

Les systèmes de ventilation font appel à plusieurs procédés afin d'assurer une bonne qualité de l'air intérieur, dont la filtration et la dilution.

Les filtres à particules présents dans tous les systèmes de ventilation permettent d'arrêter le pollen (à l'exception des filtres les plus rudimentaires). L'allongement de la saison de croissance des plantes allergènes et la hausse des concentrations de pollen dans l'air n'a pratiquement aucun impact sur la qualité de l'air fournie par les systèmes de ventilation et de climatisation. Par contre, pour les bâtiments ventilés naturellement avec des fenêtres ouvrantes, une certaine augmentation du pollen dans l'air intérieur est prévisible.

L'air extérieur est aussi chargé de particules, dont certaines ultrafines qui peuvent résulter de la combustion. Les filtres à particules permettent de retirer une partie de ces particules très fines, mais pas toutes. En outre, les filtres à particules n'ont pas d'effet sur les contaminants gazeux présents dans l'air intérieur; ceux-ci sont plutôt éliminés en vertu du principe de dilution, par l'apport d'air frais extérieur relativement exempt de contaminants à l'intérieur du bâtiment. Des filtres à adsorption, peu présents dans les bâtiments du RSSS, peuvent aussi contribuer à éliminer une partie des contaminants gazeux indésirables.

Lorsque l'air extérieur comporte davantage de contaminants non arrêtés par les filtres à particules (particules ultrafines et contaminants gazeux) – lors d'épisodes de smog, par exemple – la qualité de l'air intérieur a tendance à baisser. En somme, la qualité de l'air intérieur dépend en partie de la qualité de l'air extérieur.

La hausse anticipée d'épisodes de smog dans le sud du Québec pourrait donc affecter la qualité de l'air intérieur des bâtiments.

9 Détérioration de la qualité de l'eau

D20 Plomberie

Tous les immeubles du RSSS sont dotés d'une alimentation en eau potable. Dans la vaste majorité des cas, celle-ci provient du réseau d'aqueduc municipal. Par contre, quelques établissements avec des installations hors des secteurs urbanisés exploitent néanmoins eux-mêmes leur système d'eau potable.

Une tendance vers la détérioration de la qualité de l'eau potable (bactéries, virus, parasites), plus spécifiquement dans le sud du Québec, pourrait avoir une incidence sur les opérations des exploitants de réseau d'eau potable. Ce domaine est réglementé et fait l'objet d'un suivi par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

10 Inondations

A Infrastructure

En cas d'inondation, la principale partie affectée du bâtiment sera la fondation. Pour les bâtiments les plus âgés, il est probable que l'imperméabilité de la fondation soit déficiente, voire inexistante. Par conséquent, le drainage en pourtour du bâtiment peut ne plus être efficace et ne pas assurer une évacuation rapide des eaux. Dans la mesure où ils sont situés en zones inondables, ces bâtiments sont les plus vulnérables.

C Aménagement intérieur

La majorité des bâtiments du parc immobilier possèdent des espaces en sous-sol. Bien que ces étages soient, dans la plupart des cas, destinés à des usages secondaires (entreposage, archives, vestiaires ou services alimentaires, par exemple), ils peuvent aussi comprendre des espaces de traitement, des laboratoires, des espaces techniques et mécaniques, et même des aires dont l'usage peut se révéler critique au fonctionnement de l'installation. Les conséquences d'une inondation ou d'un refoulement de conduites municipales peuvent être importantes. Les dommages causés par l'eau aux aménagements intérieurs nécessitent l'enlèvement et le remplacement de tous les matériaux atteints, ce qui peut impliquer d'importants travaux de réparation, le remplacement des équipements endommagés et possiblement des interruptions de services.

G Aménagement de l'emplacement

L'augmentation probable de la récurrence d'épisodes de pluies intenses sous-entend que les installations de drainage pluvial des établissements et des municipalités puissent être sollicitées au-delà de leur capacité, ce qui occasionne des accumulations d'eau inhabituelles. Les infrastructures de drainage datent souvent de plusieurs années; leur conception étant ainsi fondée sur des données historiques, elles risquent de ne plus convenir aux débits de précipitation anticipés. L'abondance de surfaces imperméables, telles que les aires de stationnement, accentue les problèmes liés au drainage des emplacements.

Les installations situées en terrain plat, au bas d'une pente, dans une cuvette ou à proximité d'une zone inondable sont les plus à risque de subir des inondations.

11 Érosion côtière

A Infrastructure / B10 Superstructure

Le phénomène de l'érosion côtière provoqué par la hausse du niveau de la mer de même que par une diminution de l'épaisseur et de la couverture de la glace l'hiver menace les régions côtières, notamment le Bas-Saint-Laurent, la Côte-Nord, la Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine. Le recul des côtes sablonneuses ainsi que des dommages aux infrastructures de transport sont déjà observés. Les immeubles situés dans ces zones sont considérés comme très vulnérables.

G Aménagement de l'emplacement

Les terrains ainsi que les services municipaux, tels que les réseaux d'aqueduc et les routes d'accès situés en zones côtières ou aux abords de falaises, pourraient subir des dommages importants. La sécurité sur les emplacements, l'accès aux immeubles ainsi que l'approvisionnement en eau ou en énergie pourraient être compromis.

12 Glissements de terrain

A Infrastructure / B10 Superstructure

Conséquence des pluies plus abondantes, de la fonte du pergélisol et de l'érosion côtière, des glissements de terrain pourraient se produire et ainsi mettre en péril des bâtiments situés dans les zones touchées par ces changements. Dans tous les cas, la situation peut rapidement devenir critique, voire nécessiter le déménagement ou le déplacement de bâtiments ou d'infrastructures.

G Aménagement de l'emplacement

Les terrains, les services municipaux, tels que les réseaux d'aqueduc, de même que les routes d'accès situés en zones vulnérables, pourraient subir des dommages importants. La sécurité sur les emplacements, l'accès aux immeubles ainsi que l'approvisionnement en eau ou en énergie pourraient être compromis.

13 Temps violent plus fréquent

B20 Enveloppe extérieure / B 30 Toiture

Des événements météorologiques extrêmes plus fréquents, telles les tempêtes accompagnées de vents violents et de pluie abondante, risquent de compromettre certaines composantes de l'enveloppe des bâtiments. Les éléments structuraux des immeubles sont conçus pour résister à des vents violents et ne sont pas considérés comme vulnérables.

Par contre, certains assemblages et matériaux de revêtement sont davantage enclins à subir des dommages. En effet, bien que ceux-ci soient assujettis à des tests de performance et à des méthodes d'installation précises, leur mise en œuvre peut se révéler de qualité variable. Des bris dus aux vents forts pourraient survenir, dont le soulèvement ou l'arrachement de certaines composantes de l'enveloppe.

Également, les pluies abondantes combinées aux vents, ainsi que le verglas augmentent les risques d'infiltration dans les assemblages de murs et de toitures, de même qu'à travers les ouvertures (portes et fenêtres).

D50 Électricité

Les tempêtes, les vents violents ou le verglas sont susceptibles de menacer l'approvisionnement en électricité des immeubles du RSSS. Les bâtiments du réseau sociosanitaire sont généralement conçus pour être autonomes et pour assurer le maintien des services, notamment les centres hospitaliers. Également, les immeubles qui logent des unités d'hébergement (CHSLD, CJ et CR) sont pourvus de groupes électrogènes visant à assurer le maintien des opérations et un minimum de confort pour la clientèle. En fonction des services qu'ils offrent, les CLSC ne sont généralement pas munis de tels équipements.

De façon générale, les immeubles du RSSS peuvent pallier une coupure du réseau électrique. Leur vulnérabilité à cet égard est donc considérée comme faible.

SECTION 5 – Mesures d'adaptation

L'immeuble qui comporte des éléments vulnérables aux manifestations des aléas climatiques est dans les faits plus enclin à subir des dommages matériels et ses usagers sont donc plus susceptibles de subir des préjudices. Selon le niveau de risque – i.e. la probabilité d'occurrence de l'aléa climatique et des conséquences directes et indirectes potentielles sur l'élément vulnérable – il peut être opportun de mettre en œuvre des mesures de mitigation du risque, appelées « mesures d'adaptation » par les experts du domaine des changements climatiques.

La présente section fait notamment état d'une panoplie de stratégies et de mesures d'adaptation aux changements climatiques. L'intégration de ces mesures dans les projets dépend de la vulnérabilité et des risques spécifiques de chaque immeuble.

Bien que la présente section focalise uniquement sur les mesures d'adaptation, la mise en œuvre de mesures d'atténuation, telles que décrites à la section 1, constitue un des premiers gestes à poser dans un objectif de lutte aux changements climatiques.

5.1 Principes directeurs

La prise en considération des changements climatiques anticipés de même que l'application de stratégies et de mesures d'adaptation aux projets immobiliers du RSSS doivent tenir compte des principes directeurs suivants, lesquels sont regroupés par grands champs d'intérêt :

Sociosanitaire :

- Assurer la sécurité, la santé et le confort des usagers en général et, plus particulièrement, de la clientèle hébergée dans les bâtiments du RSSS.

Fonctionnel et opérationnel :

- Maintenir une offre de soins et de services de santé de qualité, et ce, dans un environnement physique adapté;
- Favoriser la pérennité des installations.

Technique :

- Prendre en compte les changements climatiques anticipés lors de la planification et de la conception des projets;
- Considérer, parallèlement à l'application de mesures d'adaptation, l'intégration de mesures d'atténuation et de prévention.

Économique :

- Tenir compte du fait que le coût global (i.e. une analyse financière qui tient compte du cycle de vie d'un immeuble ou d'une de ses composantes) prévaut sur toute orientation relative au projet, entre autres en fondant la conception ainsi que le choix des matériaux, des systèmes et des réseaux sur une approche visant à optimiser les coûts d'immobilisations, d'exploitation et d'entretien.

5.2 Mesures d'adaptation

Les exemples suivants de stratégies et mesures d'adaptation visent à la fois les projets de construction neuve, de rénovation et de maintien des immeubles. Il est à noter que certaines mesures se répètent puisqu'elles peuvent répondre à plusieurs objectifs et agir en synergie avec d'autres mesures. Les exemples suivants de stratégies et de mesures d'adaptation sont ordonnancés par composante de l'immeuble selon la classification de la norme Uniformat, et ils sont regroupés par type d'aléa climatique, tel que présenté à la section 4.

1 Cycles de gel et de dégel plus fréquents

B30 Toiture

Face à la probabilité de cycles de gel et de dégel plus fréquents, des mesures axées davantage sur la prévention plutôt que sur l'adaptation doivent être appliquées afin d'éviter les bris ou les dommages liés à ceux-ci :

- En raison de la hausse des épisodes de pluies intenses, une attention particulière doit être apportée au drainage des toitures;
- Afin d'éviter une accumulation excessive d'eau en toiture, la rétention des eaux pluviales doit se faire au moyen de mesures alternatives, par exemple à l'aide de bassins de rétention sur le site;
- L'inspection et l'entretien fréquents des composantes de toiture peuvent prévenir des bris ou des dommages, lesquels peuvent résulter en infiltrations.

G Aménagement de l'emplacement

Tous les immeubles voient leurs aménagements soumis à l'action du gel et du dégel. La mise en place d'un programme d'entretien préventif permet d'assurer une durabilité accrue des aménagements extérieurs, en plus d'assurer la sécurité des usagers sur le site. Le cas échéant, des mesures peuvent être prises afin d'améliorer les infrastructures sur le site lors de leur remplacement ou de leur rénovation.

2 Augmentation du contenu en eau de la neige

B10 Superstructure / B30 Toiture

Face au problème d'augmentation des charges de neige en toiture, la mesure la plus adéquate consiste à prévenir l'apparition de dommages importants par une inspection régulière de la structure du bâtiment et des toitures, de même que par leur déneigement fréquent.

Dans les cas extrêmes où des mouvements de la structure sont observés, il importe de procéder à une expertise technique en vue de consolider la structure du toit du bâtiment et, conséquemment, d'assurer la sécurité des usagers.

3 Canicules plus fréquentes et plus longues

4 Augmentation de l'effet d'îlots de chaleur urbains

B20 Enveloppe extérieure

Afin de pallier les problèmes occasionnés par la surchauffe estivale et par l'effet d'îlots de chaleur urbains, des stratégies peuvent être adoptées tout en conservant les bénéfices associés à la fenestration : les gains solaires passifs en hiver et les économies d'énergie générées, l'éclairage naturel, ainsi que la vue sur l'extérieur.

- Lorsque les conditions le permettent, dans les bâtiments existants, les gains de chaleur peuvent être atténués par une amélioration de la performance de l'enveloppe du bâtiment en termes d'isolation et d'étanchéité;
- Dans les endroits plus restreints l'installation de murs végétaux extérieurs peut créer un microclimat et abaisser substantiellement la température de l'enveloppe. En plus de générer de la fraîcheur par évapotranspiration, ceux-ci ont un effet positif sur la qualité de l'air par la production d'oxygène et par la captation de particules en suspension;
- Dans les bâtiments non climatisés et ventilés naturellement, la présence de fenêtres à sections ouvrantes facilite le refroidissement des espaces. Les ouvertures doivent être conçues et localisées de façon à optimiser l'apport d'air frais;
- L'utilisation de dispositifs d'occultation solaires extérieurs – tels les brise-soleil et les auvents – sont des alternatives intéressantes puisque leur coefficient d'ombrage (à savoir l'énergie solaire transmise à travers le vitrage) est relativement bas. Ils bloquent le rayonnement avant même qu'il n'entre en contact avec le bâtiment, permettant ainsi une réduction de la surchauffe et, ultimement, une réduction des charges de climatisation de

pointe durant la saison de climatisation. Ces dispositifs d'occultation peuvent être utilisés de manière saisonnière (dispositifs amovibles), ce qui permet les gains solaires en hiver;

- Les systèmes d'occultation solaire extérieurs sont plus efficaces que ceux installés à l'intérieur. Leur choix doit toutefois tenir compte des principes suivants : ils doivent être localisés judicieusement en fonction de l'orientation de chacune des façades. Ils doivent aussi être conçus de façon à éviter la formation de glace et l'accumulation de neige, et ils ne doivent pas nuire à la vision de la clientèle couchée ou assise, en particulier dans les unités d'hébergement;
- En fonction de la localisation et de l'orientation du bâtiment, différents types de vitrage peuvent minimiser les problèmes de surchauffe. L'ajout au vitrage double d'une pellicule à faible émissivité (Low-E) augmente la performance énergétique du vitrage, reflète vers l'extérieur une partie du rayonnement solaire, puis diminue le gain de chaleur;
- Dans les régions nordiques, l'usage de verre triple ou l'ajout de gaz entre le double vitrage est à considérer.

B30 Toiture

Afin de réduire l'effet d'îlots de chaleur en milieu urbain, certaines mesures peuvent être envisagées, entre autres :

- L'utilisation d'un revêtement de toiture de couleur claire à albédo élevé qui réduit l'absorption du rayonnement solaire. En plus d'atténuer les îlots de chaleur, les toitures réfléchissantes ont pour effet de limiter la demande en climatisation. Également, la réduction de la température à la surface du revêtement et des écarts de températures en diminue la détérioration;
- Les toitures végétales permettent de réduire l'absorption du rayonnement solaire. En plus de diminuer les îlots de chaleur, elles agissent comme isolant et contribuent à la réduction de la pollution de l'air. En plus de générer de la fraîcheur par évapotranspiration, elles ont un effet positif sur la qualité de l'air par la production d'oxygène et par la captation de particules en suspension. Les toitures extensives sont à privilégier; elles sont plus légères et moins coûteuses puisqu'elles nécessitent peu de substrat et ont un impact moindre sur la structure du bâtiment;
- Lors d'épisodes de pluies intenses, les toitures végétales permettent la rétention d'eau et réduisent conséquemment les besoins en infrastructures de drainage sur l'emplacement. De plus, en protégeant la toiture des rayonnements UV, la durée de vie de la membrane est prolongée.

C Aménagement intérieur

Afin de diminuer les gains de chaleur durant les périodes de chaleur intense, des dispositifs d'occultation solaire intérieurs peuvent être utilisés afin de bloquer ou de diminuer le rayonnement solaire à travers la fenestration d'un bâtiment, voire de réduire les besoins en climatisation. Plus facile à mettre en place et plus économique que les dispositifs extérieurs, les dispositifs d'occultation solaire intérieurs sont à privilégier lors de projets de rénovation :

- Les dispositifs d'occultation solaire intérieurs sont montés du côté intérieur du vitrage et doivent être faciles d'utilisation pour les usagers. Leur choix doit tenir compte des objectifs de prévention des infections et de leur facilité d'entretien;
- Des toiles opaques réduisent la surchauffe à l'intérieur du bâtiment. Toutefois, ils bloquent la vue vers l'extérieur. Il importe alors de choisir une couleur pâle qui a un degré d'absorbance moins élevé;
- Les toiles solaires transparentes (perforées) peuvent contrôler efficacement le rayonnement solaire tout en permettant la vue vers l'extérieur. Selon l'orientation de la façade, celles-ci doivent être choisies en fonction de divers paramètres, notamment la couleur, de même que les facteurs d'ouverture, de transmission visible et de transmission solaire;
- Les dispositifs d'occultation solaire intérieurs peuvent compléter les dispositifs extérieurs ainsi que certaines stratégies mises en place sur l'emplacement (voir sections *B20 Enveloppe* et *G20 Amélioration de l'emplacement*).

Certains équipements tels que les ordinateurs, les imprimantes ou les systèmes d'éclairage, pour ne nommer que ceux-ci, contribuent à l'augmentation de la température dans un bâtiment. Un choix judicieux d'équipements et d'appareils d'éclairage ainsi qu'une bonne gestion de ceux-ci aura une incidence sur le confort des occupants de même que sur la consommation énergétique.

D30 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

Trois stratégies principales peuvent être envisagées afin de palier les effets de conditions de chaleur extrême :

- Dans un bâtiment climatisé où la capacité de refroidissement est devenue insuffisante, il est possible d'augmenter la capacité de refroidissement mécanique, soit en ajoutant un refroidisseur, soit en remplaçant le refroidisseur existant par un autre de capacité supérieure, et ce, sans causer d'inconvénients pour la clientèle. Pour les bâtiments non climatisés, il peut être possible d'ajouter une certaine capacité de refroidissement aux systèmes de ventilation existants, notamment dans les CHSLD où plusieurs systèmes de déshumidification ont déjà été installés au cours des dernières années. Enfin, il est possible d'installer, sans trop de difficulté, des petits systèmes « bi-bloc » (climatisation d'une ou de quelques pièces) avec une unité compresseur-condenseur placée à l'extérieur;
- Une autre stratégie consiste à diminuer les besoins en refroidissement mécanique. Ceci peut être réalisé au moyen d'une conception appropriée de l'enveloppe extérieure du bâtiment ainsi que par l'application d'une stratégie de ventilation naturelle. Les prises d'air localisées en toiture peuvent bénéficier d'un toit vert ou à albédo élevé (toiture claire);
- Dans les grands bâtiments dotés d'un circuit d'eau refroidie, il est possible de gérer les besoins de refroidissement en réduisant temporairement le service pour les secteurs non prioritaires tout en assurant le refroidissement des secteurs prioritaires. La réduction du service peut se traduire par un point de consigne plus élevé à certaines heures.

G20 Amélioration de l'emplacement

Dans l'optique de réduire les îlots de chaleur en milieu urbain, plusieurs stratégies peuvent être appliquées sur l'emplacement. Dans le cas de constructions neuves, les stratégies suivantes sont à privilégier :

- Choisir de construire sur des sites préalablement développés plutôt que de perturber des espaces naturels en bon état. Lorsque possible, restaurer les secteurs dégagés ou endommagés avec des plantations indigènes adaptées au climat et qui nécessitent peu d'entretien et d'irrigation;
- Lorsque le programme fonctionnel et la réglementation municipale le permet, considérer de répartir l'immeuble sur plusieurs étages afin de réduire la superficie au sol du bâtiment, et ce, au bénéfice des espaces verts;
- Diminuer les aires de chaussée et de stationnement ou envisager des stationnements souterrains afin de réduire les surfaces asphaltées et imperméables;
- Choisir un emplacement à proximité des transports en commun, encourager les pratiques de covoiturage et l'utilisation de moyens de transport alternatifs, lesquels permettent de diminuer les infrastructures coûteuses et génératrices d'îlots de chaleur urbains.

Pour les installations existantes situées en milieu urbain, des mesures sont applicables. Elles touchent principalement les aires de stationnement et les aménagements paysagers :

- Dans les stationnements, augmenter les zones d'ombre par la plantation d'arbres en périmètre et/ou par la création d'îlots de verdure au centre des grands espaces de stationnement. L'ombrage permet de réduire la température de surface des revêtements;
- Afin d'améliorer le confort des usagers, favoriser l'ombrage sur les allées et sur les circulations piétonnières, de même qu'aux abords du bâtiment;
- Dans les cas de rénovation de chaussées, privilégier si l'usage le permet, les pavements de couleur claire (à albédo élevé) à faible conductivité thermique et à surface lisse (les surfaces rugueuses réduisent la réflexion solaire);
- Privilégier la plantation d'arbres et de végétaux, laquelle protège le bâtiment des rayonnements solaires et conserve le sol plus frais;
- Planter des arbres et des végétaux adaptés aux variations du climat québécois et qui nécessitent peu d'entretien et d'irrigation;

- Tenir compte de l'ombrage projeté par les arbres et les végétaux, de la taille des racines, du type de sol et de l'eau, de l'ensoleillement disponible, ainsi que des allergènes et des émissions polluantes qu'ils peuvent dégager;
- Favoriser la plantation d'arbres du côté ouest des bâtiments afin de diminuer la surchauffe estivale; les arbres feuillus ou à épines caduques réduisent la demande en climatisation l'été et permettent un chauffage passif en hiver.

5 Sécheresses plus fréquentes et plus longues

G Aménagement de l'emplacement

Certaines mesures peuvent être envisagées afin d'adapter les emplacements à des épisodes de sécheresse plus fréquentes et plus longues. Comme ce sont les aménagements paysagers qui sont les plus vulnérables, des stratégies de rétention et de captation d'eau de pluie sur le site (plutôt qu'une évacuation directe dans les réseaux municipaux) minimisent l'impact des sécheresses et contribuent à régénérer les nappes souterraines :

- La création de tranchées de rétention végétalisées au milieu ou en bordure des chemins d'accès et des stationnements peut servir à la captation des eaux pluviales, en plus de créer des zones de fraîcheur;
- La collecte et la réutilisation des eaux pluviales peut être envisagée afin d'assurer l'irrigation des aménagements extérieurs en période de sécheresse;
- La plantation d'espèces indigènes bien adaptées au climat de la région et qui nécessitent peu d'irrigation diminue le besoin en eau, de même que les coûts pour l'entretien des aménagements;
- Selon les possibilités du site, l'aménagement de bassins de rétention – à savoir une dépression aménagée grâce à un dénivelé du terrain – permet d'augmenter le taux d'humidification des sols et la percolation de l'eau, puis de régénérer la nappe souterraine. En plus de créer un paysage végétal, l'ajout de plantations appropriées à ces bassins permet le traitement et la filtration des eaux de ruissellement.

Toutes les mesures visant la création de zones ombragées ou d'îlots de fraîcheur (comme la plantation d'arbres et de végétaux) diminuent la température ambiante urbaine et, par le fait même, la sécheresse des sols.

6 Hausse des épisodes avec humidex > 40

D30 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

Les mesures d'adaptation à considérer sont du même ordre que celles proposées aux points 3 et 4, lesquels portent sur les épisodes de canicule.

7 Fonte du pergélisol

A Infrastructure

La croissance que connaît la population du Nunavik est fulgurante. En conséquence, toutes les communautés ont besoin d'espace afin d'établir de nouvelles constructions, puis de développer de nouveaux services. Dans ce contexte, des mesures de prévention et d'adaptation doivent être prises en compte dans toutes les décisions qui ont trait au développement futur des communautés nordiques :

- Dans les cas de nouvelles constructions, la première étape est de considérer la meilleure option en termes d'emplacement. Un choix adéquat peut à la fois réduire les risques pour le bâtiment et limiter le recours à des technologies de fondation coûteuses;
- Une cartographie du pergélisol permet d'évaluer les conditions du sol, le potentiel de construction et, éventuellement, les méthodes de construction appropriées;
- Plusieurs méthodes de construction adaptées au pergélisol sont déjà pratiquées au Nunavik. Celles-ci visent principalement à garder le sol gelé. La plus répandue est la construction de résidences et de petits bâtiments sur des vérins ajustables (chevalets) posés sur un remblai granulaire (radier). À cette technique éprouvée s'ajoutent

les pieux, en particulier pour les gros édifices, ainsi que les thermosyphons, lesquels sont surtout utilisés sous des édifices sur dalles de béton, tels des garages.

- Les tabliers ventilés et les drains de chaleur⁴¹ constituent d'autres techniques connues et utilisées au Nunavik, bien qu'elles y soient peu appliquées;
- Lorsqu'il s'agit d'un bâtiment existant qui a déjà subi des dommages ou qui est situé dans une zone vulnérable, il importe de considérer son déplacement ou son déménagement vers des secteurs moins à risque.

B10 Superstructure / B 20 Enveloppe

Aux méthodes de construction de fondations adaptées au pergélisol peuvent s'ajouter des éléments visant à assurer un certain mouvement de la structure, notamment :

- Prévoir des joints de construction qui permettent une certaine flexibilité à l'ensemble du bâtiment;
- Assurer une ventilation et une isolation adéquates sous le bâtiment afin de réduire ou d'éliminer le transfert de chaleur du bâtiment vers le sol;
- Considérer des constructions modulaires préfabriquées, lesquelles peuvent être déplacées facilement.

G Aménagement de l'emplacement

Préalablement à tout projet d'aménagement d'infrastructures, un examen des sols doit être effectué aux fins de bien cerner le niveau de risque associé au choix de l'emplacement. Pour les aménagements et les sites existants :

- Un drainage adéquat aux abords des bâtiments empêche l'accumulation d'eau sous les bâtiments et, par le fait même, la dégradation du pergélisol;
- Un déneigement plus fréquent (ou d'autres mesures) visant à empêcher l'accumulation de la neige, laquelle agit comme isolant, peut minimiser les mouvements du sol;
- La configuration des accès aux immeubles doit être prévue afin d'éviter des réparations récurrentes.

8 Détérioration de la qualité de l'air

D30 Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

L'augmentation du taux de pollen dans l'air peut inciter certaines personnes à fermer les fenêtres. Pour les bâtiments ventilés naturellement, il y aurait alors lieu d'ajouter du refroidissement.

Si la qualité de l'air extérieur vient à se dégrader au point d'affecter régulièrement les occupants d'un immeuble, en raison de l'introduction de contaminants gazeux non arrêtés par les filtres à particules actuellement présents dans tous les systèmes de ventilation, l'installation de filtres à adsorption doit être considérée. La localisation des prises d'air, à l'écart des concentrations de pollution, peut aussi contribuer de manière significative à la réduction des concentrations de contaminants introduits dans le bâtiment.

9 Détérioration de la qualité de l'eau

D20 Plomberie

Afin de contrer adéquatement une détérioration probable de la qualité de l'eau potable, l'application rigoureuse des règles de l'art à ce chapitre apparaît comme la meilleure stratégie à adopter. Au nombre de ces règles, notons :

- Disposer d'un plan de contingence pour l'approvisionnement en eau en cas de non-disponibilité du service public;
- Mettre en œuvre un programme de surveillance de la qualité de l'eau potable (notamment pour l'exploitant d'un réseau d'eau potable);
- Assurer une gestion responsable de l'eau potable afin de diminuer les besoins en consommation.

10 Inondations

A Infrastructure

Dans les cas où un bâtiment est situé en sol inondable, certaines mesures préventives peuvent s'appliquer, dont :

- S'assurer de l'étanchéité des fondations et du bon fonctionnement du drainage au périmètre du bâtiment;
- Dans le cas d'une étanchéité déficiente, une membrane d'étanchéité performante peut être installée sur les fondations afin d'en assurer l'imperméabilité.

C Aménagement intérieur

Pour les immeubles susceptibles de subir des inondations, des refoulements ou d'autres problèmes qui résultent de l'eau, une attention particulière doit être portée à la planification des espaces qui sont situés à l'étage inférieur :

- Éviter de localiser des espaces techniques, dont des salles mécaniques, des salles électriques ou des salles de serveurs dans les sous-sols;
- Sélectionner, pour les espaces en sous-sol, des fonctions qui peuvent subir un arrêt d'opération temporaire;
- Choisir des matériaux pour les murs et les planchers qui sont facilement nettoyables ou remplaçables en cas de dommages dus à l'eau.

G Aménagement de l'emplacement

En fonction du risque accru d'inondation et de problèmes de drainage sur les emplacements, certaines stratégies sont à considérer :

- Prévoir les infrastructures en fonction de l'intensité de précipitations anticipées pour la durée de vie de l'immeuble;
- Prévoir la construction de structures de rétention visant à minimiser les risques d'inondations et de débordements;
- Aménager des îlots de verdure, des bassins et des tranchées de rétention, puis utiliser du pavage perméable de façon à permettre l'infiltration de l'eau dans le sol;
- Aménager des îlots de verdure visant à récolter les eaux pluviales, diminuant par conséquent les besoins en infrastructures de drainage;
- Limiter les surfaces imperméables, telles que les grandes surfaces de stationnement;
- Envisager l'aménagement de toitures végétales, lesquelles peuvent contribuer à réduire les eaux de ruissellement sur le site et à diminuer les infrastructures requises pour le drainage.

11 Érosion côtière

12 Glissements de terrain

A Infrastructure / B10 Superstructure

Dans les cas où un bâtiment est situé en sol instable, le maintien des structures doit être assuré par la solidification du terrain (voir la section *G20 Amélioration de l'emplacement*). Dans l'impossibilité de réaliser des travaux de soutènement ou de stabilisation, le déplacement du bâtiment en zone sécuritaire est à considérer.

G Aménagement de l'emplacement

Avant d'envisager quelque intervention sur des immeubles situés dans une zone susceptible de subir des glissements de terrain résultant de l'érosion côtière ou de la fonte du pergélisol, il est primordial de bien cerner le niveau de risque auquel les bâtiments sont exposés. Les mesures d'adaptation sont établies en fonction de ce niveau de risque. Elles peuvent comprendre :

- Le déménagement ou la démolition de bâtiments ou d'infrastructures;
- La protection des terrains par l'empierrement, des brise-lames ou toute autre structure visant à contrer l'érosion des sols;
- Dans le cas de projets de construction, un choix d'emplacement qui tient compte des changements anticipés.

13 Temps violent plus fréquent

B20 Enveloppe / B30 Toiture

Afin de prévenir ou de minimiser les risques de bris dus aux vents violents ou aux pluies abondantes, certaines méthodes de construction actuelles peuvent être modifiées et adaptées aux conditions climatiques anticipées, notamment :

- L'amélioration de la fixation des supports et des revêtements de mur extérieurs et de toiture;
- Un choix de fenêtres qui possèdent des cotes de résistance aux vents et d'étanchéité à l'air et à l'eau supérieures;
- Une conception adéquate des murs selon le principe de l'écran pare-pluie, ce qui prévient les dommages associés à l'infiltration d'eau et à la condensation.

L'entretien des parements extérieurs, des ouvertures et des revêtements de toiture, particulièrement de l'étanchéité, est crucial au bon maintien de la solidité et de la performance de l'enveloppe.

D50 Électricité

En cas de pannes majeures, les bâtiments du RSSS doivent demeurer opérationnels :

- Lorsqu'il s'agit d'immeubles déjà alimentés par un ou des groupe(s) électrogène(s), il importe de s'assurer que l'énergie disponible soit suffisante pour maintenir les services essentiels;
- Dans le cas contraire, il est recommandé d'évaluer les besoins de l'établissement et, s'il y a lieu, d'adapter l'immeuble de façon à pouvoir accueillir un groupe électrogène mobile (génératrice).

G Aménagement de l'emplacement

Certaines mesures de prévention ou d'adaptation qui touchent l'aménagement extérieur peuvent minimiser les inconvénients et les dommages qui découlent des tempêtes, notamment :

- Protéger le secteur des entrées principales contre les bourrasques de vent par la construction d'écrans ou la plantation de haies, de clôtures, etc.;
- Réaliser une inspection fréquente des arbres ou des autres structures sur le site qui sont susceptibles de se briser ou de s'effondrer, voire de causer des blessures ou des dommages matériels.

SECTION 6 – Conclusion

La présentation des changements et des aléas anticipés pour chacune des régions sociosanitaires a permis de mieux circonscrire les problématiques qui pourraient survenir, puis de situer le parc immobilier du RSSS dans ce contexte. Parmi les changements climatiques anticipés avec plus de certitude, notons :

- La hausse des températures maximales, surtout dans les régions du sud en été, viendrait accentuer l'effet d'îlots de chaleur urbains, puis augmenter la durée et la fréquence des épisodes de canicule;
- L'augmentation des précipitations hivernales ainsi que la hausse des températures au Nunavik pourraient accélérer la dégradation du pergélisol et occasionner davantage de glissements de terrain;
- Dans les régions côtières et du sud, l'élévation du niveau de la mer et les événements météorologiques extrêmes aggraveraient l'érosion côtière ainsi que les risques d'inondation.

En fonction de leur localisation géographique et de leurs caractéristiques physiques, les immeubles et leurs composantes sont exposés de manière variable à ces changements et aléas climatiques. Des mesures d'adaptation peuvent être jugées nécessaires une fois l'identification des points de vulnérabilité des immeubles et de leurs composantes terminée, et l'analyse des risques qui y sont associés complétée. On dégage les constats suivants des sections 4 et 5 du présent guide :

- La connaissance d'un bâtiment et de son environnement est préalable à l'application de stratégies et de mesures d'adaptation;
- L'adaptation peut se réaliser à différents niveaux, de la simple prévention à la prise de mesures drastiques, par exemple, le déplacement d'un bâtiment;
- L'adaptation peut se réaliser à différentes étapes du cycle de vie du bâtiment (durant la planification d'une construction neuve, lors de rénovations, de travaux d'entretien ou de mises aux normes);
- La disparité des immeubles du RSSS ainsi que la variabilité des changements anticipés pour chaque région administrative ne permettent pas l'identification de modèles types ou l'application de solution unique à l'échelle du RSSS, voire à l'échelle d'une région.

Bien que le niveau d'incertitude dans ce domaine soit toujours élevé, de plus en plus d'études confirment l'amplification de certains phénomènes et des outils sont développés afin de soutenir l'évaluation des impacts des changements climatiques. Le partage de l'expertise dans ce domaine ainsi que la collaboration des intervenants du RSSS avec les instances municipales et gouvernementales concernées font partie des actions à prendre.

Il s'avère désormais nécessaire de prendre en compte les changements climatiques et de procéder à des études plus exhaustives des immeubles et de leur environnement, ainsi qu'à l'analyse des risques relatifs aux impacts anticipés. Ces étapes sont préalables à l'élaboration et à l'application d'un plan d'action à l'échelle du RSSS visant l'adaptation aux changements climatiques.

ANNEXES

Annexe 1 – Méthodologie pour bâtir les scénarios climatiques

Outils

Pour les besoins du projet, des simulateurs climatiques ont été utilisés. Ce sont des modèles informatiques basés sur les lois physicochimiques qui régissent l'atmosphère, l'océan, la glace et le sol. Les modèles calculent pour le passé, le présent et le futur, sur l'ensemble du globe, tous les paramètres météo impliqués, et ce, à différentes altitudes et profondeurs, et à une fréquence quotidienne ou moins.

Pour illustrer l'évolution des changements à long terme (période 1961-2100) sur les variables « Tmin », « Tmax » et « précipitations totales », quatre régions types ont été choisies parmi les 18 régions sociosanitaires : le Nunavik, la Montérégie, la Côte-Nord et le Nord-du-Québec. Cette sélection s'appuie sur la spécificité de leur climat. Le Nunavik représente le climat où les températures sont les plus froides et les précipitations les moins abondantes au Québec. La Montérégie est quant à elle la région la plus au sud, donc la plus chaude. La Côte-Nord illustre pour sa part le climat maritime, à savoir des contrastes de températures atténués et des précipitations abondantes. À l'opposé, la région du Nord-du-Québec tient lieu de climat continental où la variabilité des températures est la plus marquée.

Les modèles intègrent les concentrations de gaz à effet de serre mesurées jusqu'en 2000. Après quoi, la progression des émissions est estimée à partir d'hypothèses démographiques, technologiques, économiques, etc. C'est le GIEC, maître d'œuvre dans le domaine, qui définit ces projections⁴². Dans la présente étude, le scénario d'émissions A2 a été choisi. C'est le scénario le plus courant pour lequel davantage de simulations sont disponibles. Il est considéré pessimiste. Toutefois, pour la période future envisagée dans l'étude (début du 21^e siècle), l'effet du scénario A2 sur le climat ne se distingue pas vraiment des autres scénarios d'émission.

L'équipe Simulation et l'équipe Scénarios Climatiques d'Ouranos utilisent principalement deux catégories de simulateur de climat, à savoir les modèles de circulation générale (MCG) qui couvrent l'ensemble du globe à une résolution d'environ 300 km, puis les modèles régionaux de climat (MRC) d'une résolution d'environ 50 km, mais qui ne traitent qu'une portion du globe. Les deux types de modèles sont semblables dans leur formulation mathématique, mais les MRC sont plus représentatifs des phénomènes à fines échelles temporelle et spatiale. Toutefois, ils doivent d'être liés à la météo du reste du globe par souci de cohérence. Ils sont ainsi « pilotés » par des MCG à la frontière de leur domaine.

Pour le projet de la Corporation d'hébergement du Québec, le modèle régional canadien de climat (MRCC^{43 44 45}, version 4.2.0 et 4.2.3) a été utilisé sur deux domaines différents : le Québec et l'Amérique du Nord. Le MRCC a été piloté aux frontières par le MCG canadien (CGCM3⁴⁶, version 3.7.1, membres 4 et 5). Les deux modèles intègrent un inventaire des types de sol et de végétation dont les interactions avec l'atmosphère sont régies par le schéma de surface CLASS 2.7^{47 48}. Tous ces outils respectent les critères de qualité établis par le GIEC^{49 50}.

Les modèles climatiques ne sont pas des modèles de prévisions météorologiques; ils ne sont pas initialisés avec des observations et ne sont pas conçus afin de prédire la météo à une date précise. Les modèles climatiques fournissent des tendances ou des statistiques sur de longues périodes et ne sont pas comparables aux données d'une station d'observation météo. De plus, la météo réelle observée est l'un des états plausibles de la planète à un

instant donné. Chaque simulation représente un de ces états. Voilà pourquoi il est recommandé d'utiliser plusieurs simulations pour englober l'éventail des futurs possibles. Plus le nombre de simulations est grand, plus la confiance augmente dans les résultats. Dans le présent rapport, sept simulations équiprobables ont été utilisées (séries acu, adc, afx, adj, adl, aet et aev).

La différence entre les simulations n'est pas uniquement due à la nature chaotique de la météo, mais aussi aux imperfections des modèles. L'incertitude est donc composée d'erreurs et de variabilité interne. L'incertitude grandit au fur et à mesure que l'on s'éloigne du présent. Elle est plus grande sur les variables qui représentent des phénomènes locaux, rares ou extrêmes.

On obtient un indice de l'ampleur de l'incertitude en considérant la fourchette des résultats de multiples simulations. Le signal de changement climatique doit être plus grand que cet intervalle pour être jugé significatif. Autrement dit, plus les changements sont prononcés par rapport à la variabilité, plus ils sont fiables.

La variabilité interne ne peut être réduite dans la réponse des modèles. Quant aux erreurs, de nombreux auteurs ont tenté de trouver une méthode pour les corriger, mais aucun consensus scientifique n'a été établi. En effet, il n'existe aucun moyen de s'assurer que la correction appliquée sur le présent reste valide sur le futur (biais constant). Toutefois, une partie des erreurs systématiques est annulée quand on extrait les changements climatiques relatifs (ratio ou différence entre le futur et le présent simulés), plutôt que les résultats absolus des simulations. Voilà pourquoi, dans le présent rapport, ce sont plutôt les écarts entre deux périodes qui sont présentés.

La science des changements climatiques est en constante évolution. Les données de cette étude sont issues des meilleures connaissances à ce jour, mais pourraient toutefois se révéler différentes dans quelques années. Le changement climatique peut être noyé dans le bruit de la variabilité, surtout sur un futur rapproché : autour du signal moyen présenté, la météo quotidienne continuera de fluctuer dans le futur avec une amplitude qui pourrait camoufler la perception du changement climatique pendant encore plusieurs décennies. En somme, les résultats ne sont pas des prévisions, et les conclusions issues de leur utilisation commandent la plus grande prudence.

Périodes

Les simulations climatiques ont été effectuées sur les périodes 1961-1990 et 2010-2039. La première est considérée comme une référence; ce passé a été préféré à la période plus récente 1971-2000, laquelle aurait produit des résultats semblables à ceux de la période 2010-2039. La période future est choisie également en regard des besoins du projet : la gestion du parc immobilier est envisagée sur un avenir rapproché. Les deux périodes sont d'une durée de 30 ans, tel que recommandé par le GIEC⁵¹, qui établit les standards internationaux en matière de scénarios climatiques. Cette durée permet de mieux distinguer le signal de changements climatiques par rapport à la variabilité naturelle de la météo.

Régions

Les calculs d'un modèle climatique sont effectués sur des points du globe à intervalles réguliers dans le temps et dans l'espace (coordonnées géographiques). Ces intervalles caractérisent la résolution du modèle. Pour le modèle régional canadien de climat, la résolution spatiale est de 45 km. En d'autres termes, chaque point de calcul sur le globe est représentatif d'un territoire de 45 X 45 km² de surface. Ce quadrilatère autour de chaque point est appelé « tuile ». Dans chacune des 18 régions sociosanitaires, les principales agglomérations (écoumène) ont été identifiées et des tuiles du MRCC leur ont été associées.

Pour qualifier le changement climatique sur une région donnée, la moyenne de l'ensemble des tuiles dans la RSS a été considérée. Cette approche facilite l'analyse mais n'est pas appropriée dans les RSS qui couvrent de grands territoires où le climat n'est pas uniforme. Par exemple, le changement climatique de la baie d'Hudson et celui de la baie d'Ungava sont qualifiés par une même valeur dans les résultats du Nunavik.

Il est à noter que la résolution du MRCC ne permet pas de distinguer le climat de Laval de celui de Montréal. Ces deux RSS ont été regroupées sous un même calcul dans le rapport.

Pour la même raison, les Îles-de-la-Madeleine ne sont pas distinguables de l'océan du point de vue du MRCC. Elles ne sont pas prises en considération dans les calculs climatiques de la région 11 (Gaspésie).

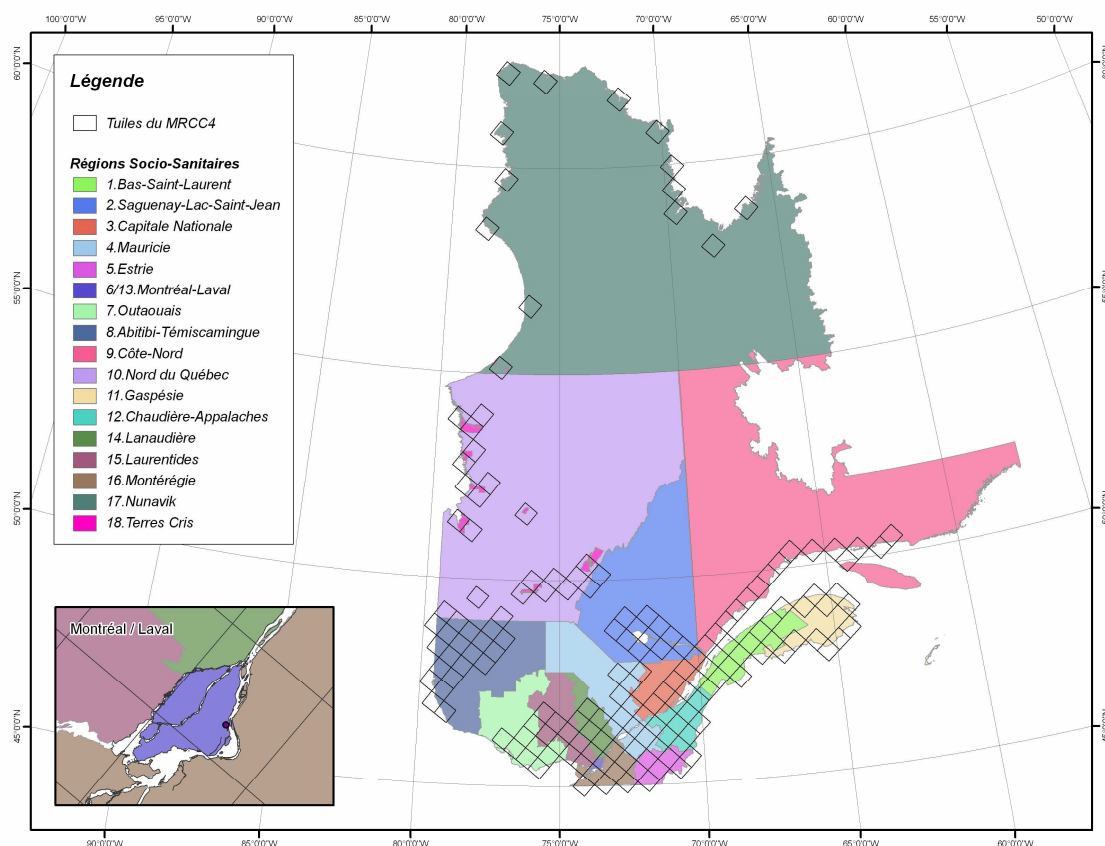


Figure 20 : Illustration des tuiles du MRCC et des régions sociosanitaires

Source : Ouranos

Formats de présentation

Les variables météo choisies pour l'étude sont présentées graphiquement en indiquant l'écart entre le futur et le passé. Cet écart consiste en une différence pour les températures (°C) et un ratio pour les précipitations (sans unité) afin d'éviter les résultats négatifs.

Sur les graphiques à barres, le point représente la moyenne et les extrémités des barres, le maximum et le minimum des sept simulations. Les régions sociosanitaires sont identifiées par leur numéro (voir figure 1). Les

saisons sont qualifiées par les mois suivants : hiver = décembre, janvier et février; printemps = mars, avril et mai; été = juin, juillet et août; automne = septembre, octobre et novembre.

Les cartes de référence (1961-1990) du Québec pour T_{min}, T_{max} et « précipitations » ont été réalisées à l'aide de données observées, interpolées sur grille à 10 km par le National Land and Water Information Service. La carte du futur est obtenue en apposant aux observations la moyenne des sept simulations de changements climatiques, à savoir l'addition de l'écart pour les températures et la multiplication du ratio pour les précipitations.

Pour ces mêmes trois variables, le changement climatique a aussi été calculé jusqu'en 2100 afin de visualiser les tendances à long terme. Les courbes d'évolution ont été lissées avec des moyennes mobiles de 30 ans et le climat de la période de référence (moyenne 1961-1990) leur a été retranché. Cette approche enlève la variabilité interannuelle et met en évidence le signal de changement. En annexe, la courbe principale (moyenne) est complétée par les simulations maximale-minimale (lignes hachurées); cette enveloppe offre un aperçu de l'étendue possible des résultats futurs.

Il est à noter que l'enveloppe des résultats sur Montréal/Laval est souvent plus large que celles des autres régions sociosanitaires. Cette incertitude découle du fait qu'uniquement deux tuiles du MRCC servent à qualifier le climat dans ce secteur (ce qui augmente la variabilité), alors que, pour les autres régions, de cinq à quatorze tuiles ont été utilisées.

Il est raisonnable de considérer la moyenne des résultats pour les décisions d'adaptation. Toutefois, pour les aspects les plus sensibles ou vulnérables du parc de la Corporation d'hébergement du Québec, il est souhaitable que l'enveloppe (maximum et minimum) des scénarios soit prise en compte afin de mieux évaluer l'étendue des conséquences.

Remerciements

Les séries temporelles du modèle régional canadien du climat (MRCC) ont été générées par l'Équipe Simulations climatiques d'Ouranos. Elles ont été traitées par le Groupe Scénario d'Ouranos.

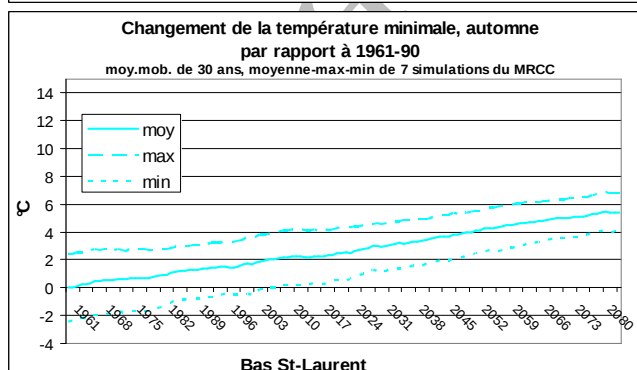
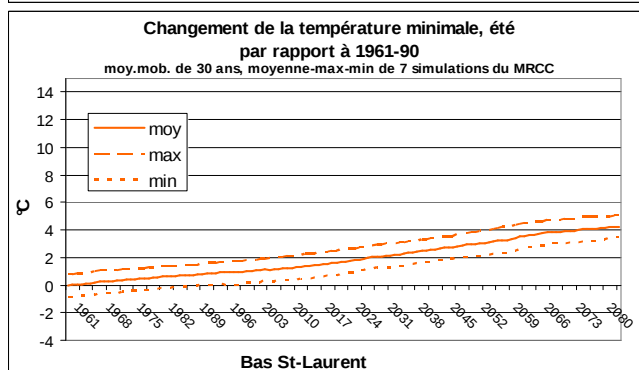
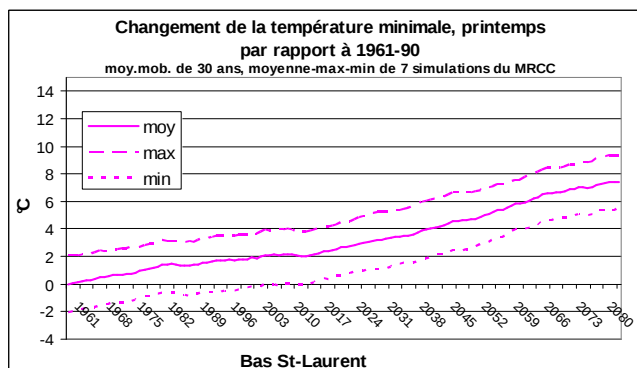
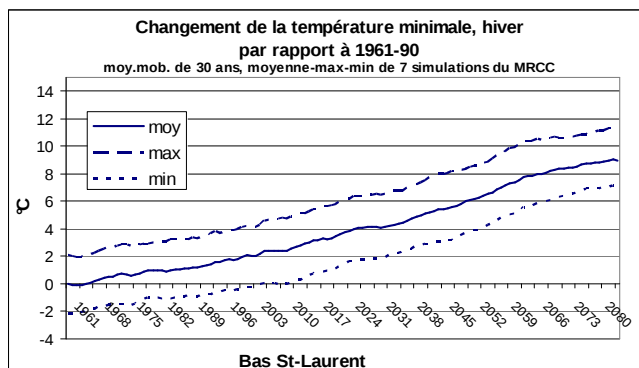
Annexe 2 – Résultats complémentaires

Changements des températures minimales (°C) par saison et par région en 2010-2039 par rapport à 1961-1990

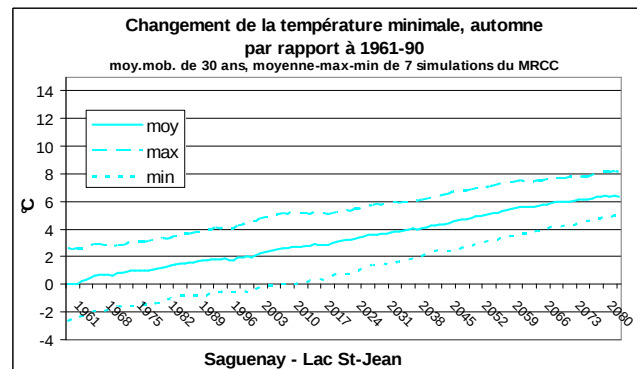
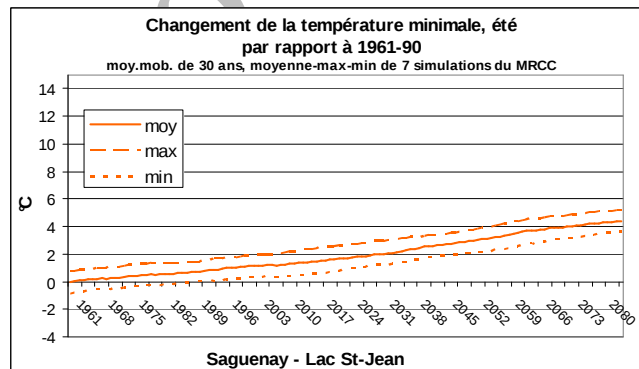
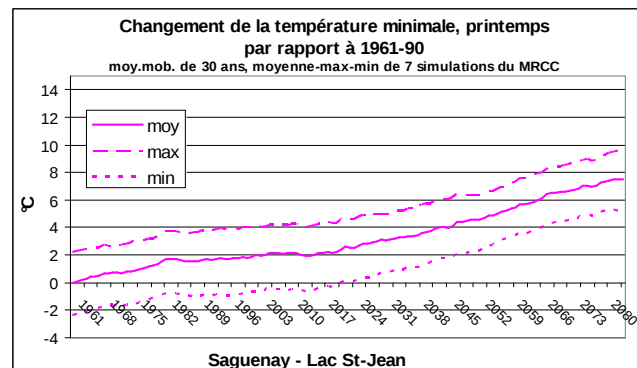
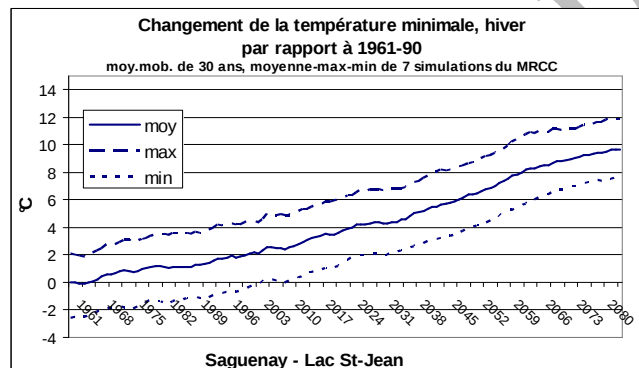
	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	2,4	1,3	3,5	2,2	1,5	2,8	1,2	0,8	1,5	2,2	0,8	3,2
Saguenay–Lac-Saint-Jean	2,6	1,5	3,9	2,0	1,0	2,9	1,3	0,9	1,6	2,6	0,8	3,9
Capitale-Nationale	2,5	1,2	3,4	2,1	1,3	3,0	1,4	1,0	1,7	2,4	0,8	3,6
Mauricie	2,6	1,1	3,7	2,3	1,4	3,3	1,4	1,1	1,8	2,3	0,5	3,4
Montréal/Laval	2,9	0,7	4,7	2,7	1,0	4,2	1,5	1,1	1,9	1,8	0,7	2,4
Estrie	2,5	0,8	3,9	2,3	1,4	3,3	1,4	1,0	1,7	1,9	0,5	2,8
Outaouais	2,6	1,0	4,1	2,3	1,3	3,3	1,5	1,1	1,9	1,9	0,9	2,8
Abitibi-Temiscamingue	2,9	1,1	4,2	2,0	1,1	2,8	1,4	1,1	1,9	2,4	1,1	3,7
Côte-Nord	2,5	1,4	3,6	2,0	0,9	2,8	1,3	0,9	1,6	2,4	0,9	3,6
Nord-du-Québec	3,6	2,7	4,6	2,1	1,1	3,0	1,2	0,8	1,6	2,7	1,1	3,9
Gaspésie	2,4	1,3	3,3	2,6	1,9	3,1	1,2	0,9	1,6	2,0	1,0	2,9
Chaudière-Appalaches	2,5	1,0	3,6	2,3	1,5	3,2	1,3	1,0	1,7	2,2	0,5	3,3
Lanaudière	2,5	1,3	3,6	2,2	1,5	3,4	1,4	1,1	1,8	2,2	0,6	3,3
Laurentides	2,6	1,2	3,9	2,3	1,4	3,4	1,4	1,0	1,9	2,0	0,8	3,0
Montréal	2,7	0,8	4,2	2,6	1,2	4,0	1,4	1,1	1,9	1,8	0,7	2,5
Nunavik	3,3	2,1	4,2	2,0	1,2	3,0	1,5	1,3	1,9	3,3	2,6	4,0
Terres-Cris-de-la-Baie-James	2,9	1,7	4,2	1,9	1,1	2,9	1,4	1,0	1,9	2,7	1,1	4,1

Évolution des températures minimales par saison et par région par rapport à la moyenne de 1961-1990

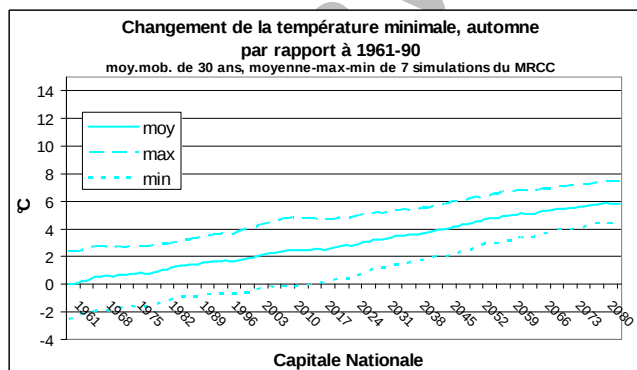
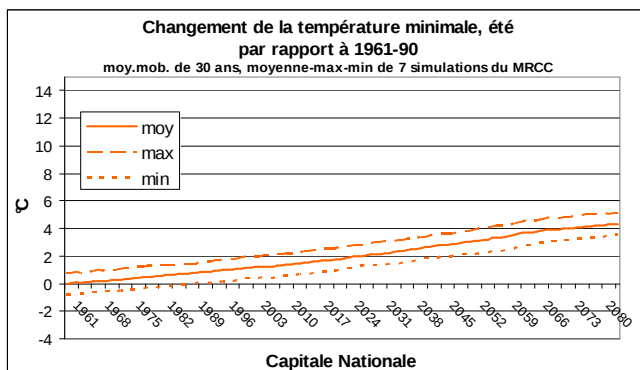
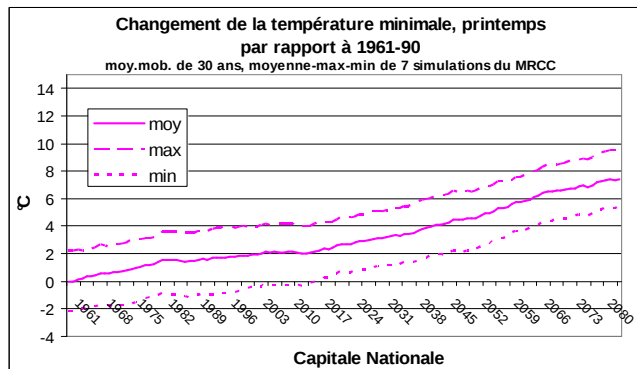
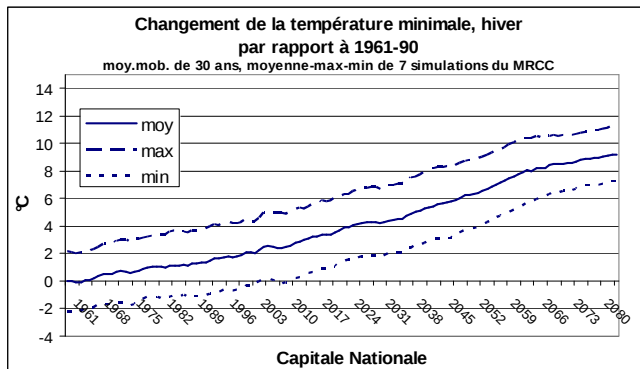
1 – Bas-Saint-Laurent



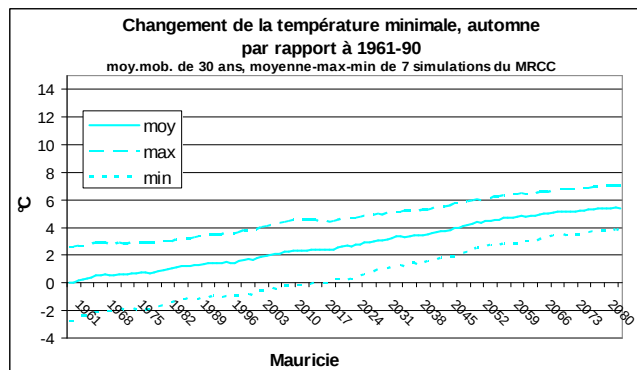
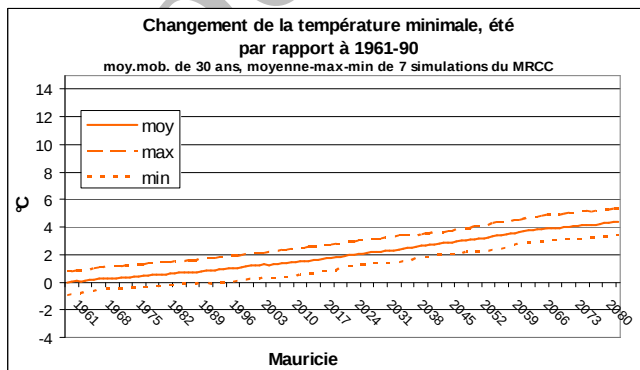
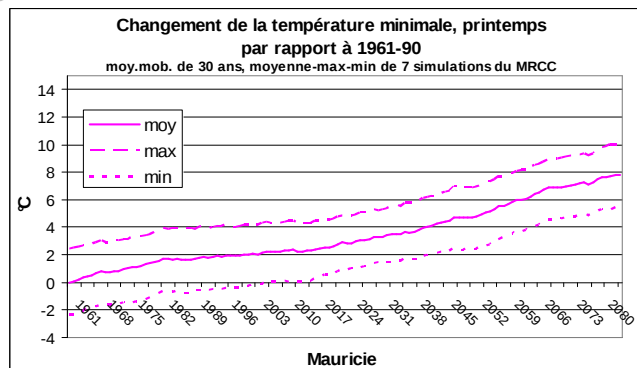
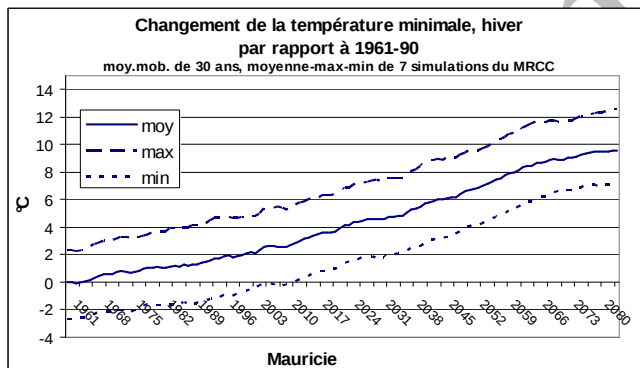
2 – Saguenay-Lac-Saint-Jean



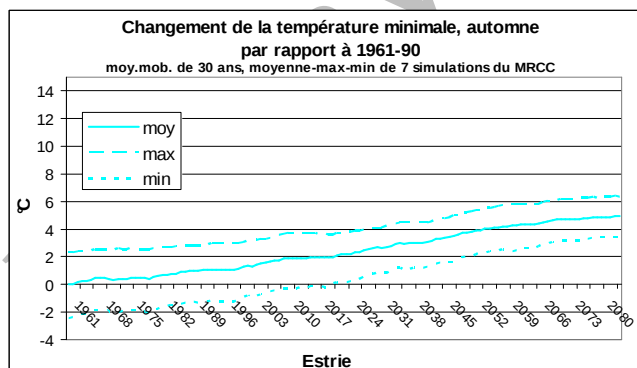
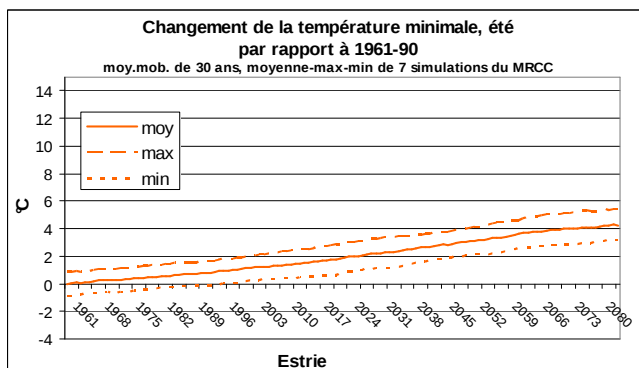
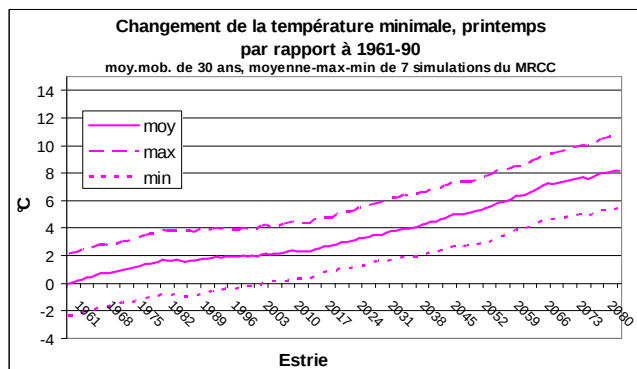
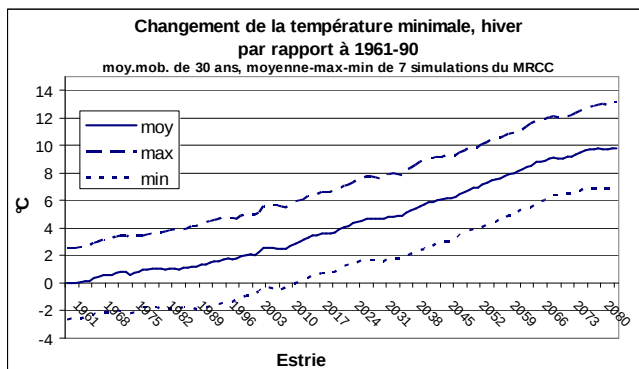
3 – Capitale-Nationale



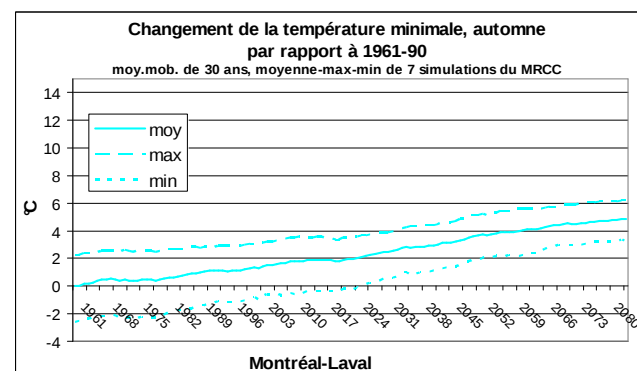
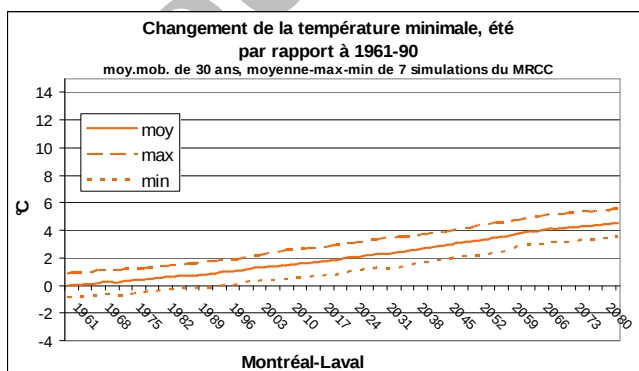
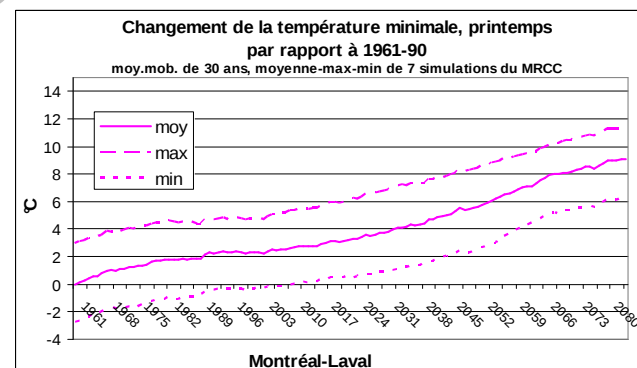
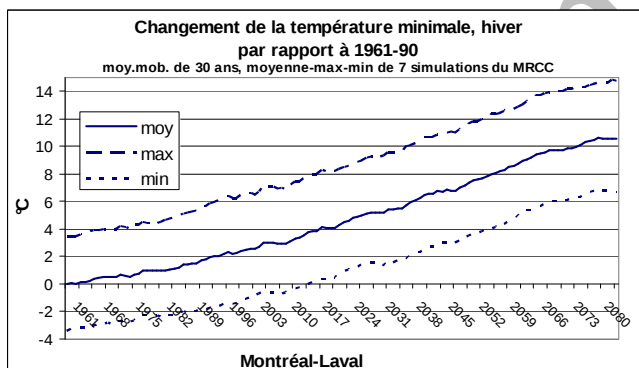
4 – Mauricie



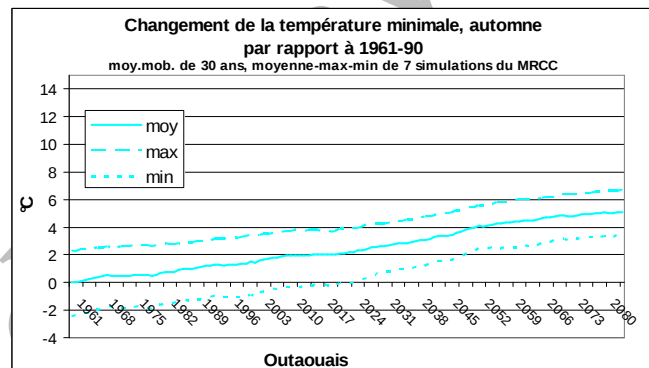
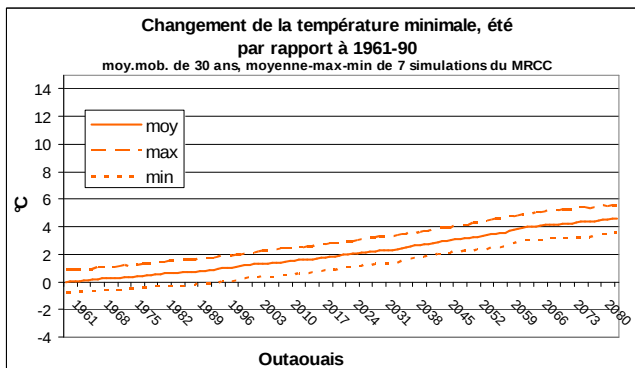
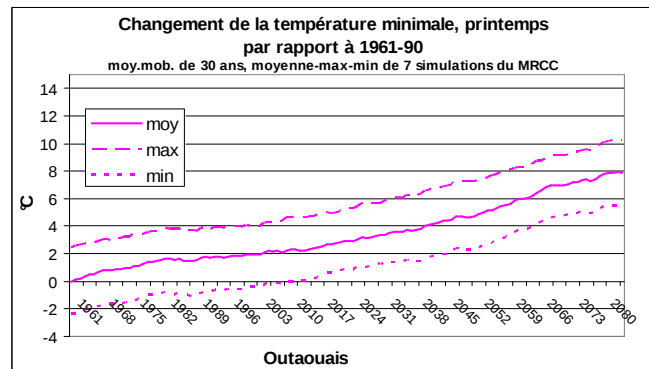
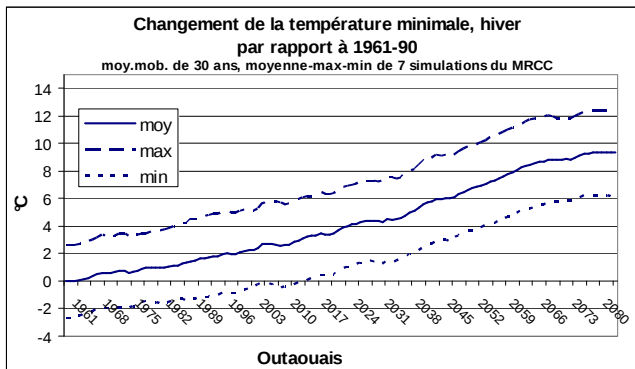
5 – Estrie



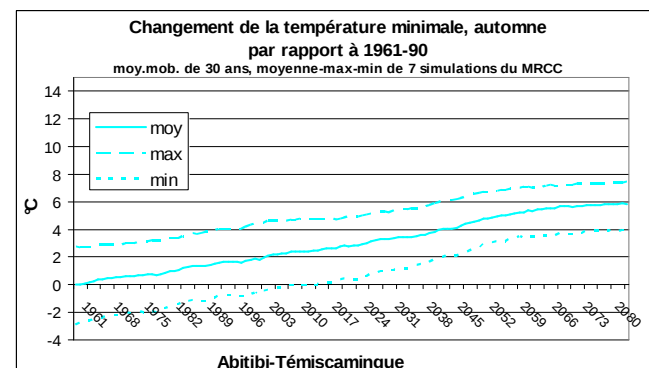
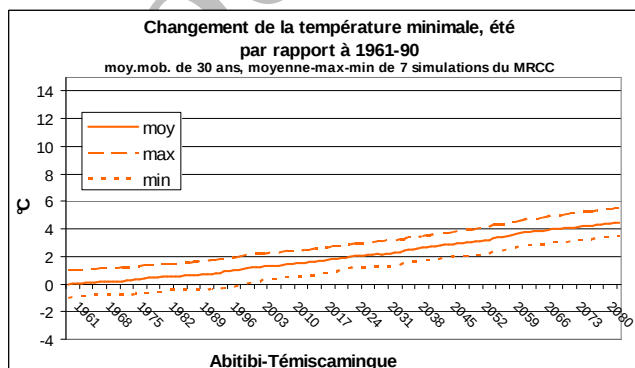
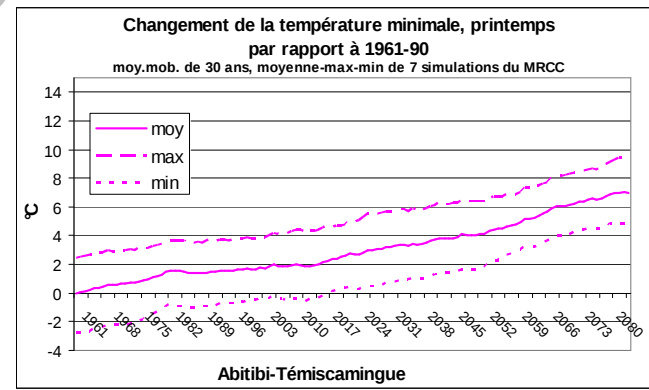
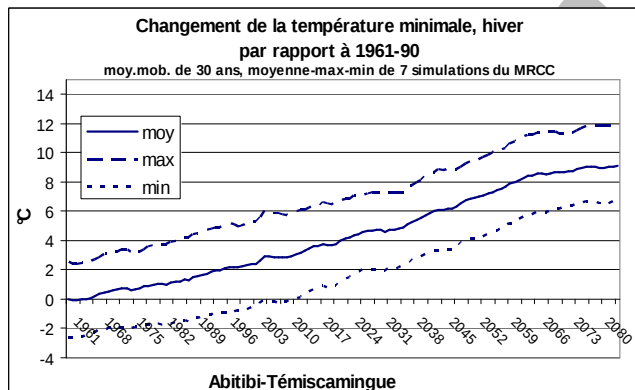
6/13 – Montréal/Laval



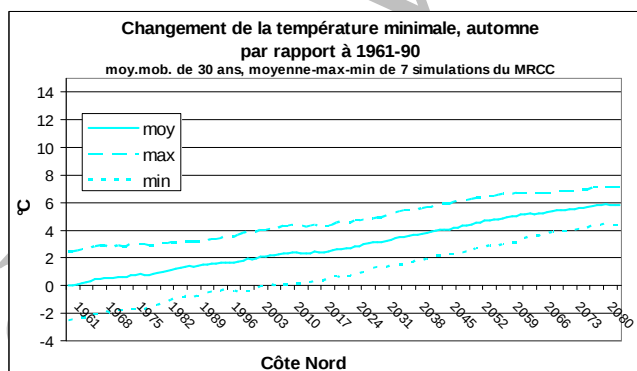
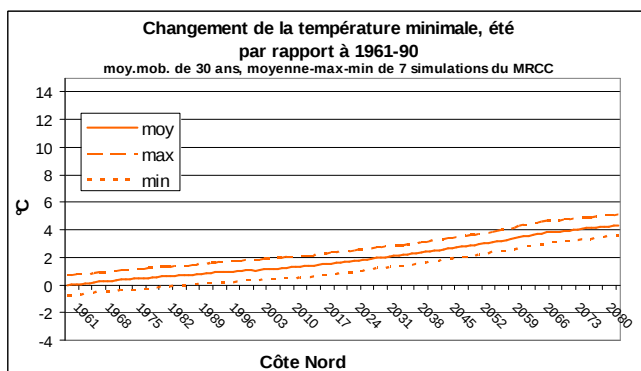
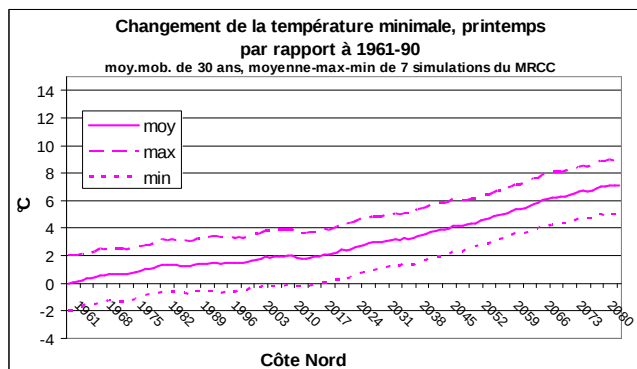
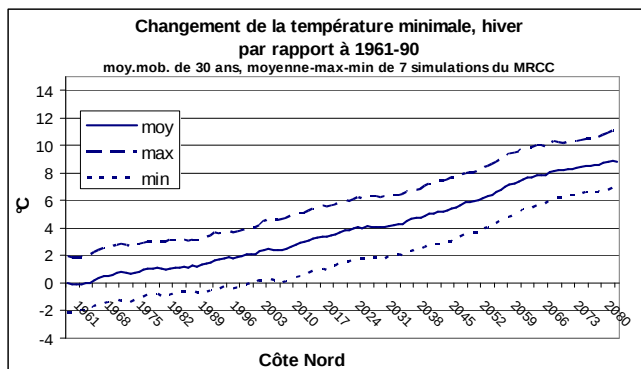
7 – Outaouais



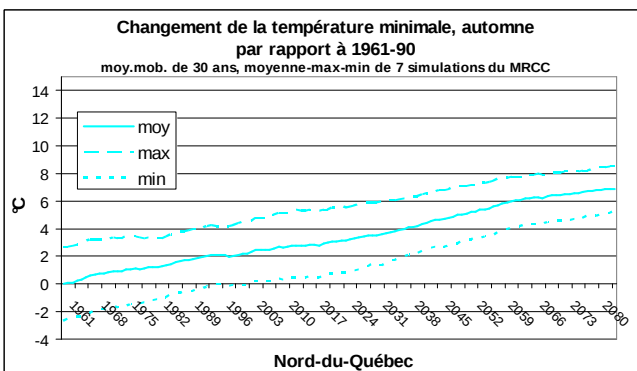
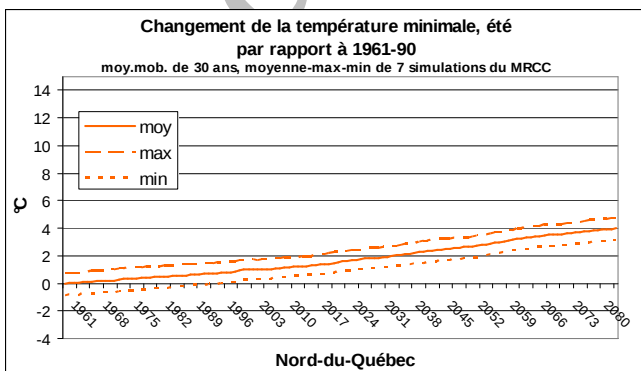
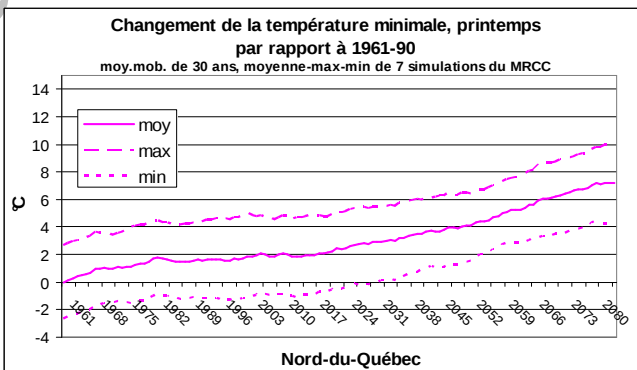
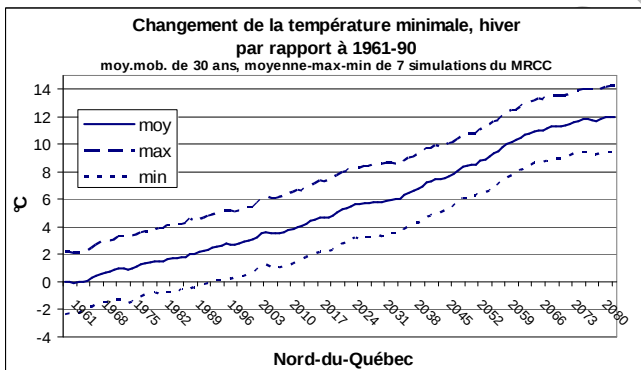
8 – Abitibi-Témiscamingue



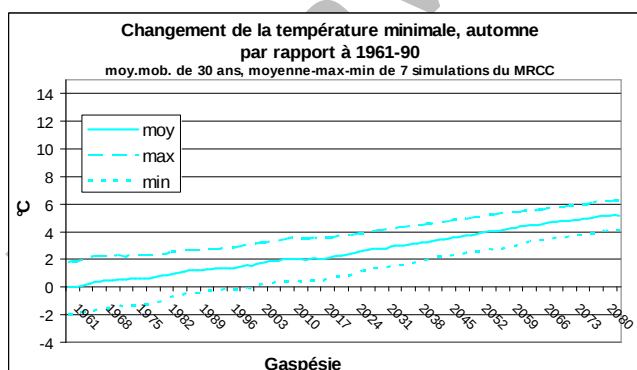
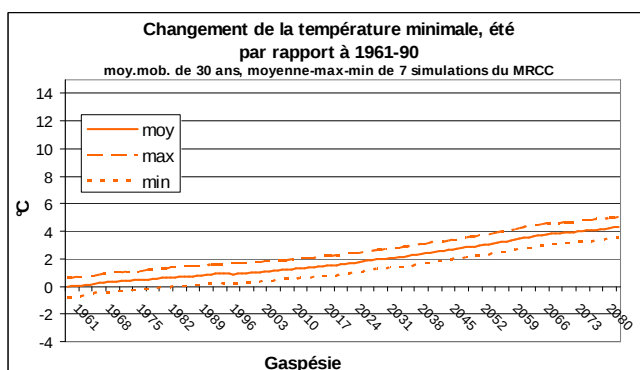
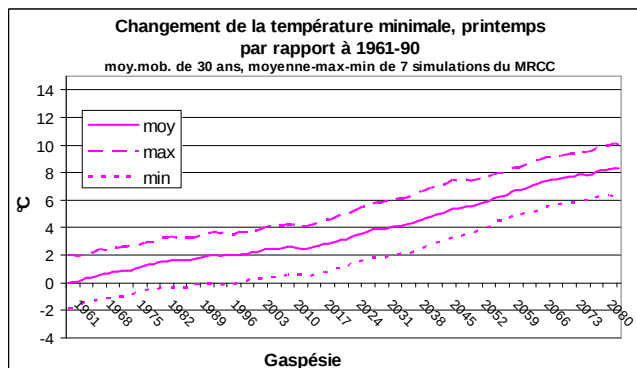
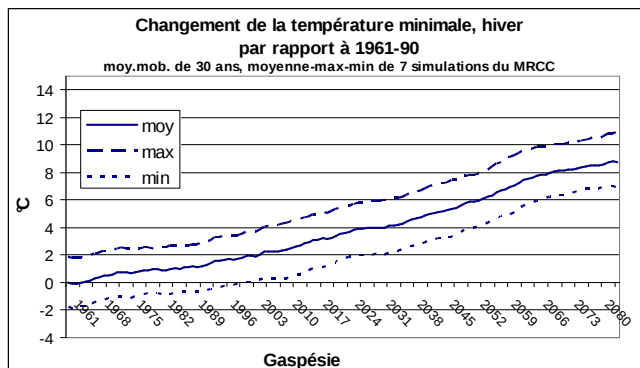
9 – Côte-Nord



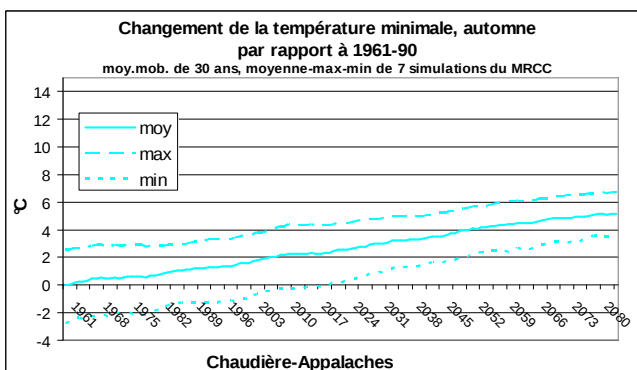
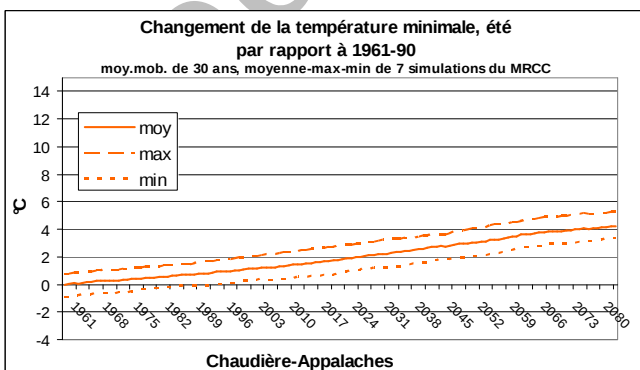
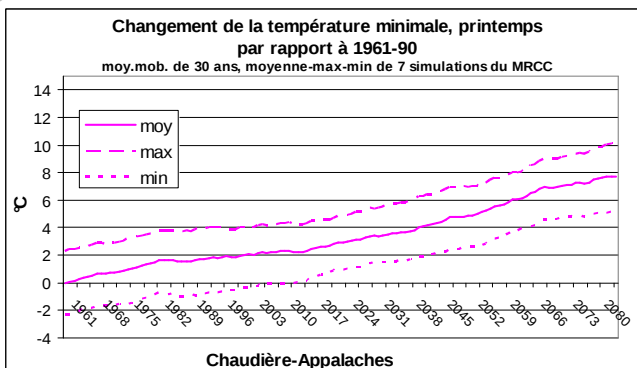
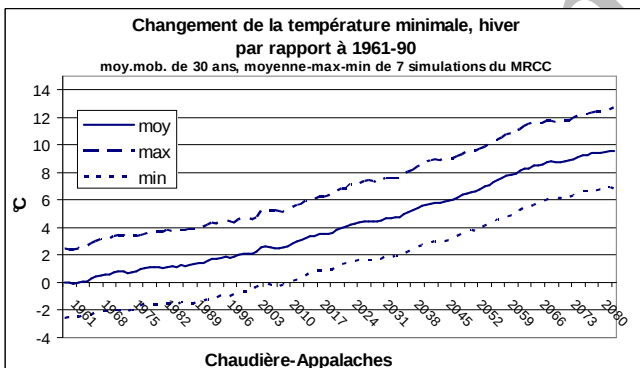
10 – Nord-du-Québec



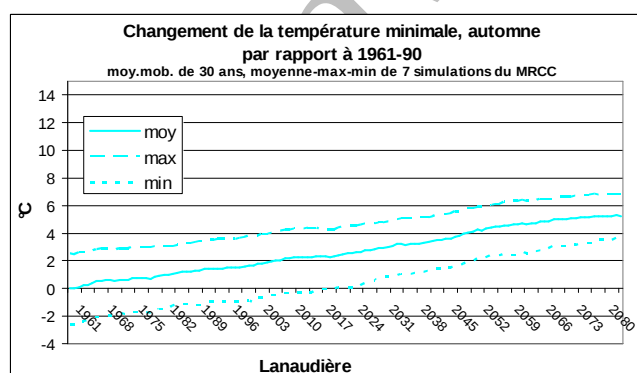
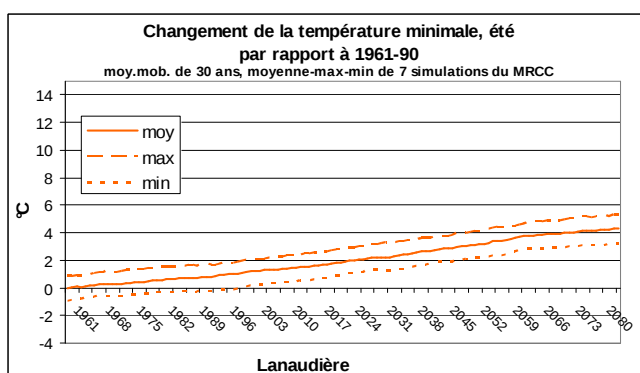
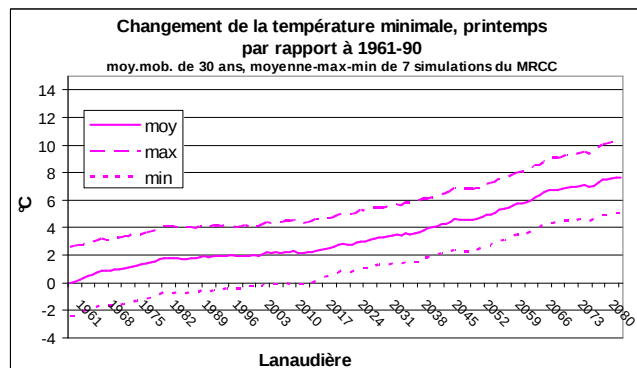
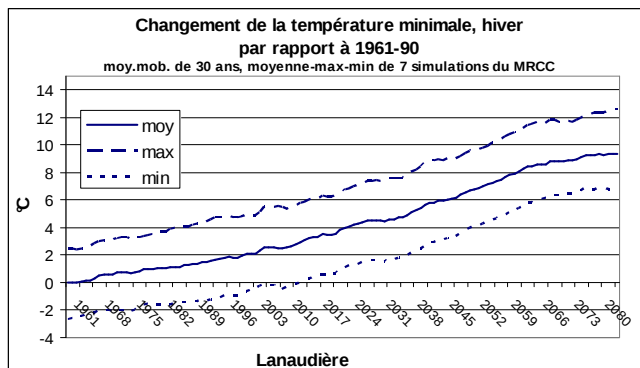
11 – Gaspésie



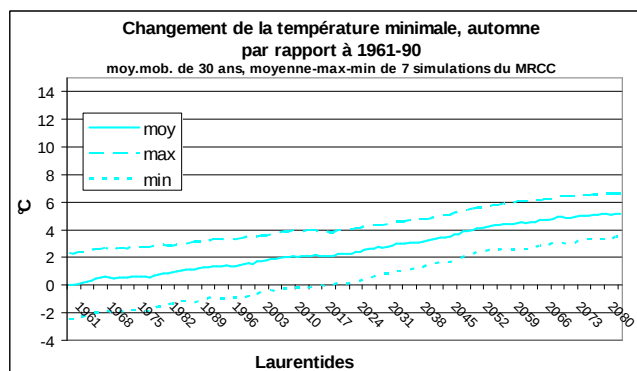
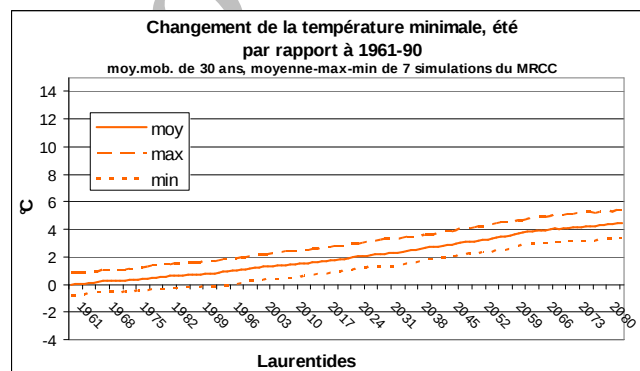
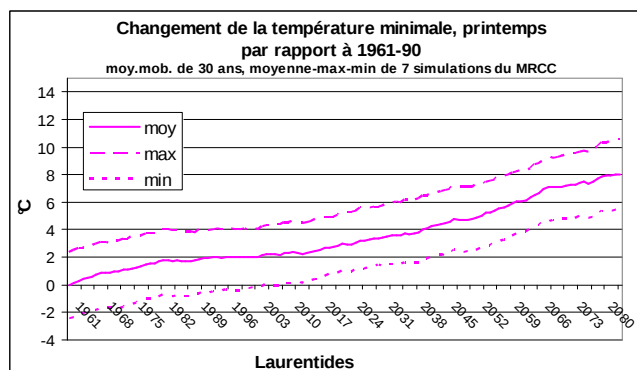
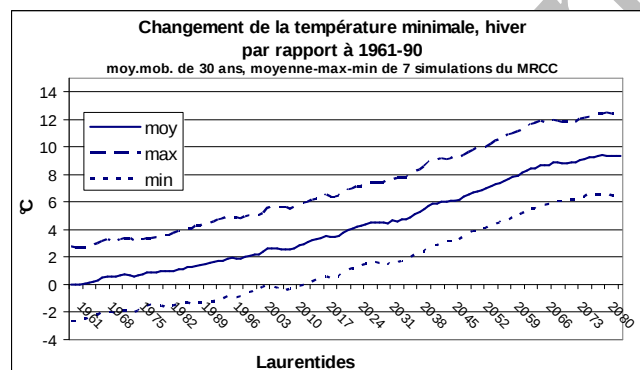
12 – Chaudière-Appalaches



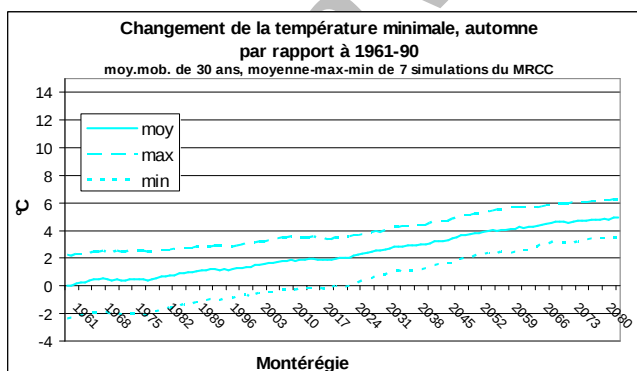
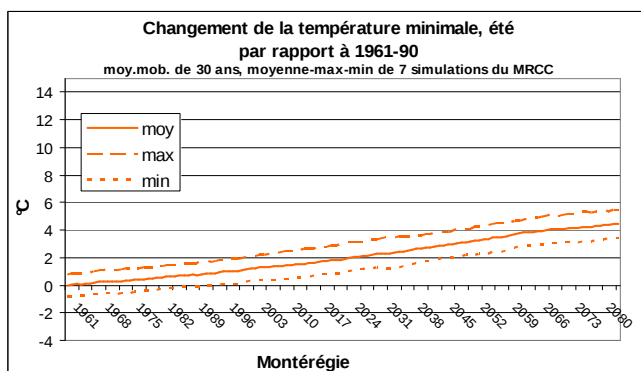
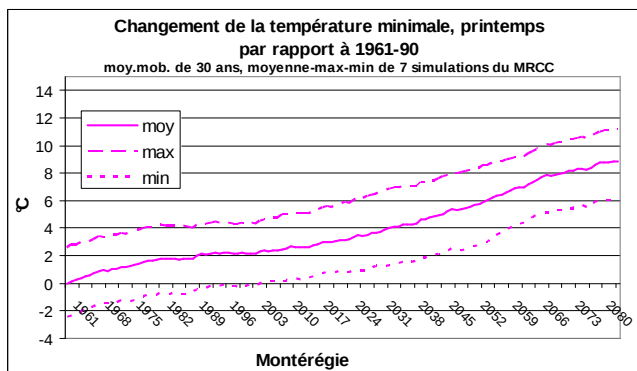
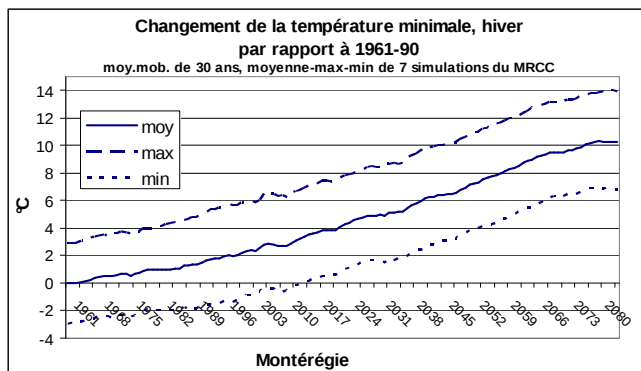
14 – Lanaudière



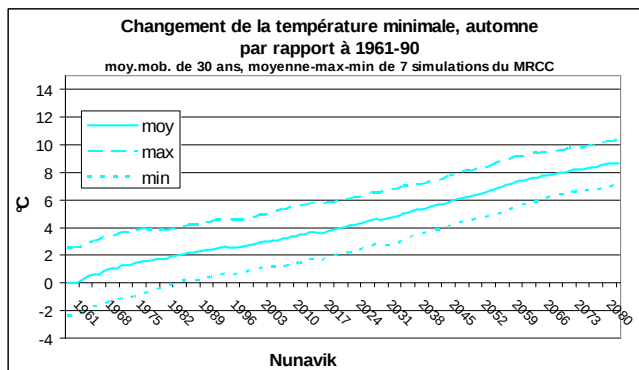
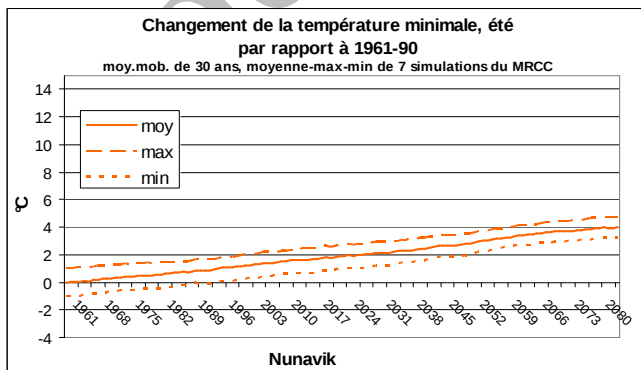
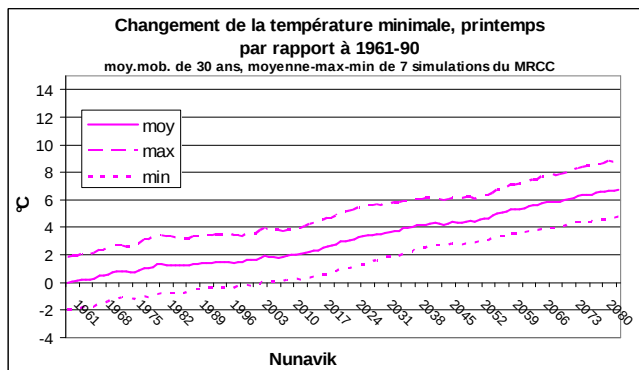
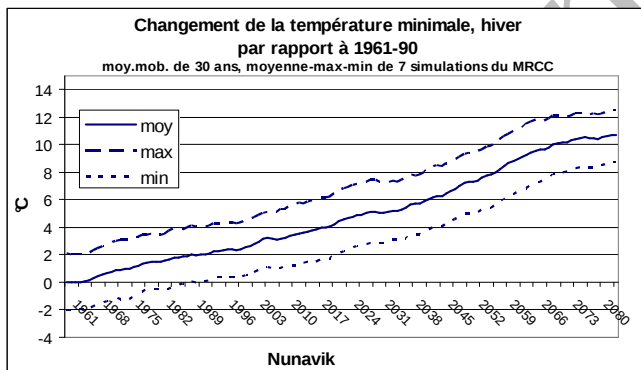
15 – Laurentides



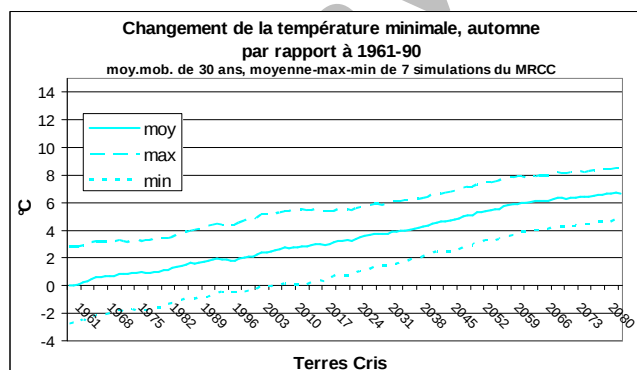
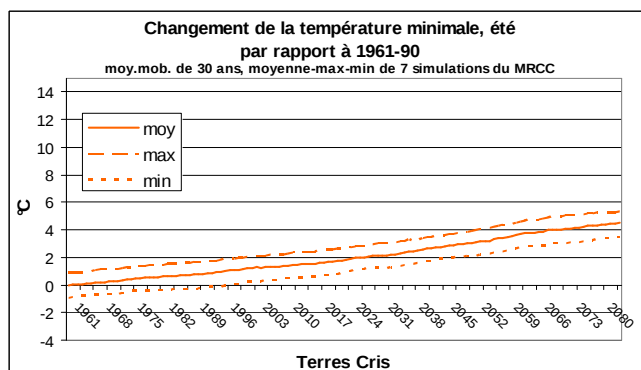
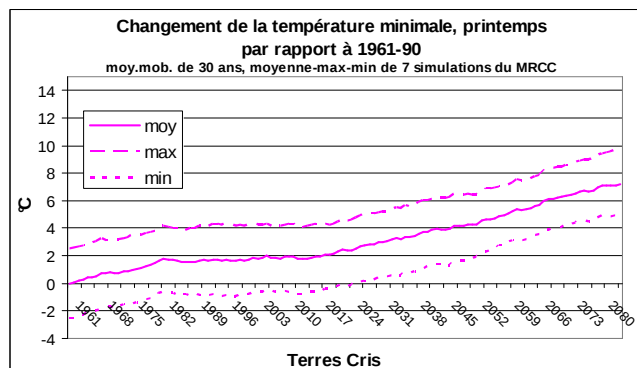
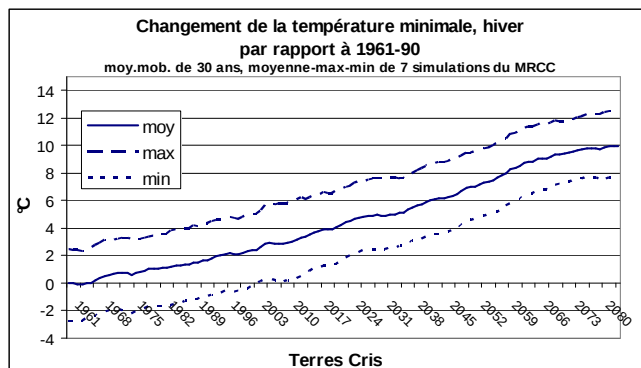
16 – Montérégie



17 – Nunavik



18 – Terres-Cris-de-la-Baie-James

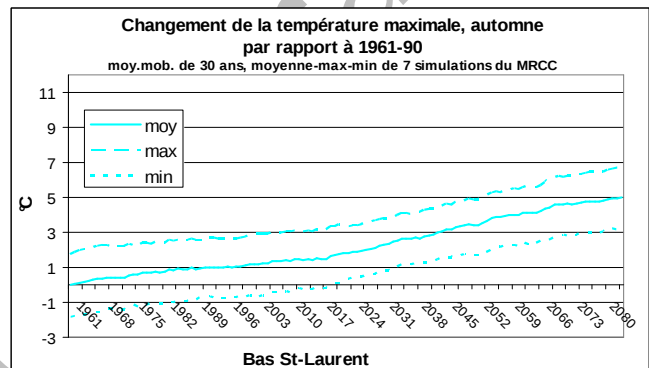
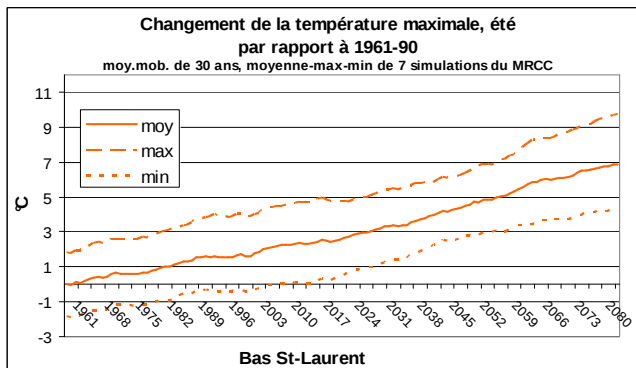
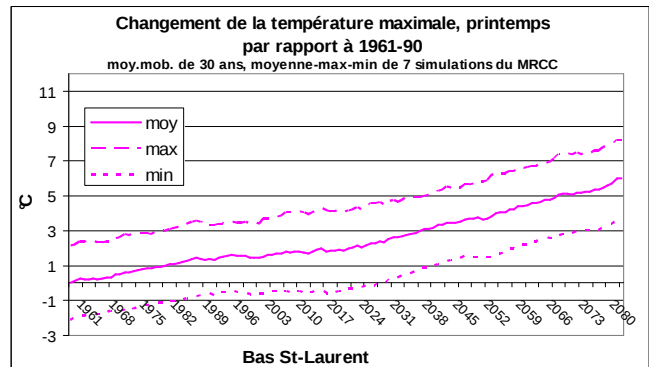
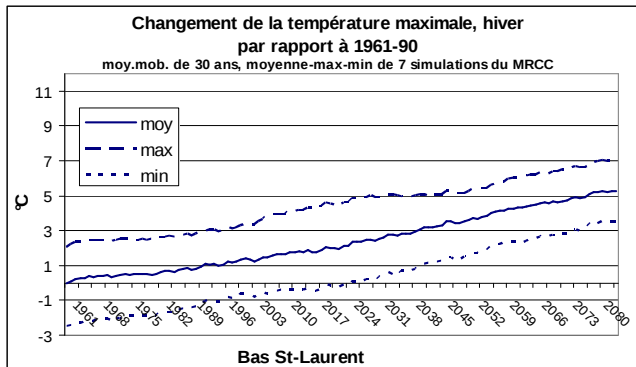


**Changements des températures maximales (°C) par saison et par région
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990**

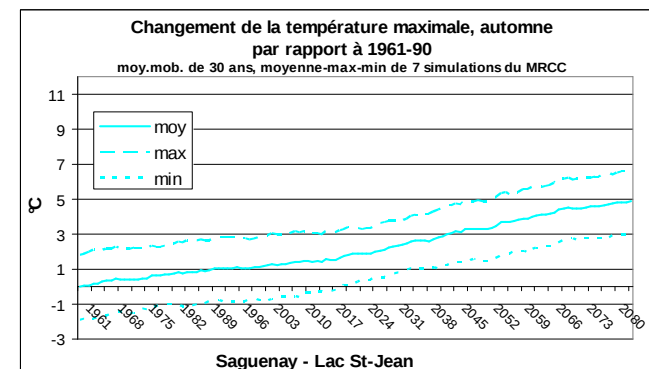
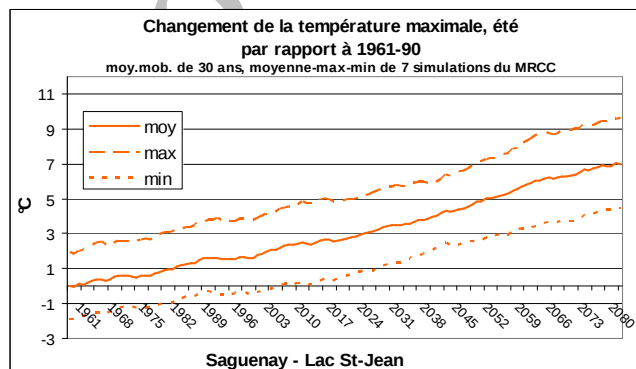
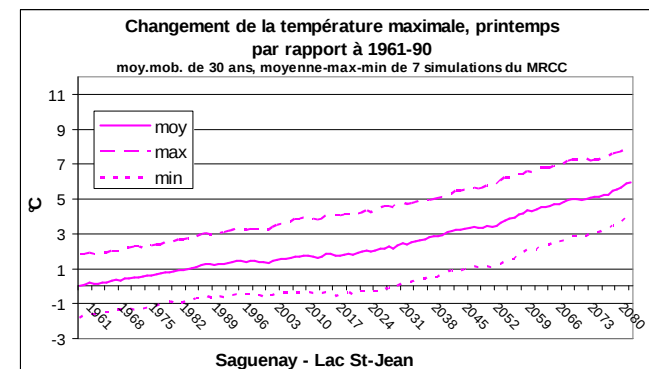
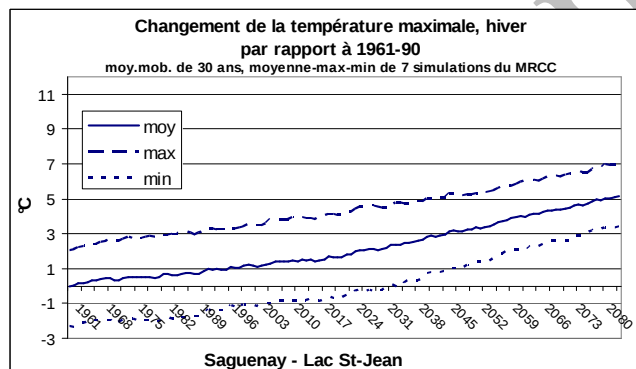
	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	1,7	1,0	2,4	1,8	0,9	2,8	2,3	1,5	3,0	1,4	0,5	2,0
Saguenay–Lac-Saint-Jean	1,4	0,5	2,5	1,7	1,0	2,7	2,3	1,4	3,0	1,4	0,5	2,0
Capitale-Nationale	1,4	0,6	2,3	1,7	1,1	2,7	2,4	1,3	3,2	1,4	0,5	2,1
Mauricie	1,1	0,4	1,9	2,1	1,0	3,4	2,4	1,1	3,5	1,5	0,9	2,4
Montréal/Laval	1,4	0,8	2,2	1,6	0,6	2,6	2,2	1,0	3,2	1,4	0,8	2,0
Estrie	1,0	0,4	1,8	1,8	0,7	2,7	2,5	1,3	3,5	1,4	0,5	2,2
Outaouais	1,0	0,1	2,0	1,4	0,4	2,7	2,3	1,4	3,3	1,5	0,5	2,8
Abitibi-Temiscamingue	1,6	1,0	2,2	1,4	0,7	2,2	2,0	1,5	2,4	1,6	1,1	2,1
Côte-Nord	1,6	0,2	2,8	1,8	0,9	2,4	1,8	1,4	2,2	1,8	1,2	2,8
Nord-du-Québec	1,6	1,0	2,1	1,7	1,0	2,4	2,1	1,5	2,6	1,6	0,9	2,1
Gaspésie	1,5	0,6	2,2	1,7	0,9	2,7	2,3	1,4	3,4	1,3	0,7	2,0
Chaudière-Appalaches	1,1	0,4	2,0	1,7	0,8	2,7	2,4	1,2	3,5	1,4	0,7	2,2
Lanaudière	1,3	0,6	2,1	1,8	1,1	2,8	2,3	1,2	3,3	1,4	0,7	2,1
Laurentides	0,9	0,5	2,0	1,4	0,8	2,7	2,1	1,1	3,4	1,2	0,5	2,2
Montérégie	1,2	0,6	1,9	1,9	1,0	2,9	2,3	1,0	3,4	1,5	1,0	2,2
Nunavik	2,5	1,1	3,6	1,3	0,7	1,8	1,5	0,9	2,1	1,4	0,8	2,1
Terres-Cris-de-la-Baie-James	1,2	0,3	2,2	1,4	0,6	2,5	2,3	1,6	3,0	1,5	0,6	2,6

Évolution des températures maximales par saison et par région par rapport à la moyenne de 1961-1990

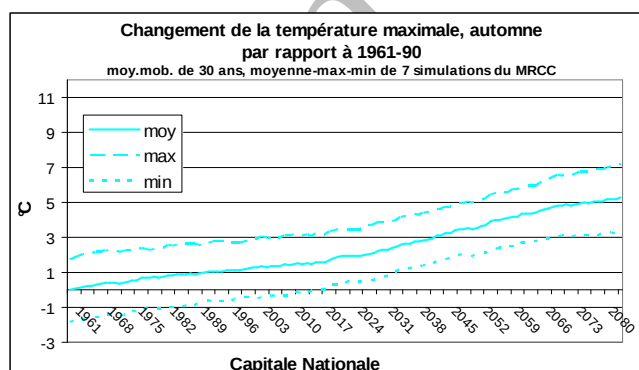
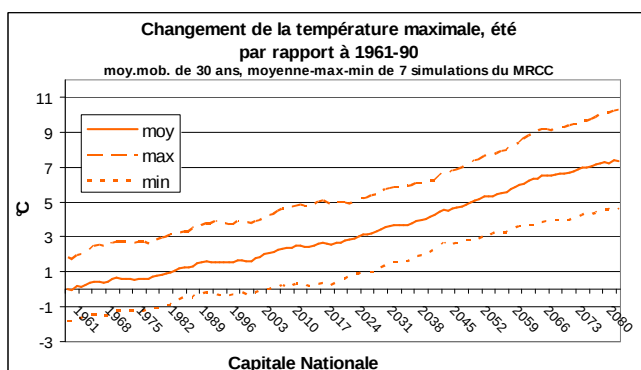
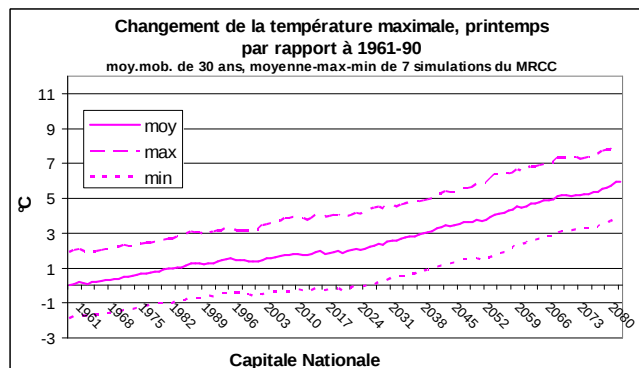
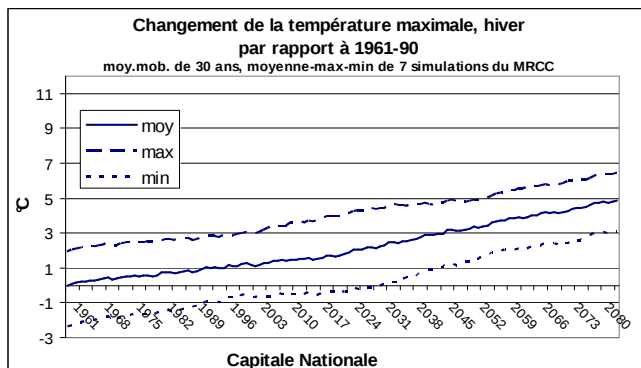
1 – Bas-Saint-Laurent



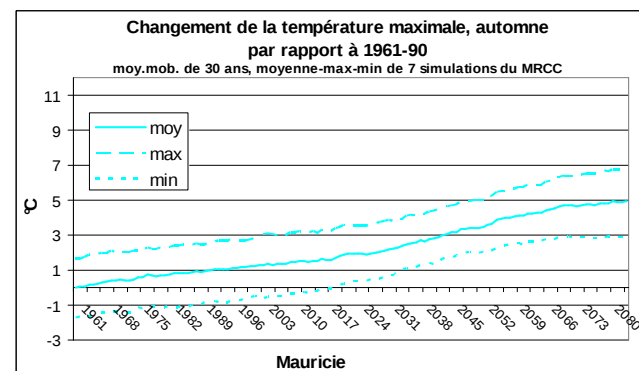
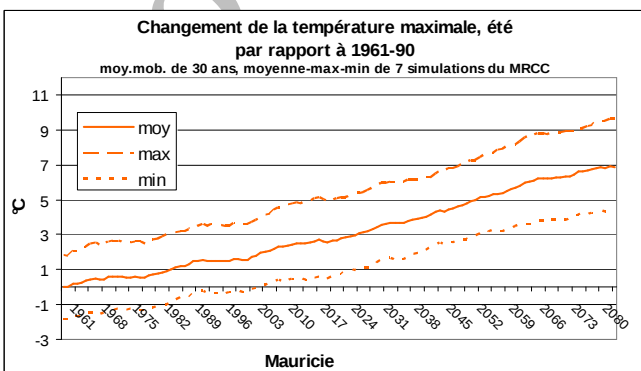
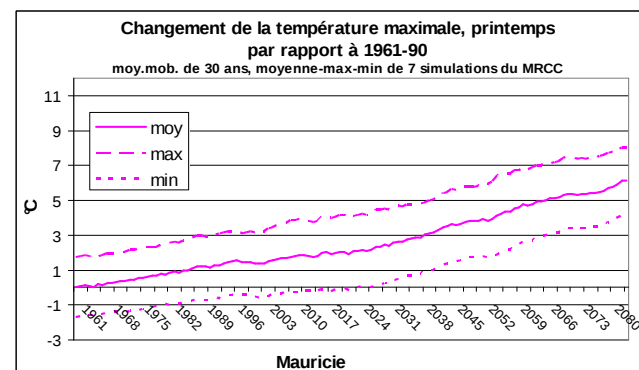
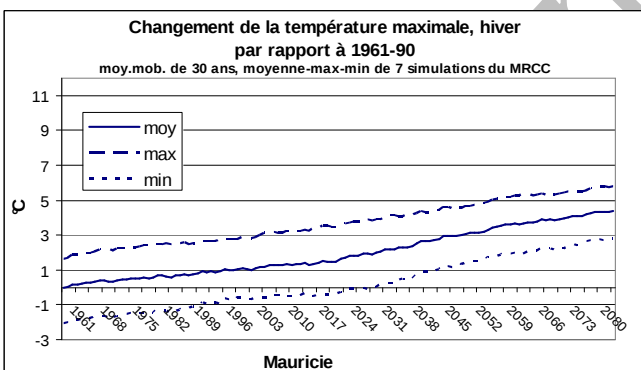
2 – Saguenay-Lac-Saint-Jean



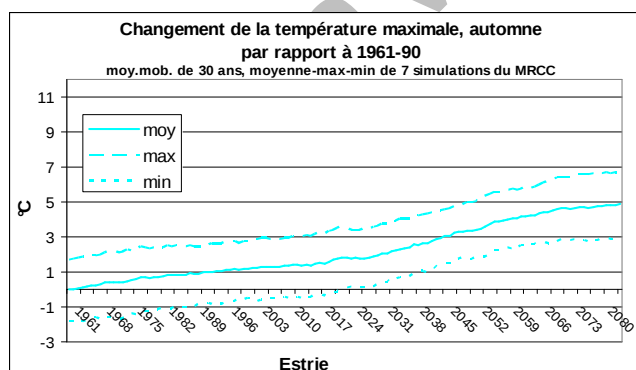
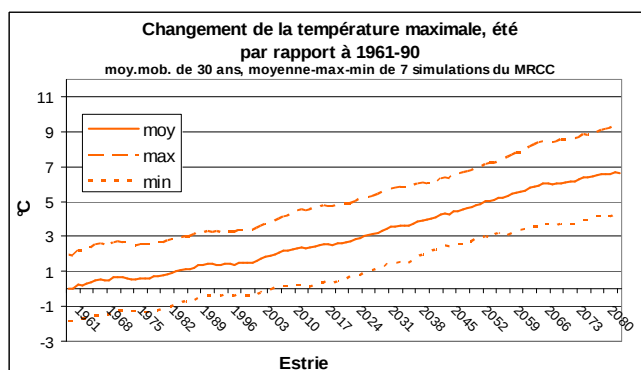
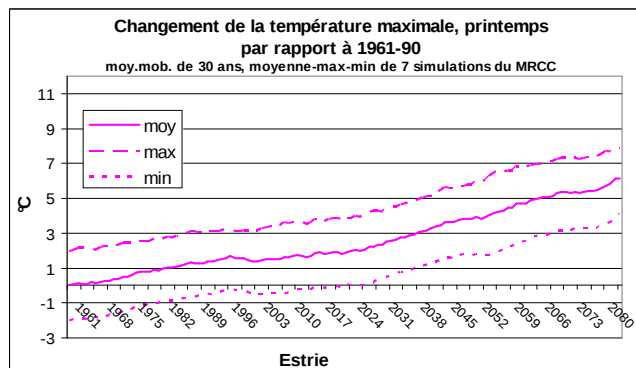
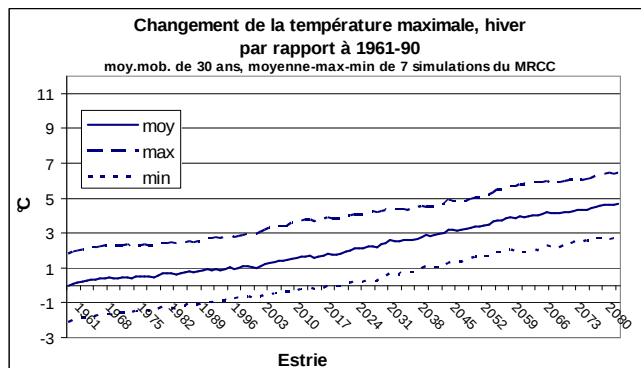
3 – Capitale-Nationale



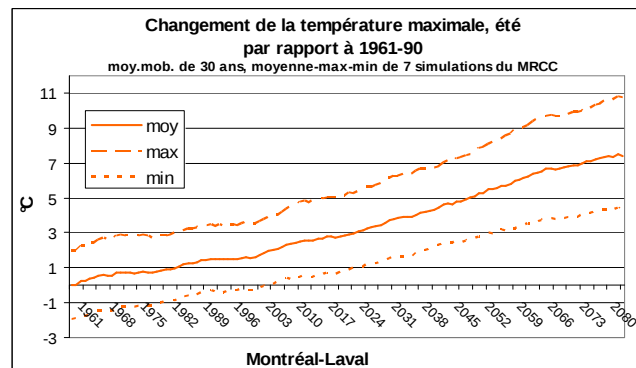
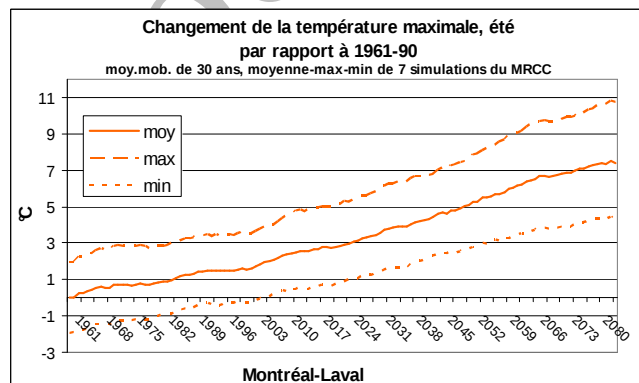
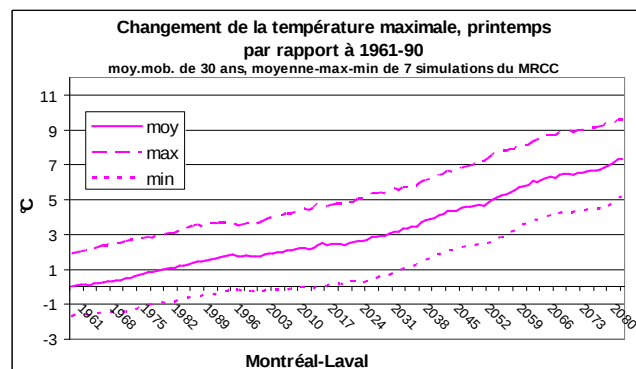
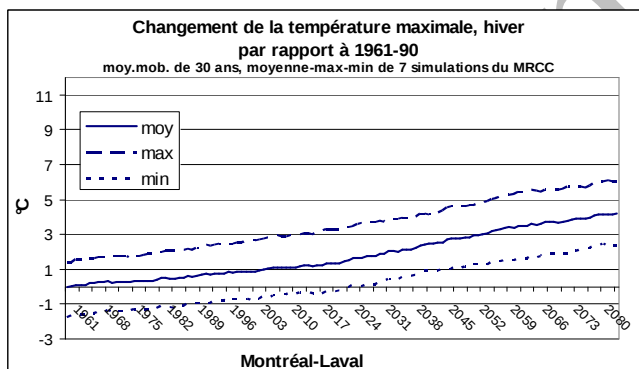
4 – Mauricie



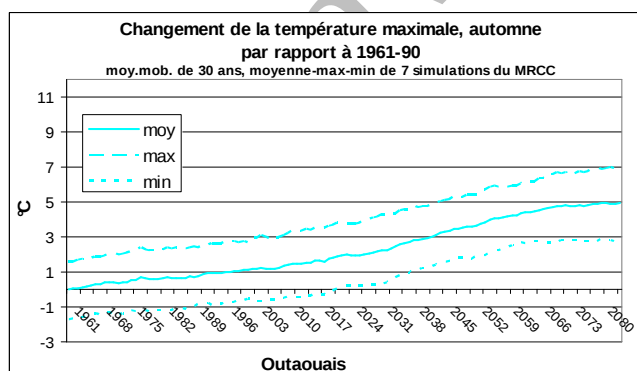
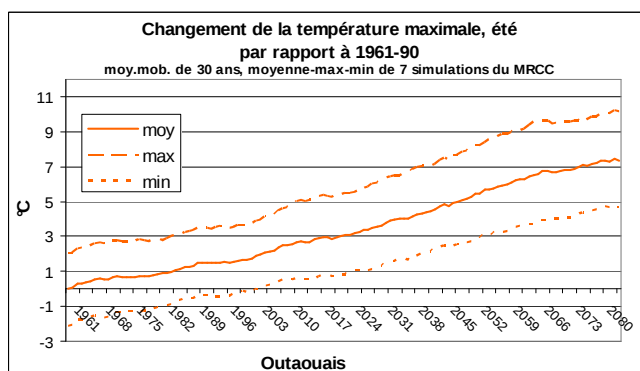
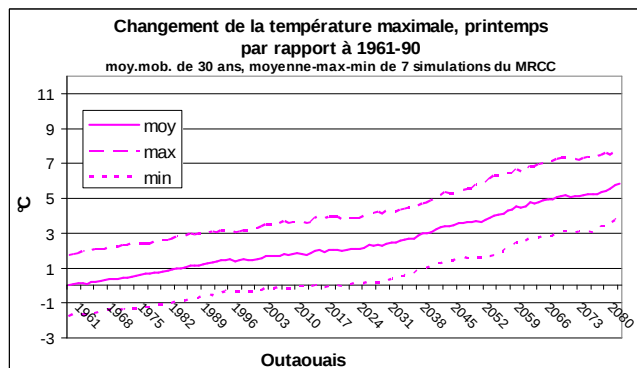
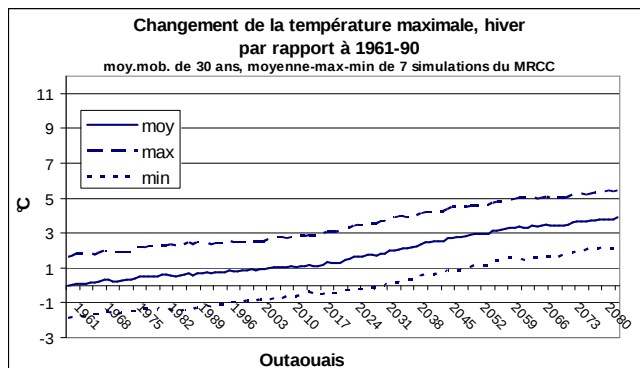
5 – Estrie



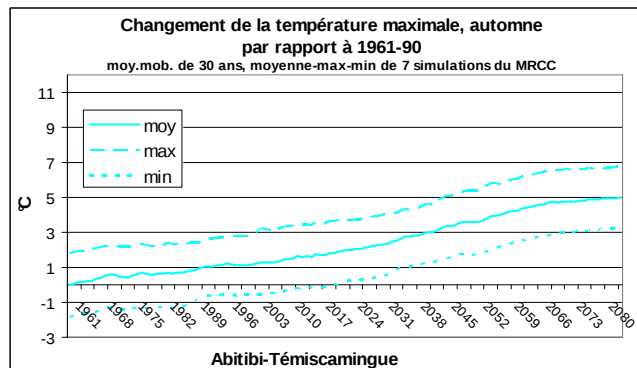
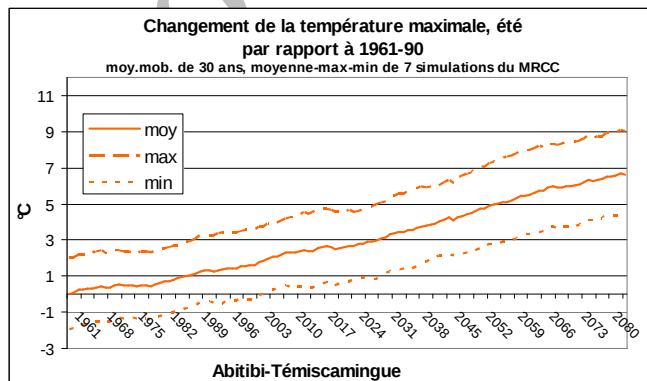
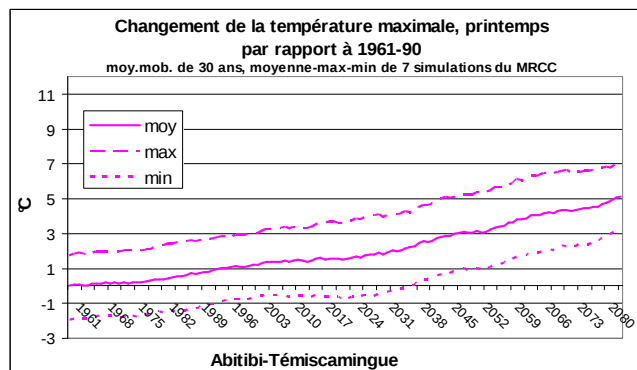
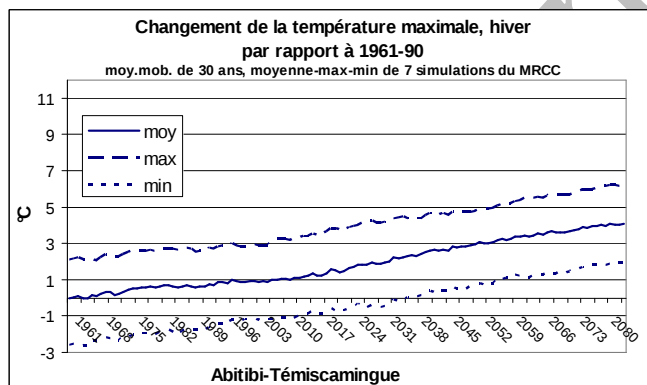
6/13 – Montréal/Laval



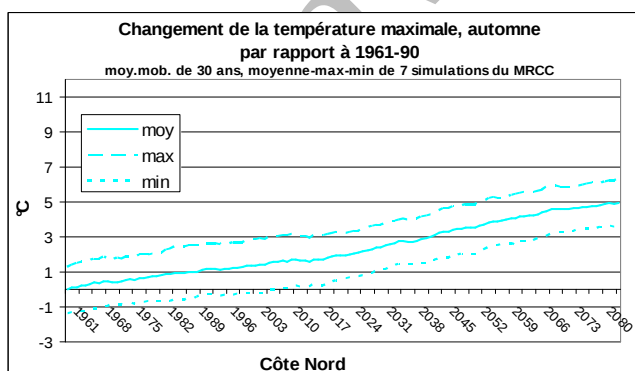
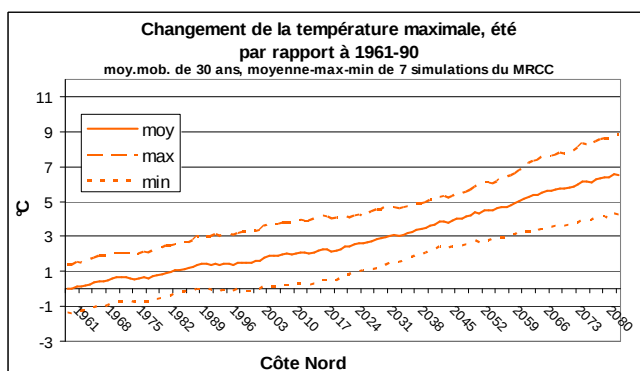
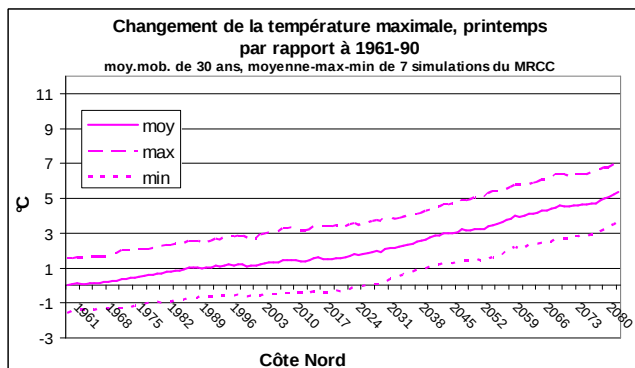
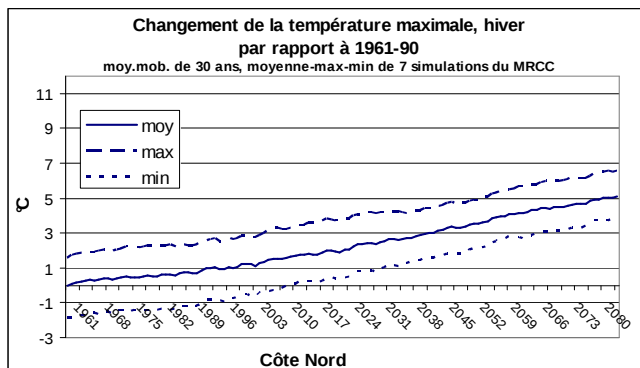
7- Outaouais



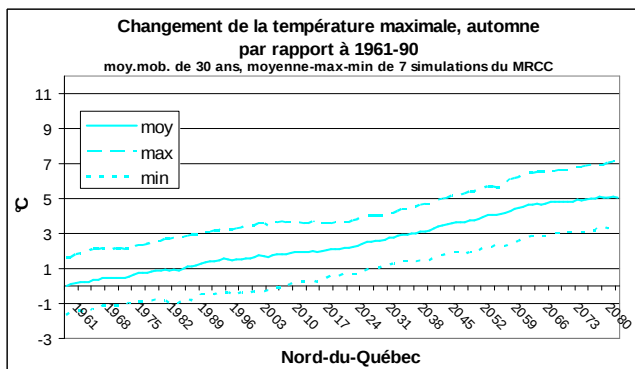
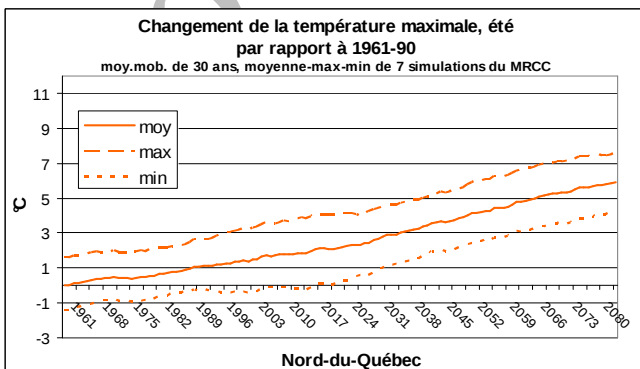
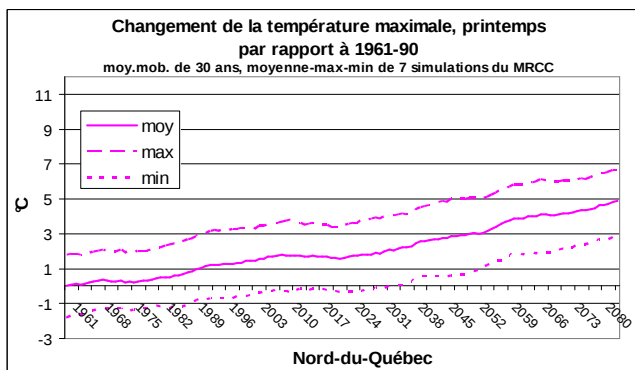
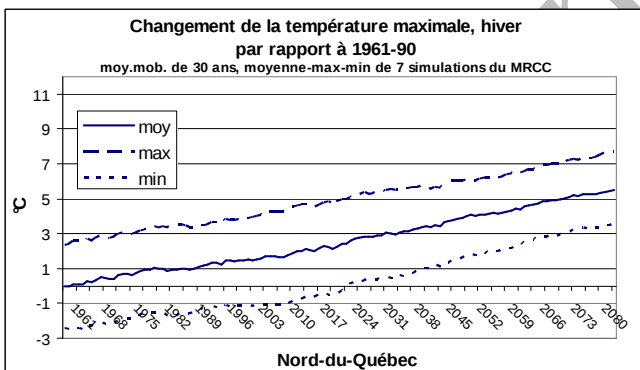
8 - Abitibi-Témiscamingue



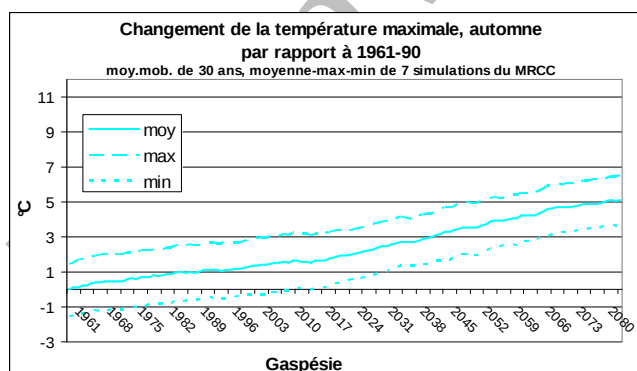
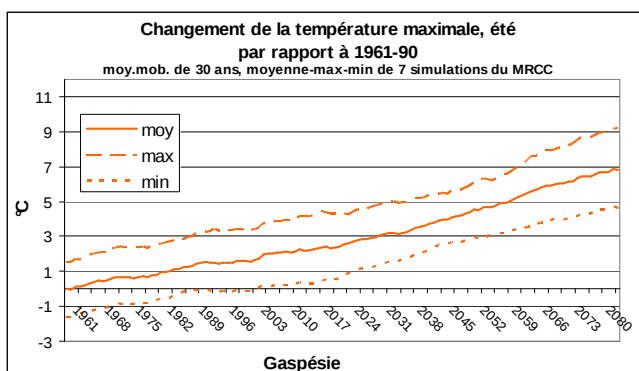
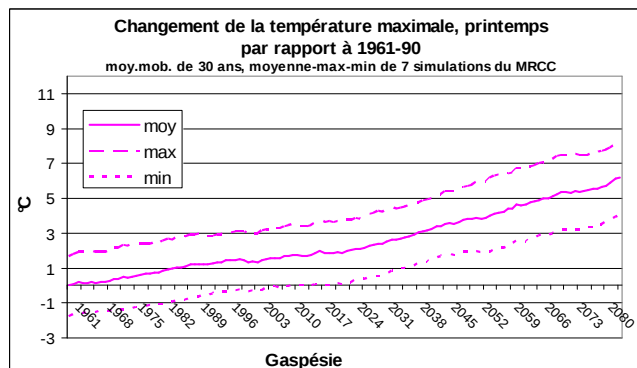
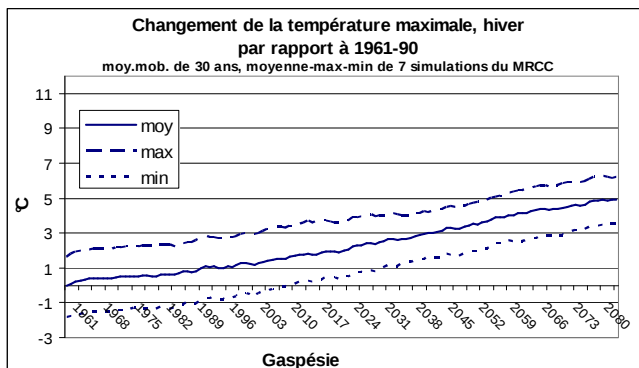
9 – Côte-Nord



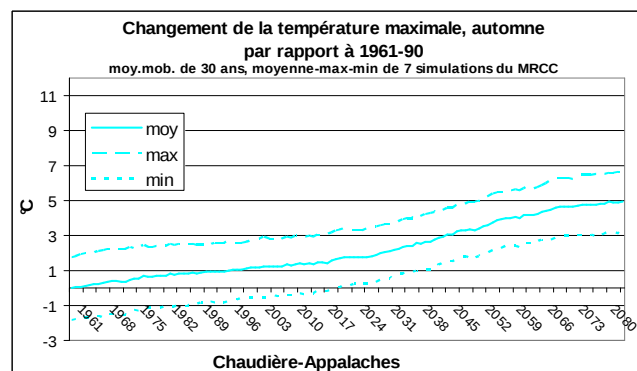
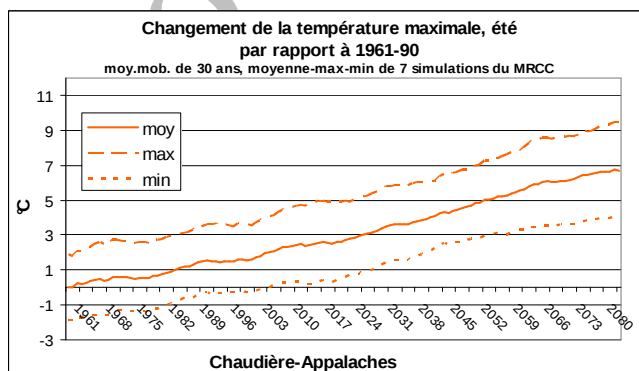
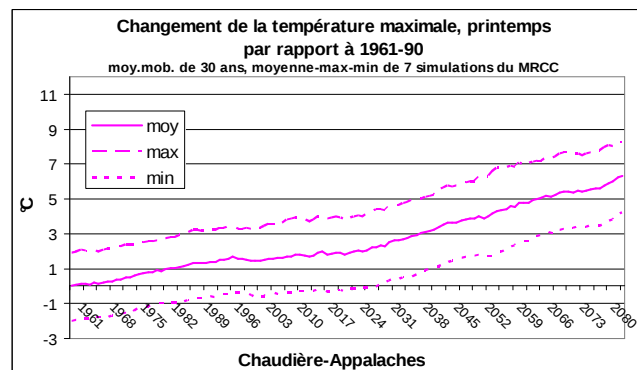
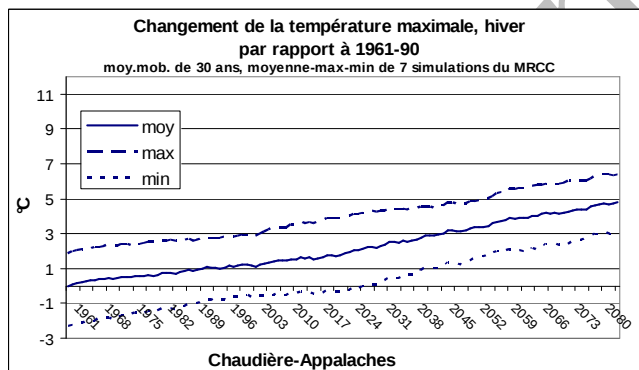
10 – Nord-du-Québec



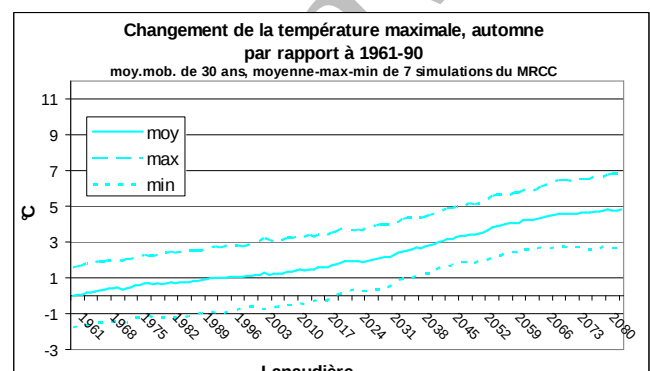
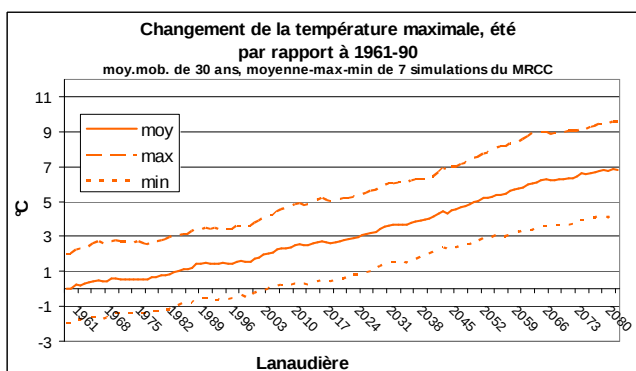
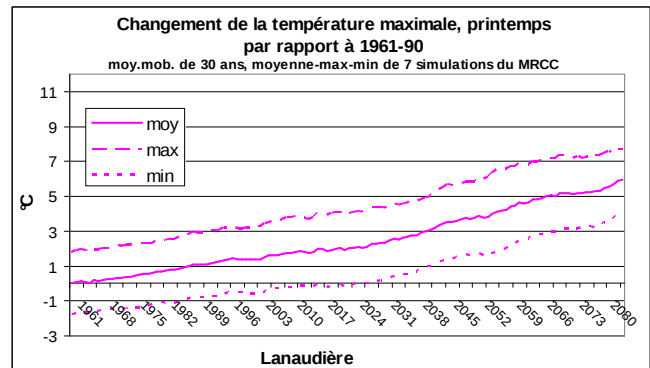
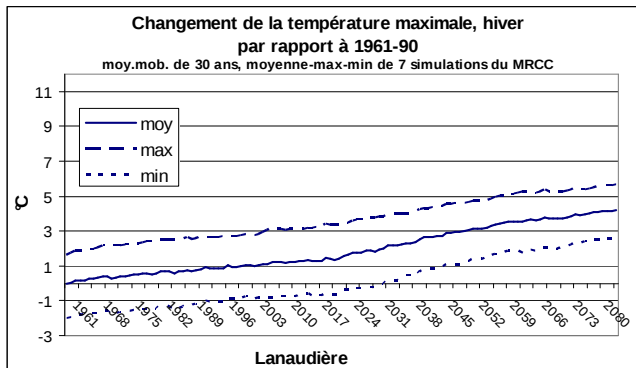
11 – Gaspésie



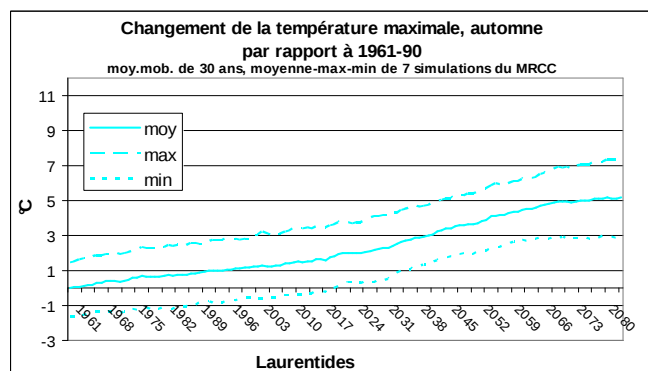
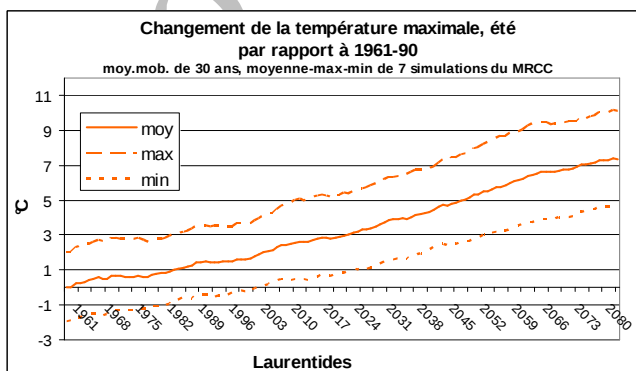
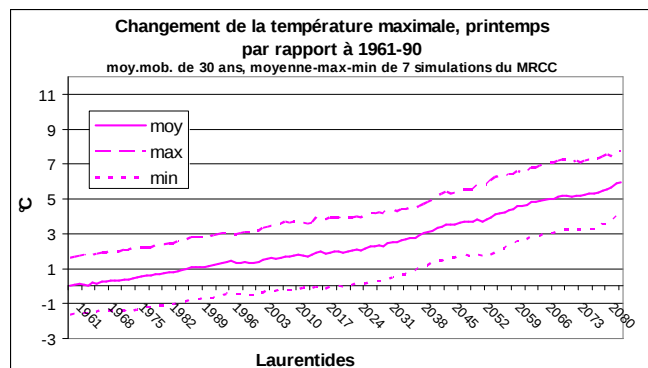
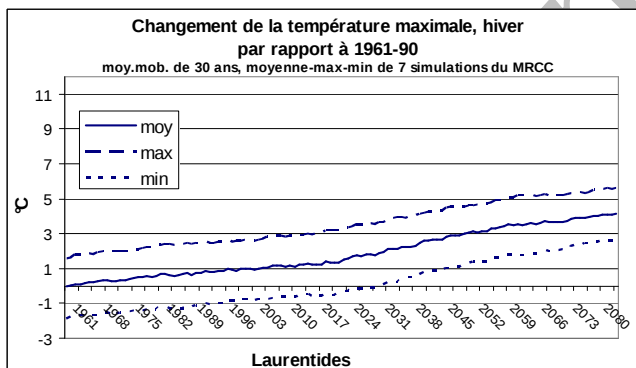
12 – Chaudière-Appalaches



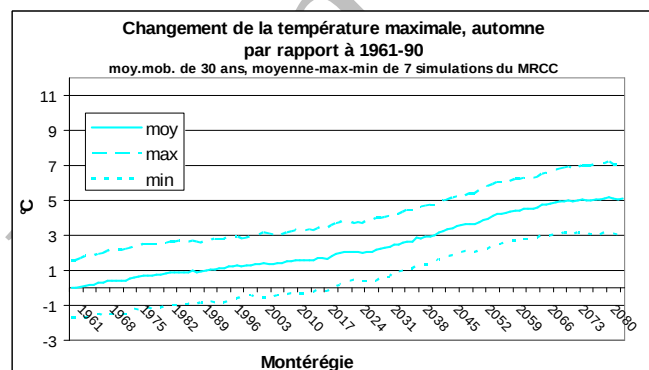
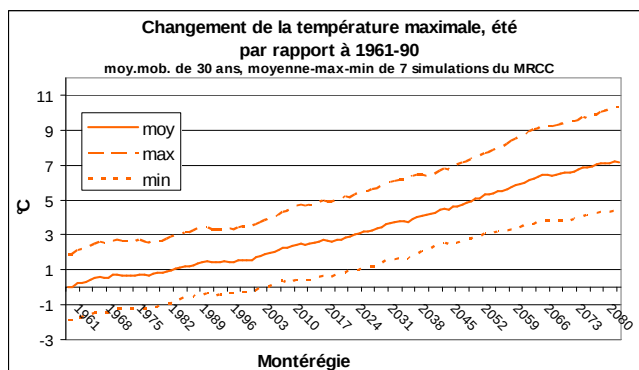
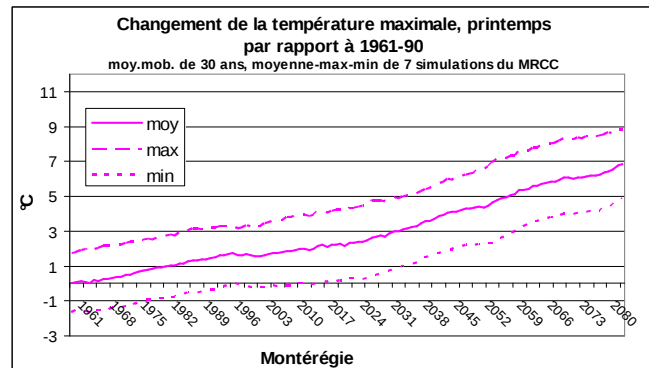
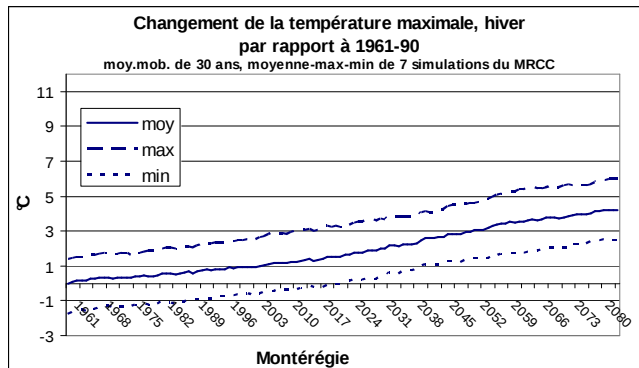
14 – Lanaudière



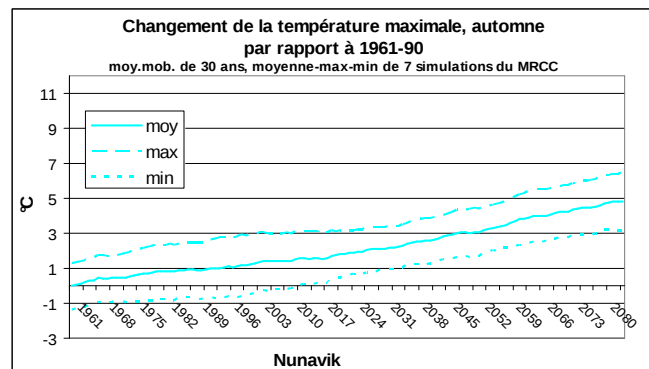
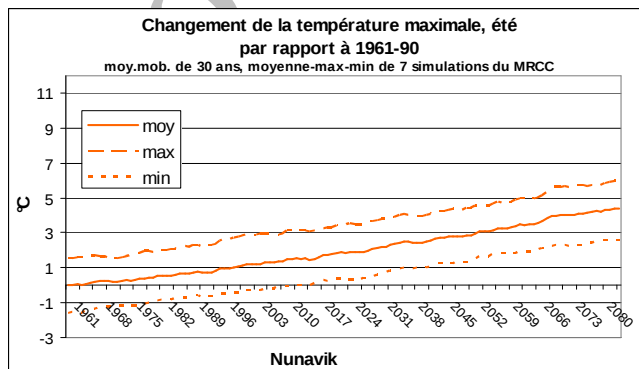
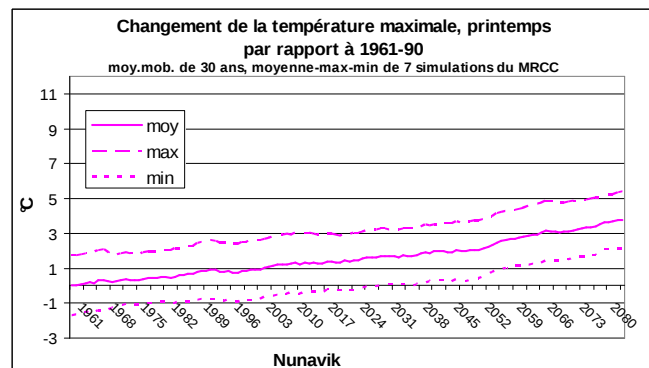
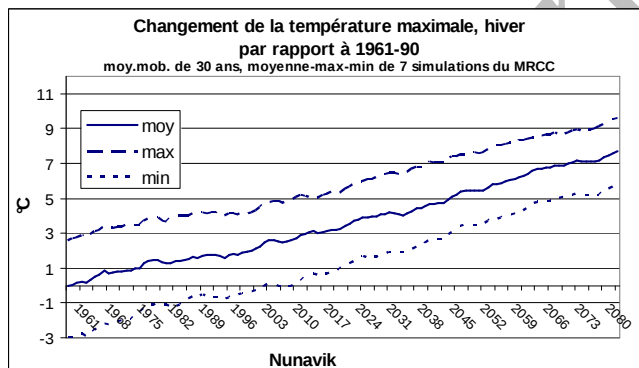
15 – Laurentides



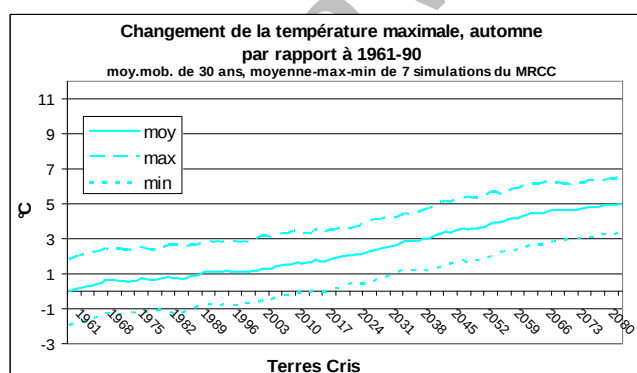
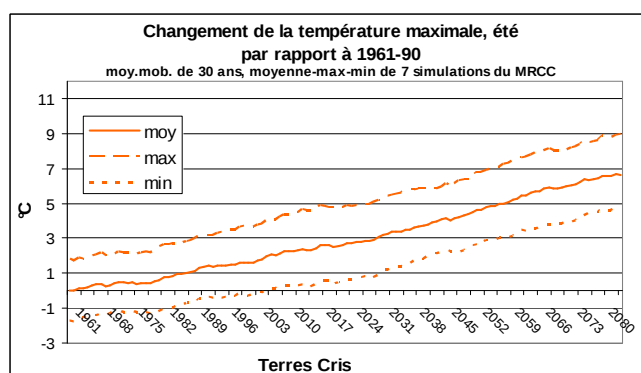
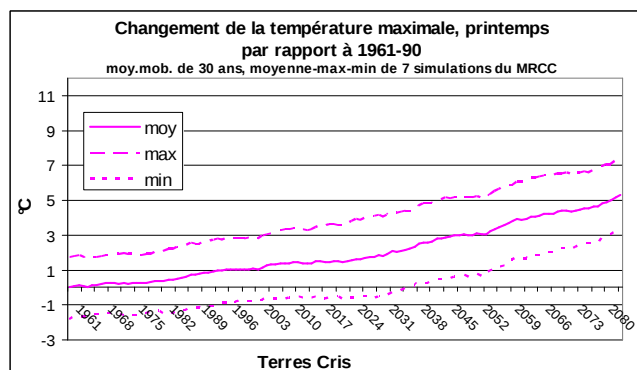
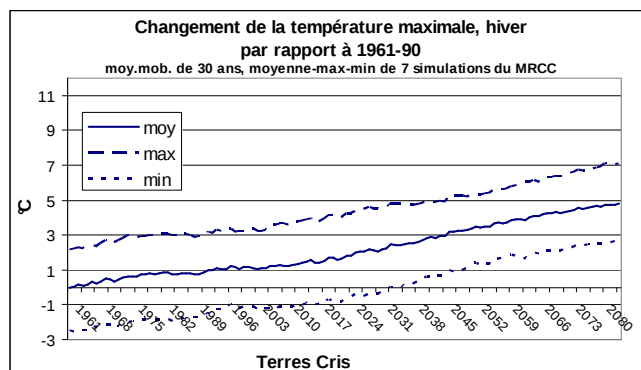
16 – Montérégie



17 – Nunavik



18 – Terres-Cris-de-la-Baie-James

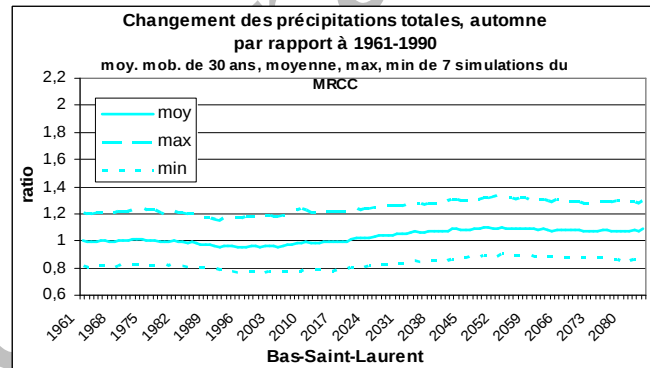
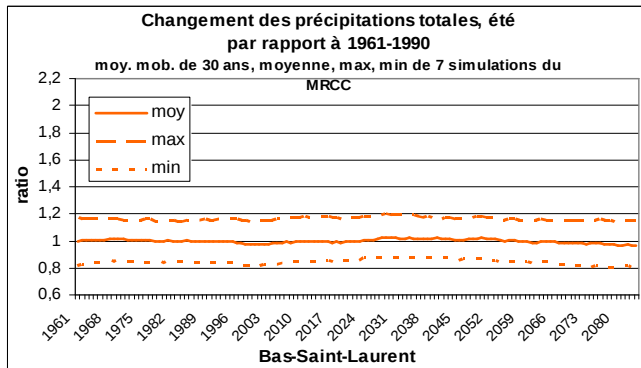
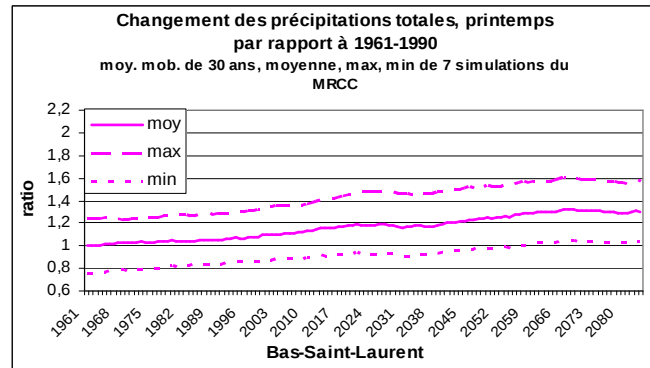
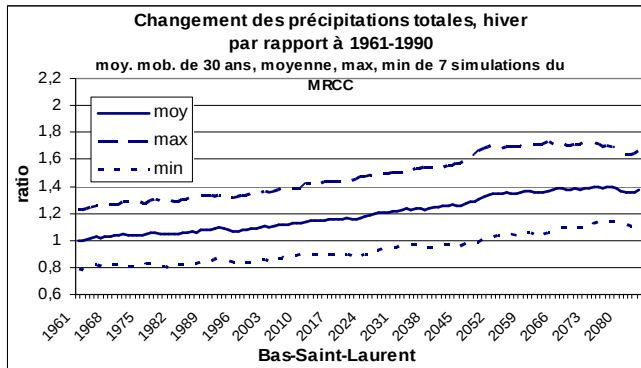


**Changements des précipitations totales, par région et par saison,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)**

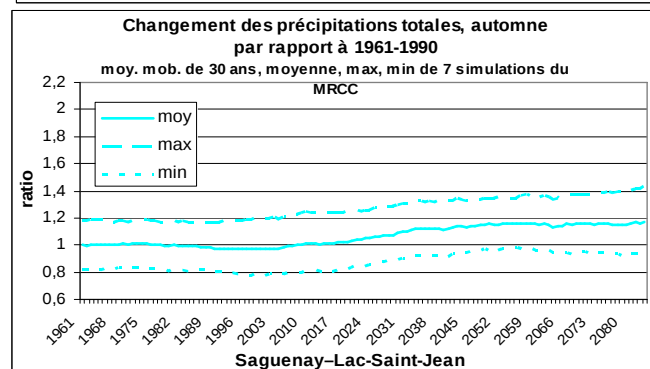
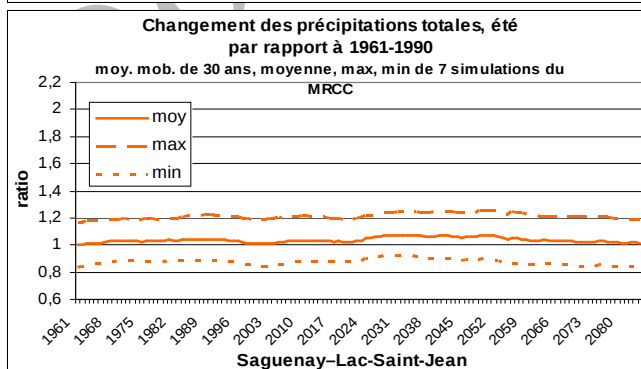
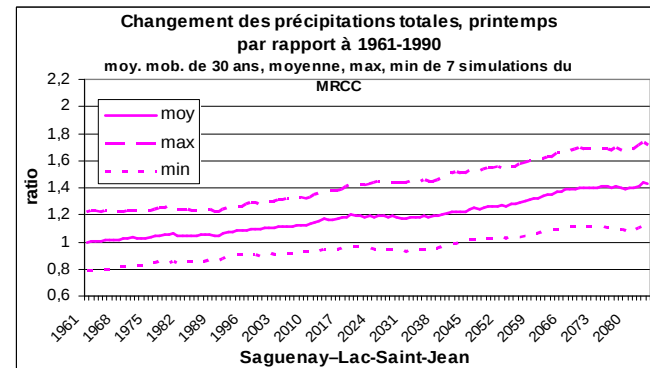
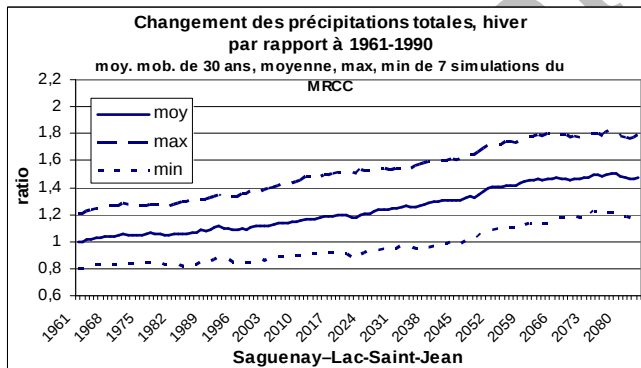
	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	1,12	1,04	1,20	1,13	1,05	1,21	0,99	0,92	1,09	0,98	0,92	1,02
Saguenay–Lac-Saint-Jean	1,15	1,07	1,21	1,13	1,06	1,22	1,02	0,97	1,11	1,01	0,94	1,09
Capitale-Nationale	1,13	1,05	1,21	1,12	1,03	1,20	0,99	0,93	1,05	0,99	0,94	1,05
Mauricie	1,11	1,02	1,19	1,12	1,00	1,22	1,00	0,93	1,06	1,02	0,94	1,09
Estrie	1,13	1,06	1,22	1,14	1,06	1,22	0,99	0,88	1,07	1,01	0,93	1,11
Montréal/Laval	1,12	1,02	1,23	1,11	1,04	1,20	0,95	0,81	1,06	1,05	0,93	1,18
Outaouais	1,11	1,02	1,18	1,14	1,07	1,26	0,97	0,84	1,07	1,01	0,93	1,13
Abitibi-Temiscamingue	1,17	1,09	1,24	1,11	1,03	1,28	1,01	0,93	1,13	1,01	0,93	1,07
Côte-Nord	1,14	1,03	1,22	1,12	1,04	1,19	0,98	0,93	1,07	0,98	0,93	1,02
Nord-du-Québec	1,22	1,17	1,28	1,14	1,08	1,22	1,06	0,98	1,11	1,05	1,00	1,10
Gaspésie	1,12	1,04	1,20	1,11	1,03	1,19	0,97	0,92	1,05	0,97	0,93	1,01
Chaudière-Appalaches	1,14	1,05	1,22	1,12	1,02	1,19	1,00	0,94	1,06	1,00	0,94	1,08
Lanaudière	1,12	1,03	1,20	1,12	1,05	1,25	0,99	0,90	1,06	1,03	0,95	1,12
Laurentides	1,11	1,03	1,19	1,12	1,06	1,25	0,98	0,85	1,07	1,02	0,93	1,14
Montréal	1,12	1,04	1,20	1,12	1,05	1,21	0,97	0,83	1,08	1,02	0,92	1,14
Nunavik	1,20	1,11	1,27	1,10	1,03	1,18	1,12	1,04	1,19	1,12	1,09	1,15
Terres-Cris-de-la-Baie-James	1,18	1,12	1,27	1,14	1,06	1,29	1,02	0,98	1,10	1,02	0,93	1,09

Évolution des précipitations totales, par saison et par région, par rapport à la moyenne de 1961-1990

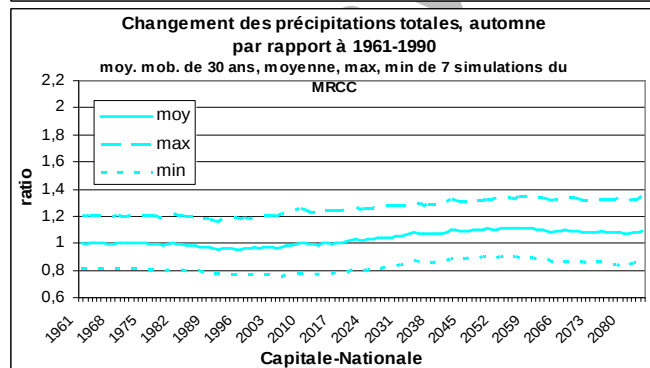
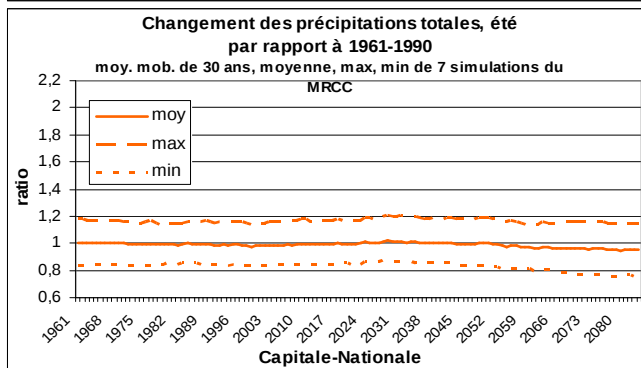
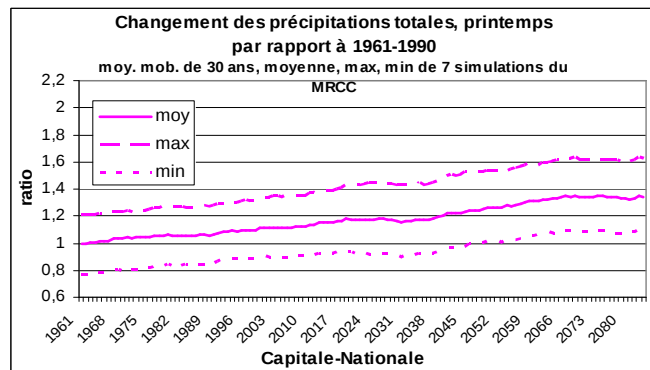
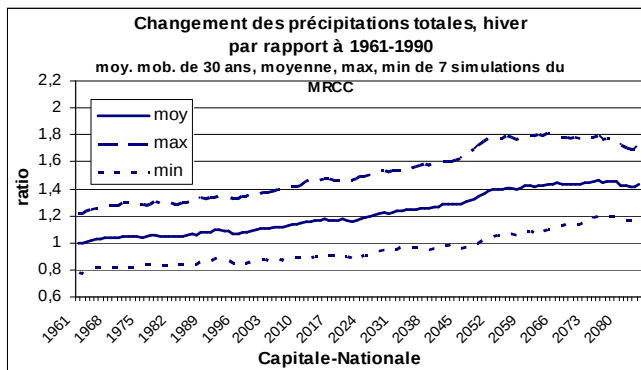
1 – Bas-Saint-Laurent



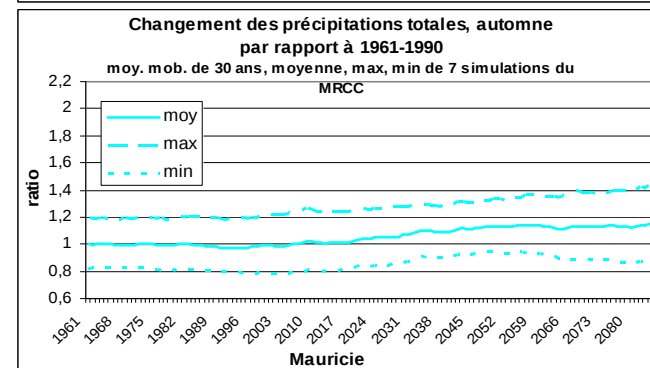
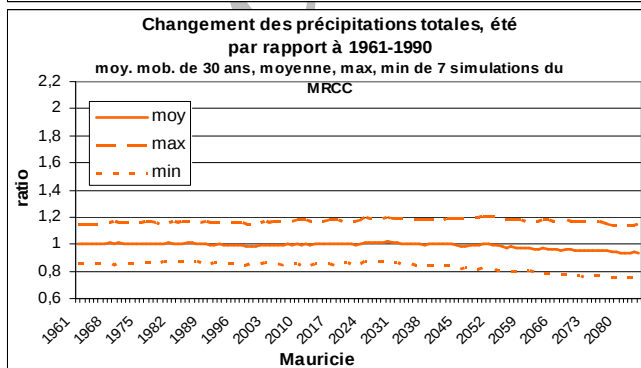
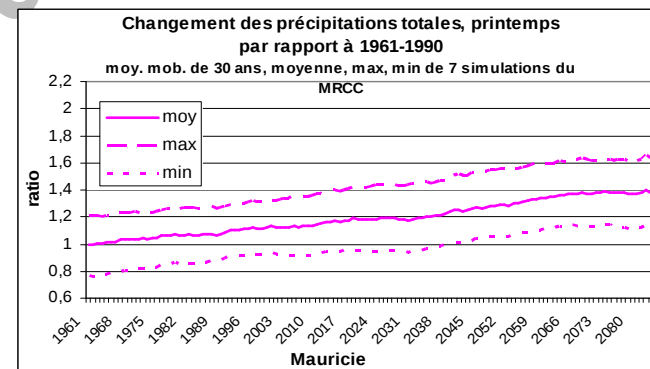
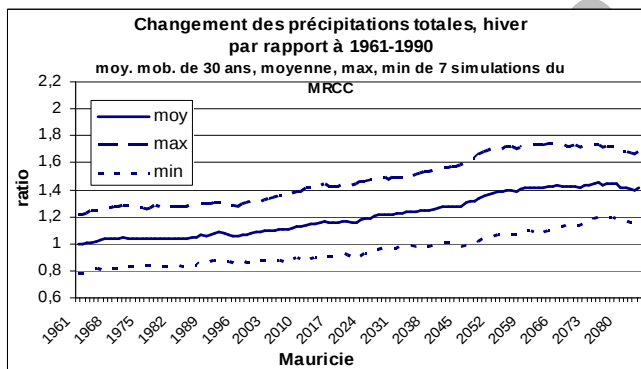
2 – Saguenay-Lac-Saint-Jean



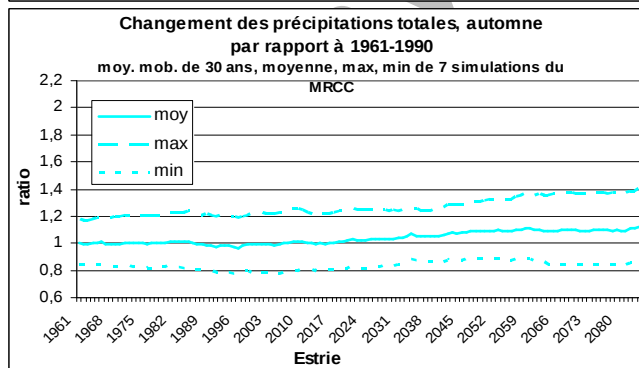
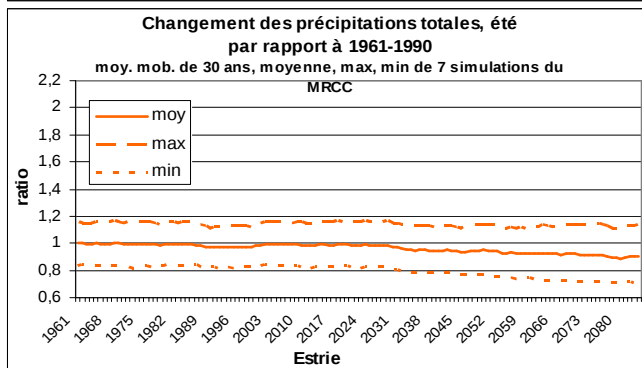
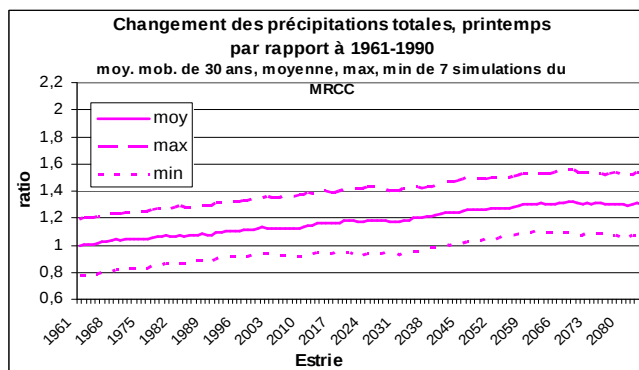
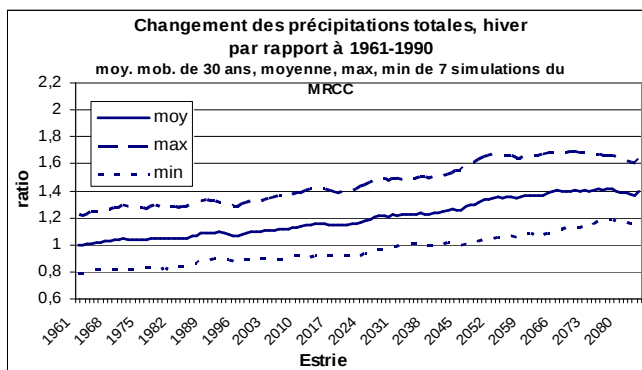
3 – Capitale-Nationale



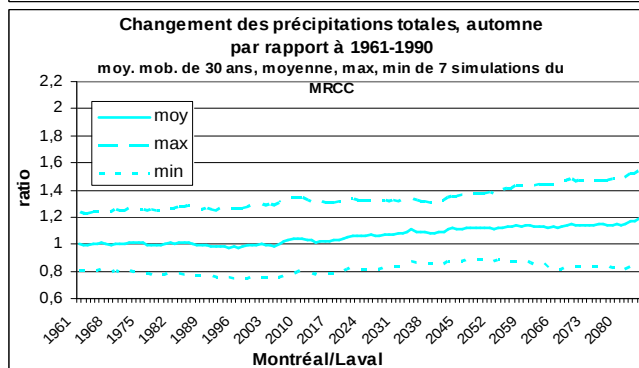
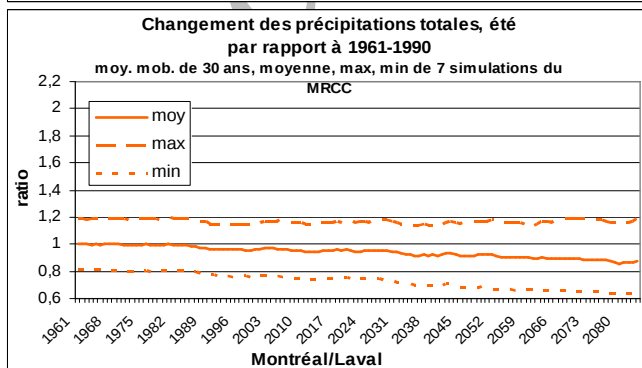
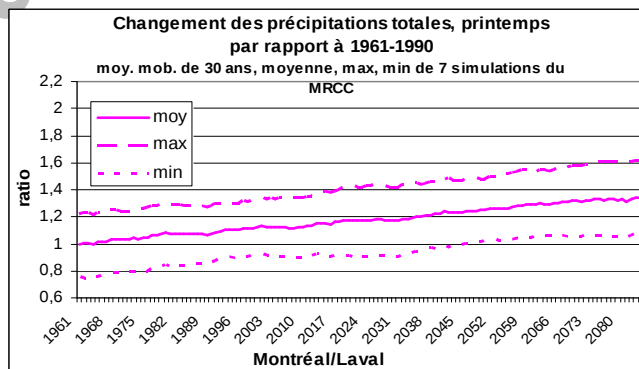
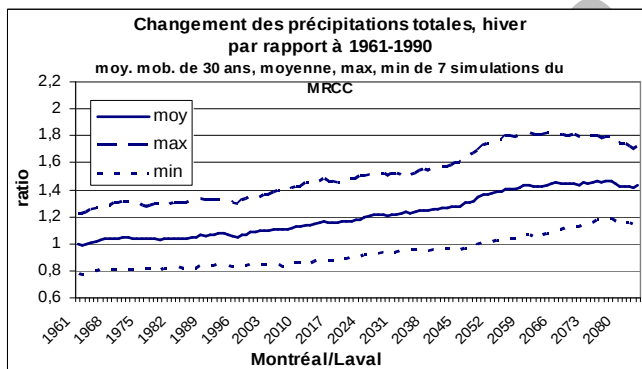
4 – Mauricie



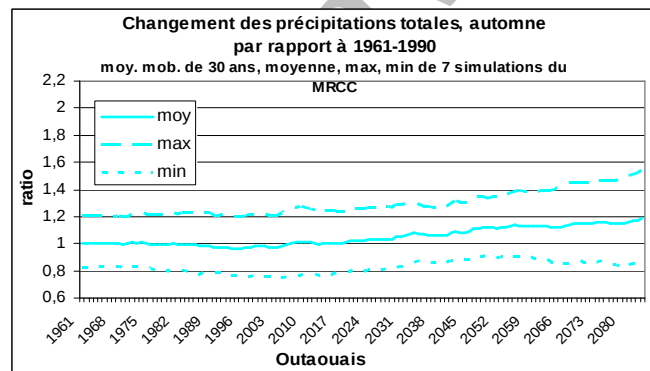
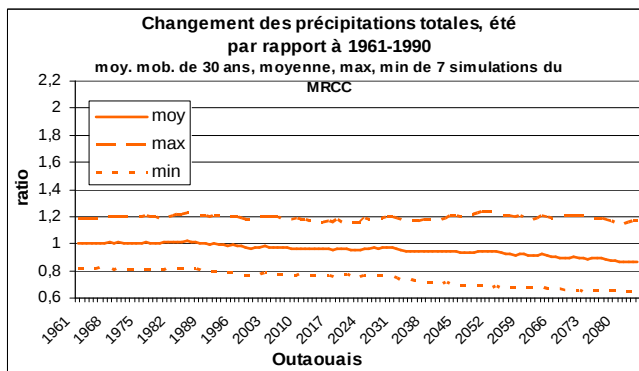
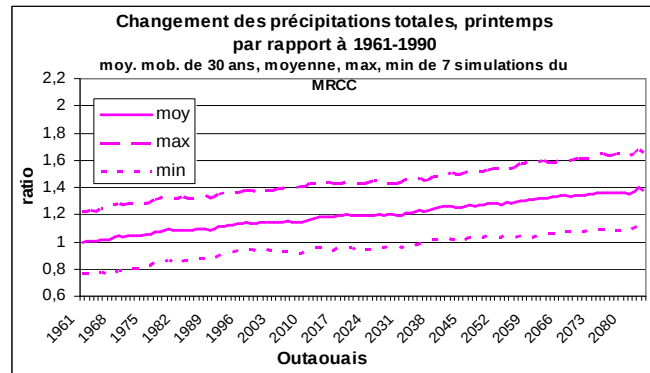
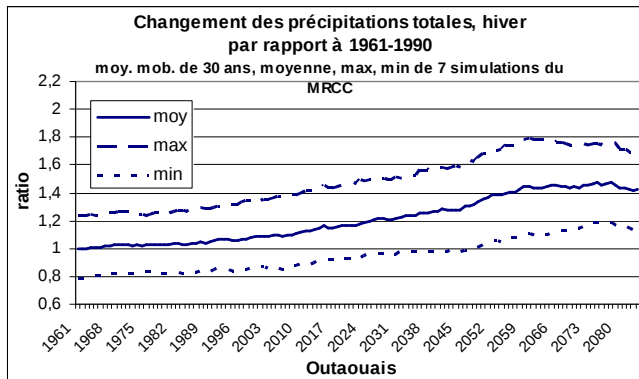
5 – Estrie



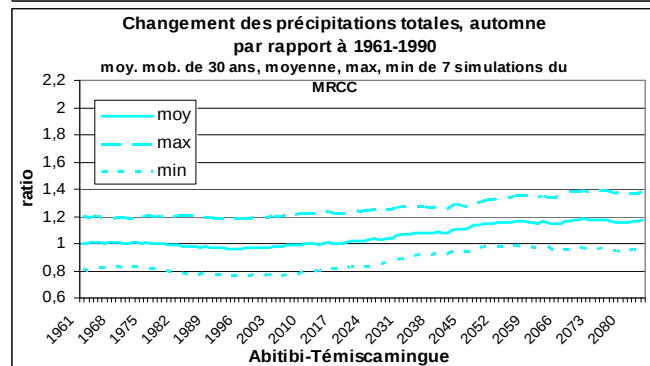
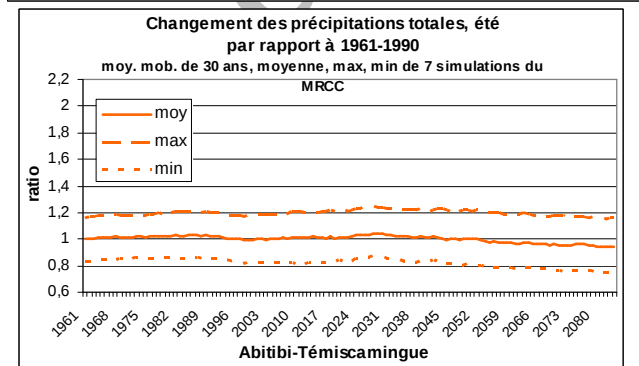
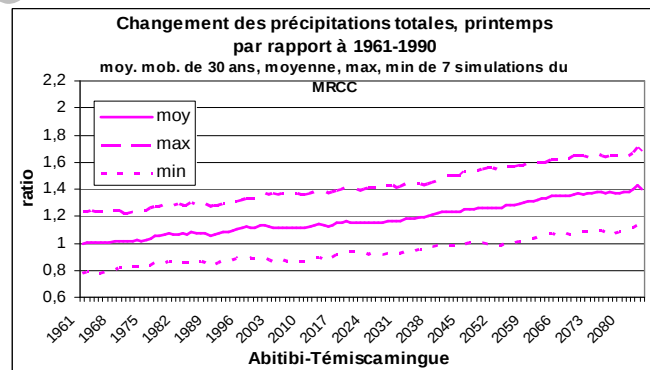
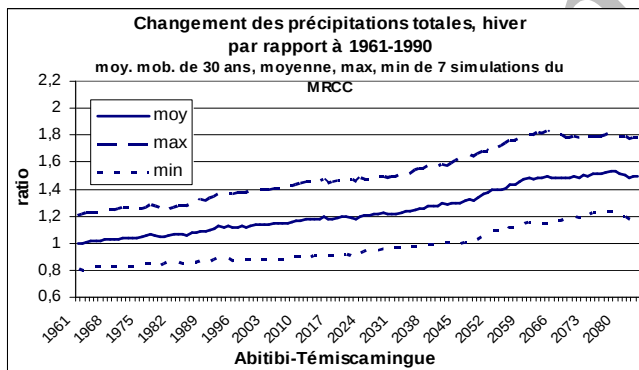
6/13 – Montréal/Laval



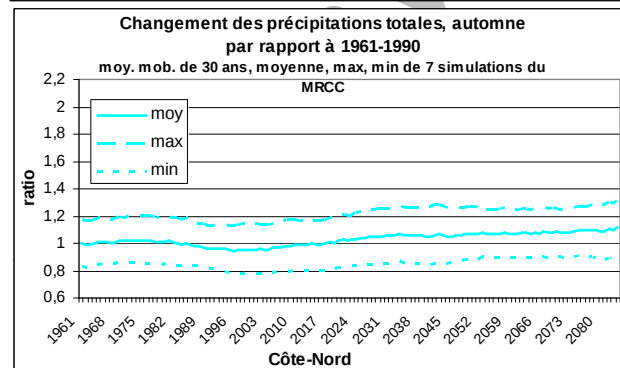
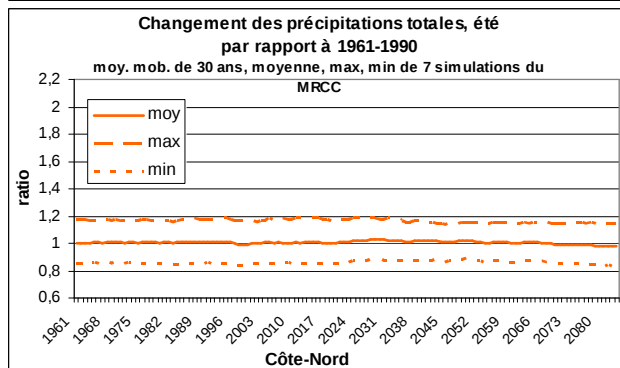
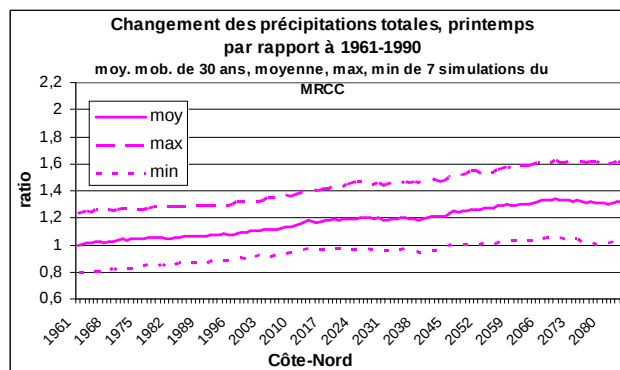
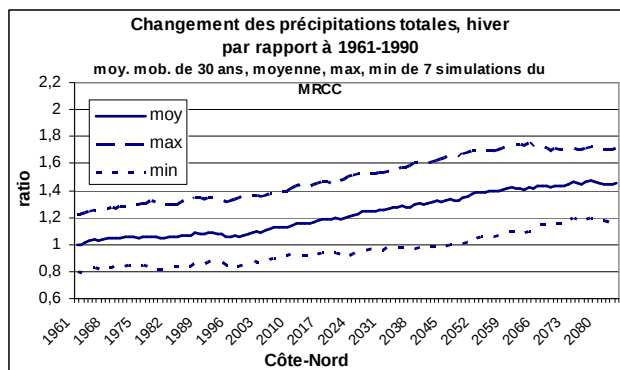
7 – Outaouais



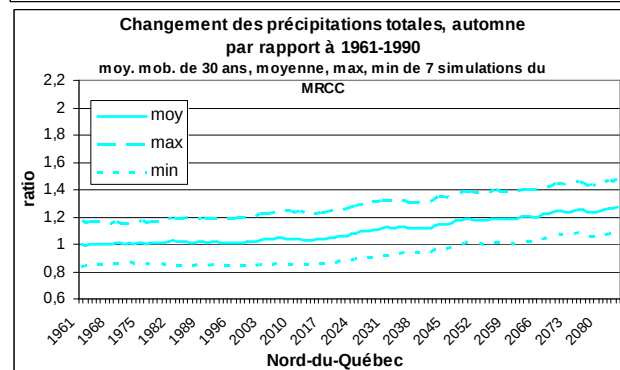
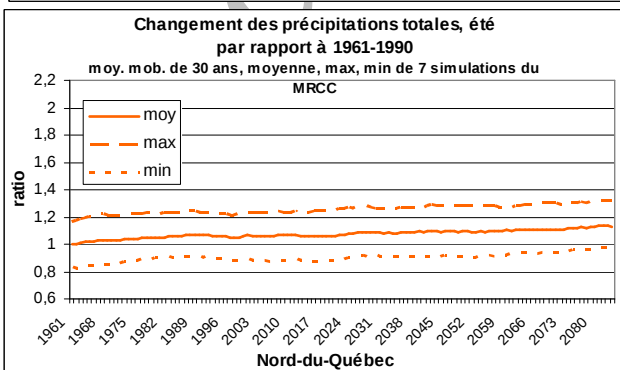
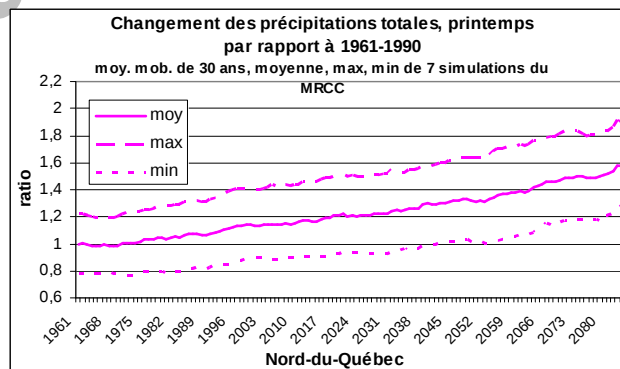
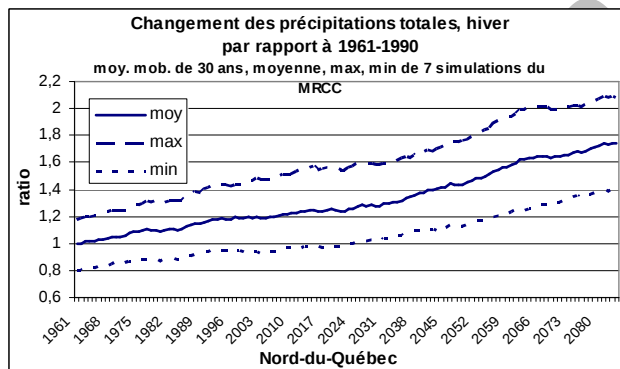
8 – Abitibi-Témiscamingue



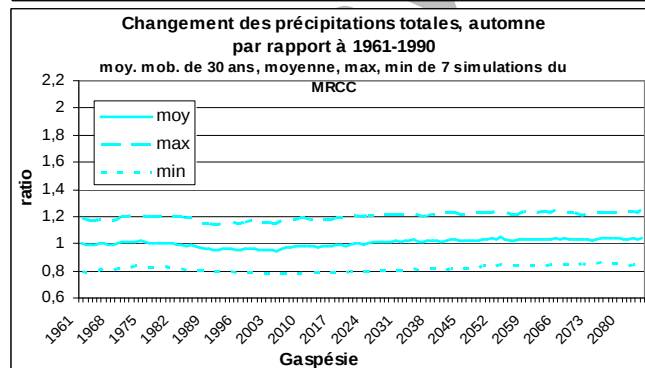
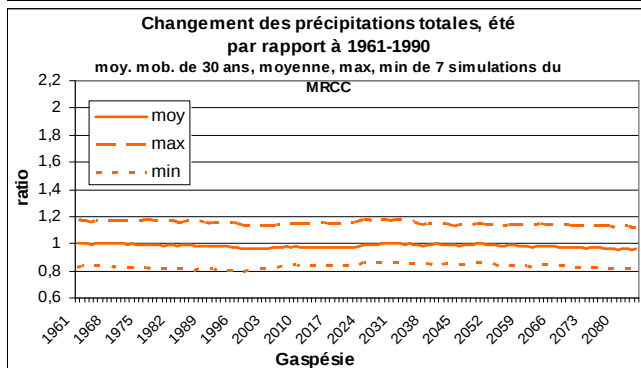
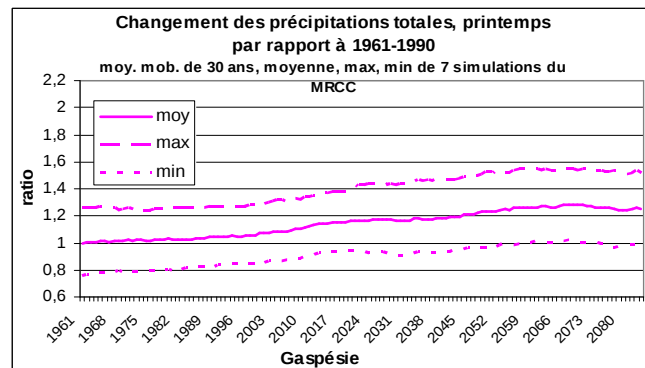
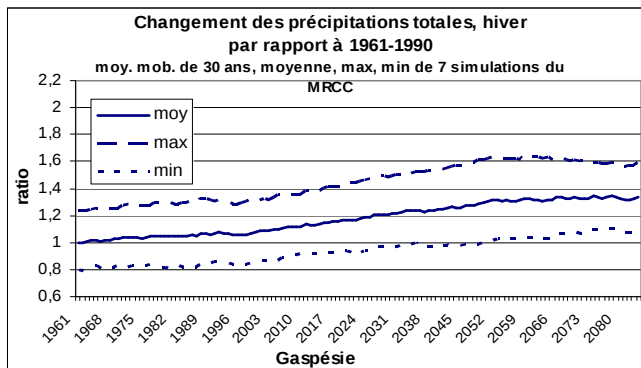
9 – Côte-Nord



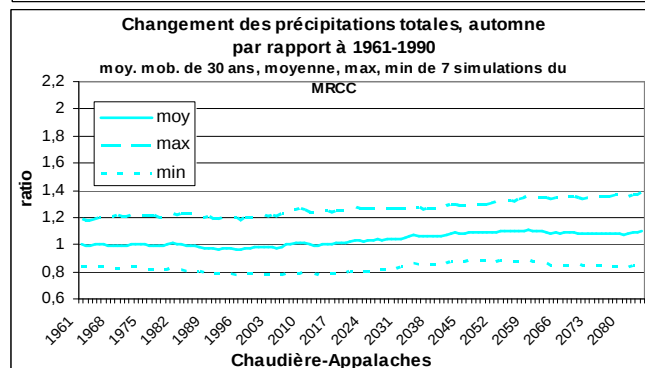
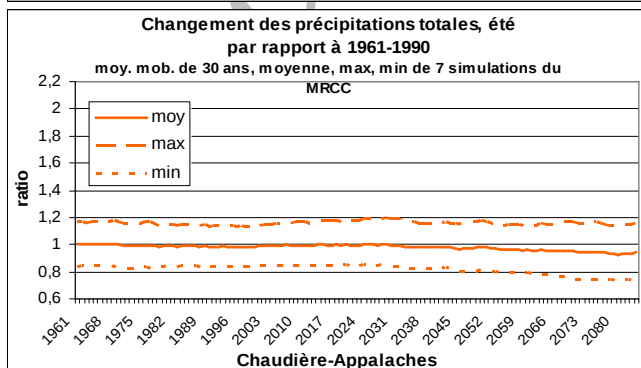
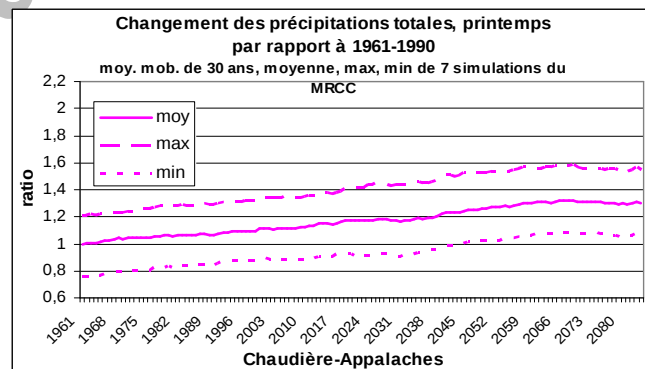
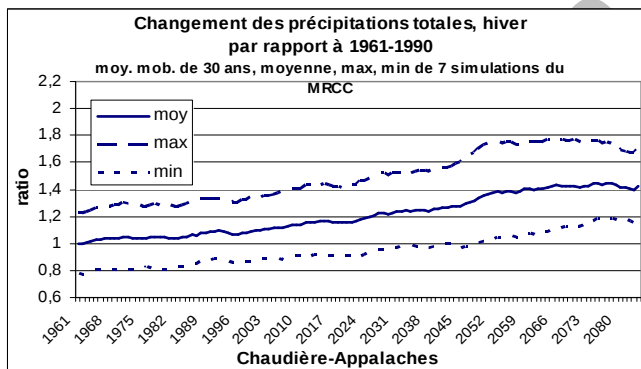
10 – Nord-du-Québec



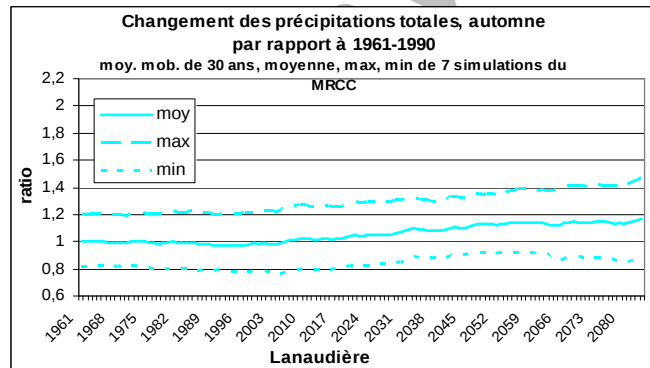
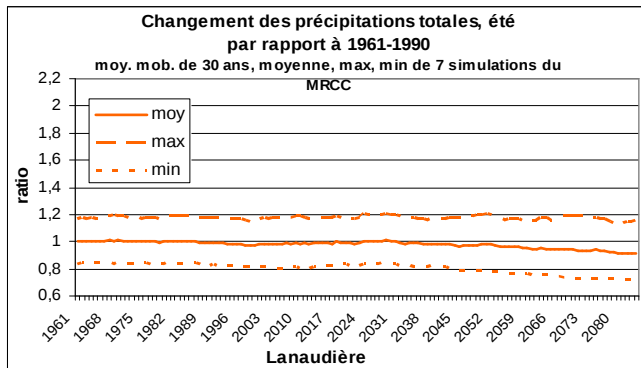
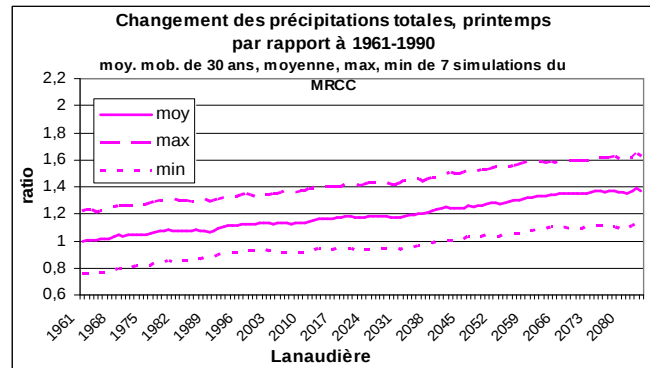
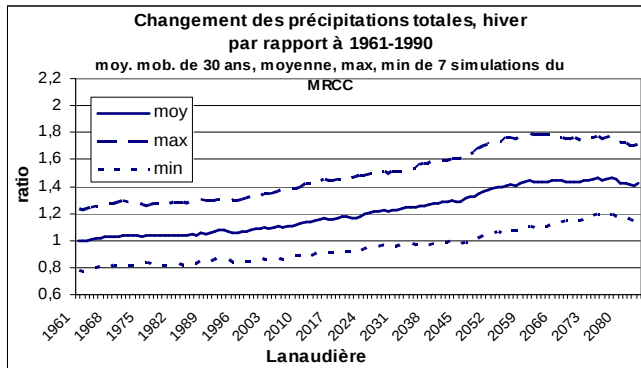
11 – Gaspésie



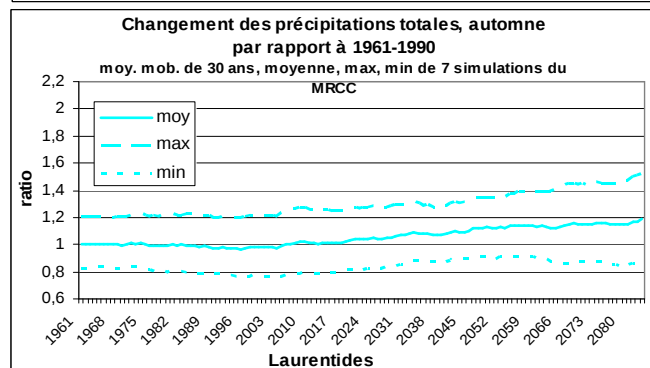
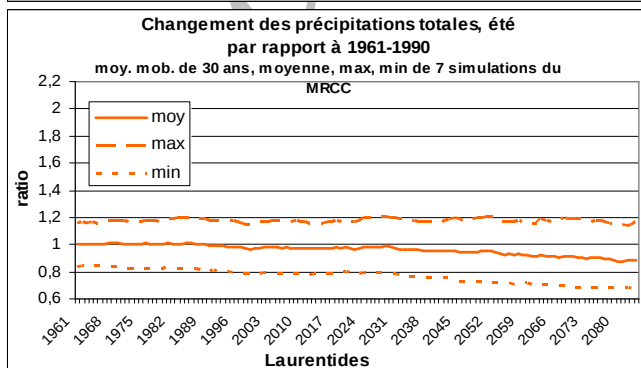
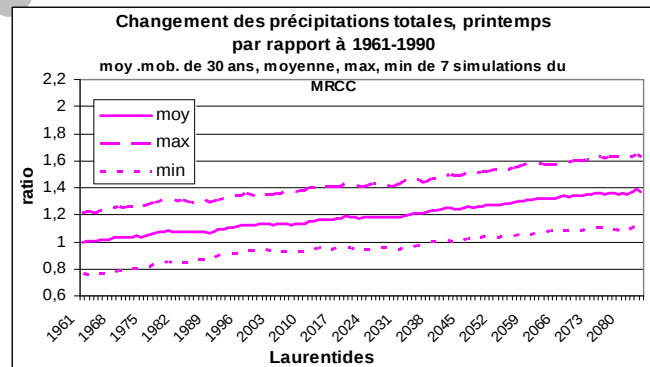
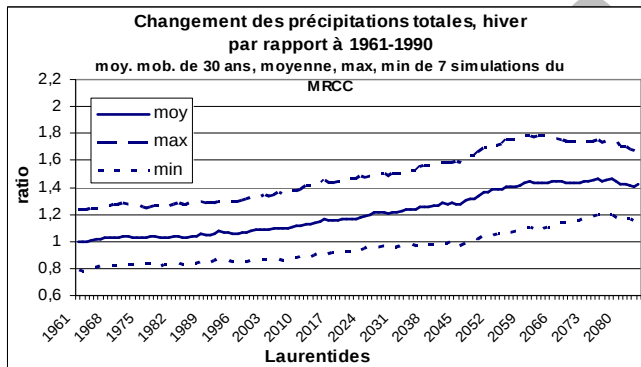
12 – Chaudière-Appalaches



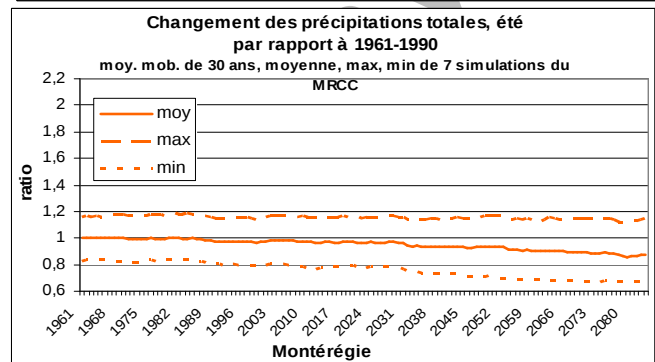
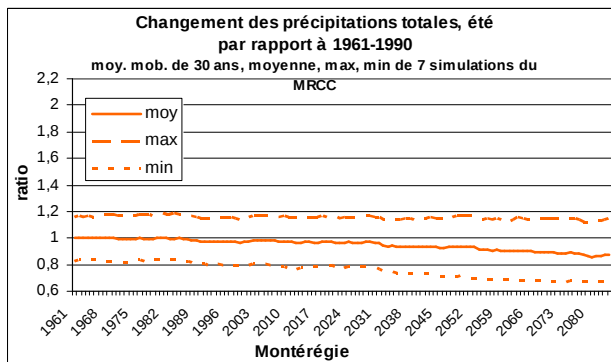
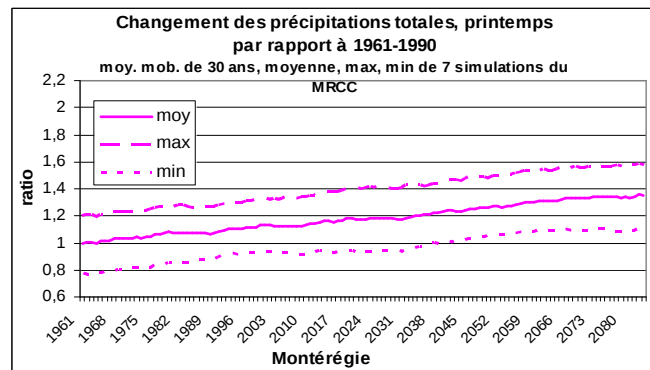
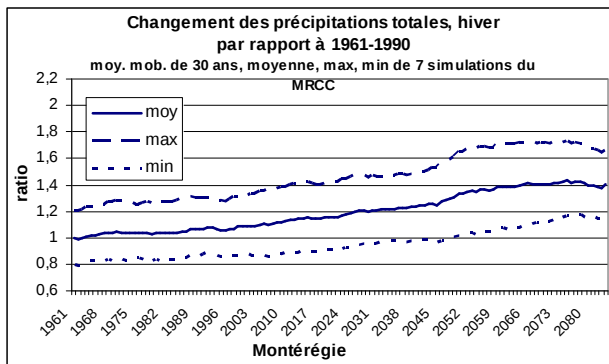
14 – Lanaudière



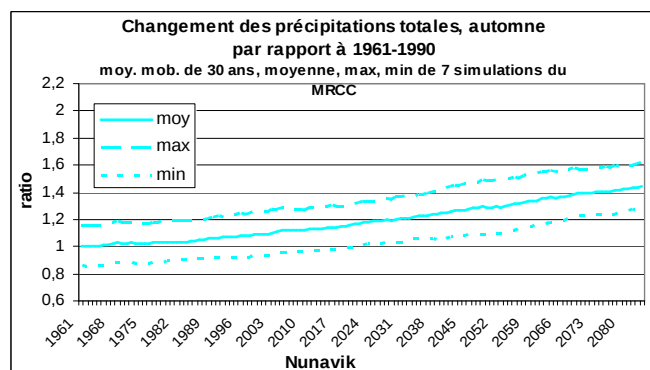
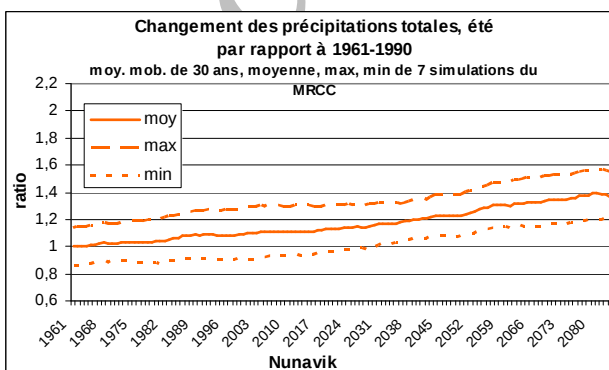
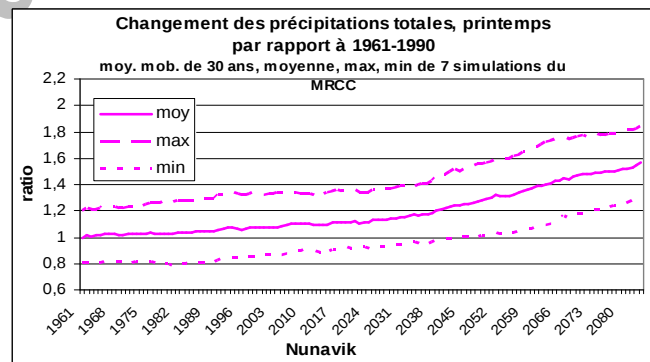
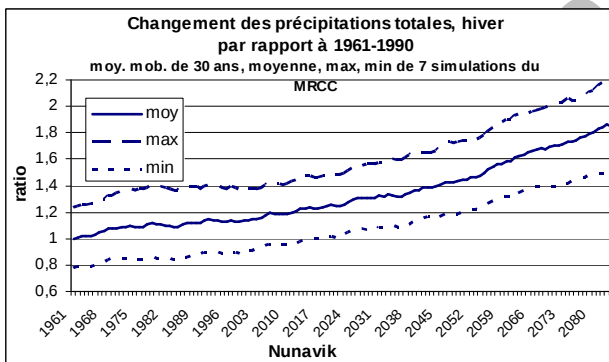
15 – Laurentides



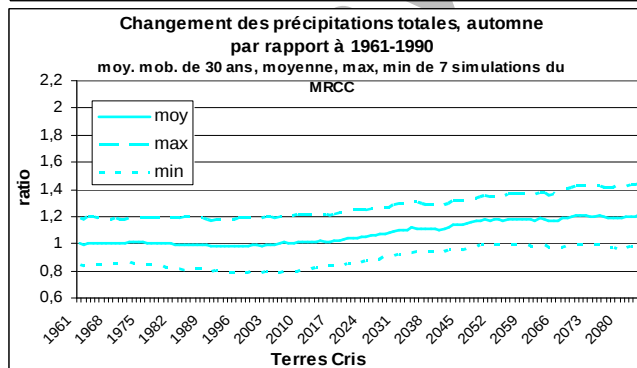
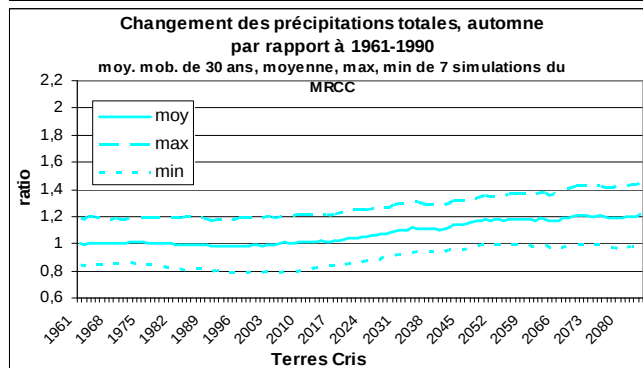
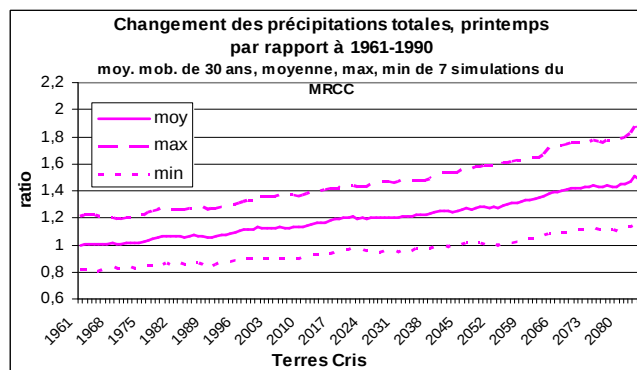
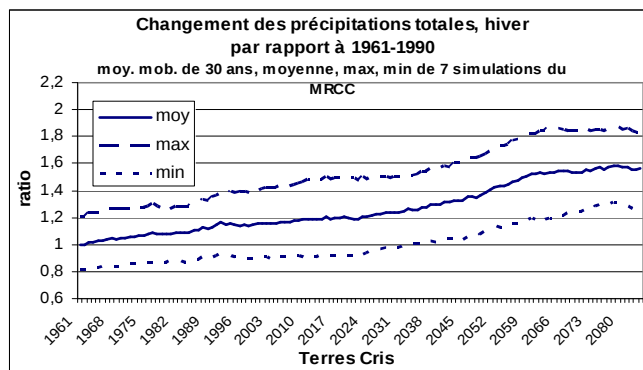
16 – Montérégie



17 – Nunavik



18 – Terres-Cris-de-la-Baie-James



**Changement des précipitations maximales sur 24h, par région et par saison,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)**

	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	1,13	0,89	1,52	0,98	0,81	1,26	1,00	0,77	1,35	1,04	0,77	1,45
Saguenay–Lac-Saint-Jean	1,33	1,02	1,82	1,06	0,89	1,31	1,18	0,89	1,44	1,05	0,81	1,33
Capitale-Nationale	1,26	0,93	1,77	1,03	0,80	1,28	1,02	0,85	1,25	1,07	0,85	1,50
Mauricie	1,29	1,02	1,64	1,03	0,82	1,27	1,02	0,84	1,27	1,19	0,94	1,58
Estrie	1,07	0,88	1,29	1,05	0,83	1,31	1,00	0,78	1,20	1,13	0,88	1,42
Montréal/Laval	1,22	0,99	1,41	1,02	0,80	1,22	1,03	0,72	1,44	1,12	0,90	1,48
Outaouais	1,01	0,81	1,23	1,02	0,81	1,24	0,96	0,79	1,14	1,18	0,93	1,48
Abitibi-Temiscamingue	1,10	0,90	1,48	1,14	0,92	1,41	1,08	0,82	1,36	1,12	0,89	1,45
Côte-Nord	1,26	0,99	1,60	0,96	0,75	1,25	0,99	0,75	1,39	1,06	0,82	1,35
Nord-du-Québec	1,17	0,79	1,62	1,20	0,87	1,49	1,28	0,97	1,70	1,03	0,85	1,27
Gaspésie	1,13	0,92	1,46	0,97	0,77	1,22	0,93	0,74	1,17	1,02	0,79	1,33
Chaudière-Appalaches	1,22	0,93	1,70	1,02	0,82	1,28	0,98	0,81	1,15	1,13	0,86	1,48
Lanaudière	1,21	0,93	1,65	0,95	0,78	1,14	1,04	0,87	1,26	1,14	0,91	1,38
Laurentides	1,12	0,90	1,36	1,01	0,80	1,18	1,01	0,80	1,25	1,13	0,90	1,41
Montréal	1,25	1,05	1,53	1,08	0,90	1,28	1,02	0,87	1,18	1,19	0,93	1,63
Nunavik	1,12	0,90	1,46	1,01	0,79	1,39	1,20	0,98	1,37	1,10	0,96	1,37
Terres-Cris-de-la-Baie-James	1,21	0,93	1,68	1,19	0,97	1,45	1,14	0,87	1,48	1,09	0,87	1,35

**Changement du cumul de neige au sol, par région et par saison,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)**

	Hiver			Printemps			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	0,88	0,69	1,10	0,83	0,56	1,28	0,87	0,22	2,36
Saguenay–Lac-Saint-Jean	0,93	0,79	1,06	0,88	0,63	1,31	0,67	0,26	1,53
Capitale-Nationale	0,91	0,74	1,07	0,85	0,55	1,33	0,83	0,22	2,13
Mauricie	0,88	0,67	1,11	0,74	0,44	1,19	0,71	0,21	1,84
Estrie	0,87	0,67	1,07	0,70	0,46	1,03	0,60	0,17	1,27
Montréal/Laval	0,83	0,56	1,06	0,53	0,23	0,84	0,49	0,17	0,88
Outaouais	0,87	0,65	1,05	0,62	0,33	0,98	0,50	0,18	1,15
Abitibi-Temiscamingue	0,93	0,75	1,13	0,83	0,57	1,28	0,59	0,23	1,34
Côte-Nord	0,90	0,74	1,10	0,88	0,68	1,22	0,76	0,23	1,82
Nord-du-Québec	0,98	0,81	1,13	0,89	0,65	1,27	0,67	0,30	1,37
Gaspésie	0,87	0,68	1,11	0,82	0,61	1,20	0,61	0,17	1,48
Chaudière-Appalaches	0,87	0,68	1,10	0,75	0,43	1,23	0,74	0,19	1,99
Lanaudière	0,88	0,68	1,09	0,67	0,38	1,11	0,52	0,21	1,09
Laurentides	0,87	0,66	1,06	0,63	0,34	1,02	0,43	0,19	0,85
Montréal	0,82	0,60	1,08	0,54	0,26	0,89	0,39	0,19	0,84
Nunavik	0,97	0,88	1,05	1,00	0,89	1,12	0,76	0,52	1,11
Terres-Cris-de-la-Baie-James	0,94	0,79	1,10	0,91	0,70	1,31	0,69	0,28	1,54

**Nombre de jours où la température maximale excède le 97,5^e percentile en juillet, par région,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (écart futur/passé)**

	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	2	2	3
Saguenay–Lac-Saint-Jean	2	2	3
Capitale-Nationale	3	2	3
Mauricie	3	2	4
Estrie	3	2	4
Montréal/Laval	4	2	5
Outaouais	3	2	5
Abitibi-Temiscamingue	3	2	4
Côte-Nord	2	2	3
Nord-du-Québec	2	1	2
Gaspésie	2	2	3
Chaudière-Appalaches	3	2	4
Lanaudière	3	2	4
Laurentides	3	2	4
Montérégie	3	2	5
Nunavik	1	0	3
Terres-Cris-de-la-Baie-James	2	2	3

**Nombre d'épisodes de canicule par année, par région,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (écart futur/passé)**

	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	0,6	0,1	1,3
Saguenay–Lac-Saint-Jean	0,6	0,3	1,3
Capitale-Nationale	0,8	0,2	1,6
Mauricie	0,8	0,4	1,5
Estrie	1,0	0,5	1,9
Montréal/Laval	1,4	0,8	2,2
Outaouais	1,2	0,7	1,7
Abitibi-Temiscamingue	0,8	0,6	1,4
Côte-Nord	0,6	0,1	1,1
Nord-du-Québec	0,6	0,3	0,8
Gaspésie	0,7	0,4	1,2
Chaudière-Appalaches	0,9	0,4	1,7
Lanaudière	0,9	0,5	1,4
Laurentides	1,1	0,6	1,6
Montérégie	1,2	0,7	2,1
Nunavik	0,3	0,0	0,9
Terres-Cris-de-la-Baie-James	0,7	0,2	1,0

**Nombre d'épisodes où l'indice humidex était supérieur à 40 en été, par région,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (écart futur/passé)**

	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	0	0	1
Saguenay-Lac-Saint-Jean	0	0	1
Capitale-Nationale	0	0	1
Mauricie	1	0	3
Estrie	1	0	2
Montréal/Laval	5	3	11
Outaouais	3	1	6
Abitibi-Temiscamingue	1	0	2
Côte-Nord	0	0	0
Nord-du-Québec	0	0	0
Gaspésie	0	0	0
Chaudière-Appalaches	1	0	2
Lanaudière	1	0	3
Laurentides	2	1	5
Montréal	4	2	8
Nunavik	0	0	0
Terres-Cris-de-la-Baie-James	0	0	1

**Diminution du nombre de degrés/jours de chauffage, par année et par région,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (écart passé/futur)**

	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	606	484	767
Saguenay-Lac-Saint-Jean	636	486	828
Capitale-Nationale	627	481	824
Mauricie	656	480	877
Estrie	585	411	792
Montréal/Laval	600	357	875
Outaouais	590	378	832
Abitibi-Temiscamingue	637	416	867
Côte-Nord	612	469	727
Nord-du-Québec	734	572	902
Gaspésie	599	503	695
Chaudière-Appalaches	604	445	808
Lanaudière	618	428	847
Laurentides	596	392	834
Montréal	593	376	842
Nunavik	754	581	891
Terres-Cris-de-la-Baie-James	669	479	867

**Augmentation du nombre de degrés/jours de climatisation, par année et par région,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (écart futur/passé)**

	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	24	20	29
Saguenay–Lac-Saint-Jean	19	16	22
Capitale-Nationale	27	21	31
Mauricie	42	34	50
Estrie	51	37	61
Montréal/Laval	86	71	99
Outaouais	73	64	81
Abitibi-Temiscamingue	41	37	44
Côte-Nord	10	8	11
Nord-du-Québec	8	7	9
Gaspésie	12	9	15
Chaudière-Appalaches	41	31	48
Lanaudière	48	40	55
Laurentides	63	53	71
Montréal/Laval	76	60	87
Nunavik	0	0	1
Terres-Cris-de-la-Baie-James	17	15	19

**Changement de l'humidité spécifique, par région et par saison,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)**

	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	1,20	1,13	1,27	1,17	1,16	1,19	1,10	1,09	1,12	1,12	1,06	1,16
Saguenay–Lac-Saint-Jean	1,20	1,10	1,32	1,16	1,14	1,20	1,10	1,09	1,12	1,13	1,06	1,18
Capitale-Nationale	1,19	1,10	1,27	1,18	1,15	1,24	1,11	1,09	1,12	1,13	1,07	1,18
Mauricie	1,19	1,08	1,29	1,17	1,13	1,25	1,11	1,09	1,12	1,12	1,06	1,17
Estrie	1,18	1,07	1,31	1,18	1,12	1,26	1,11	1,09	1,13	1,12	1,07	1,16
Montréal/Laval	1,19	1,04	1,32	1,17	1,11	1,27	1,11	1,09	1,12	1,11	1,05	1,16
Outaouais	1,18	1,05	1,31	1,17	1,12	1,26	1,11	1,10	1,12	1,11	1,05	1,16
Abitibi-Temiscamingue	1,22	1,07	1,37	1,17	1,12	1,24	1,11	1,09	1,13	1,13	1,06	1,18
Côte-Nord	1,22	1,14	1,31	1,16	1,11	1,20	1,10	1,08	1,12	1,13	1,06	1,17
Nord-du-Québec	1,31	1,23	1,37	1,17	1,13	1,24	1,09	1,07	1,11	1,15	1,06	1,21
Gaspésie	1,20	1,15	1,25	1,16	1,13	1,18	1,09	1,08	1,11	1,12	1,06	1,16
Chaudière-Appalaches	1,19	1,06	1,31	1,17	1,12	1,22	1,11	1,10	1,12	1,12	1,06	1,16
Lanaudière	1,19	1,07	1,32	1,17	1,11	1,26	1,11	1,09	1,12	1,11	1,04	1,16
Laurentides	1,18	1,02	1,32	1,18	1,14	1,27	1,10	1,09	1,11	1,11	1,05	1,15
Montréal/Laval	1,17	1,05	1,28	1,18	1,12	1,27	1,11	1,09	1,12	1,11	1,06	1,16
Nunavik	1,37	1,31	1,47	1,13	1,08	1,19	1,08	1,06	1,11	1,17	1,11	1,21
Terres-Cris-de-la-Baie-James	1,20	1,08	1,34	1,13	1,12	1,22	1,09	1,09	1,12	1,11	1,05	1,20

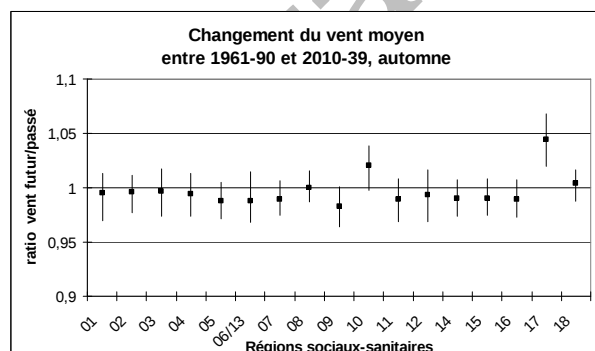
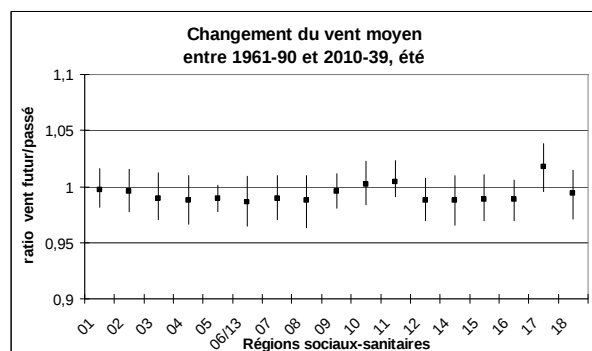
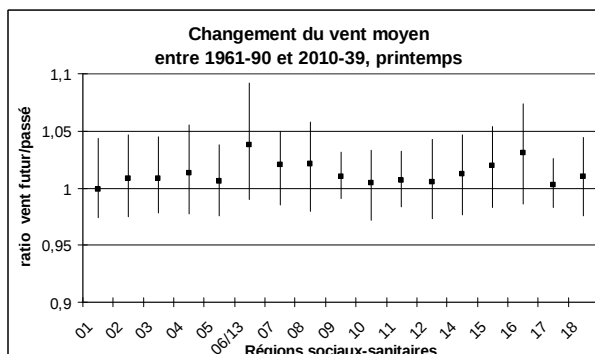
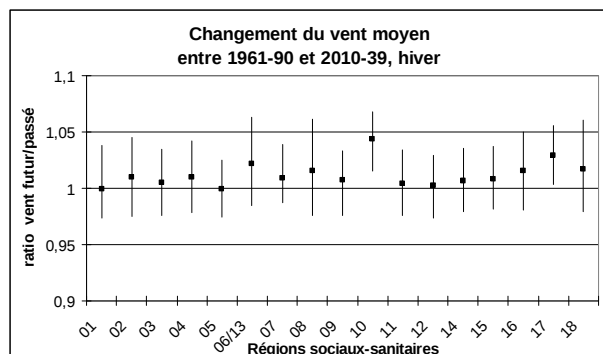
**Changement de l'humidité relative, par région et par saison,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)**

	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	1,00	0,99	1,01	1,03	1,01	1,04	0,99	0,99	1,00	1,01	1,00	1,02
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1,00	1,00	1,00	1,02	1,01	1,04	1,00	0,99	1,00	1,01	1,00	1,02
Capitale-Nationale	1,00	0,99	1,01	1,02	1,01	1,04	0,99	0,99	1,00	1,01	0,99	1,02
Mauricie	1,00	0,99	1,01	1,02	1,01	1,03	0,99	0,99	1,00	1,01	0,99	1,03
Estrie	1,00	0,99	1,01	1,03	1,01	1,04	0,99	0,98	1,00	1,01	0,99	1,02
Montréal/Laval	1,00	0,96	1,02	1,02	1,00	1,03	0,99	0,98	1,00	1,01	0,99	1,03
Outaouais	1,01	1,00	1,01	1,02	1,01	1,03	0,99	0,98	1,00	1,01	0,99	1,02
Abitibi-Temiscamingue	1,00	1,00	1,01	1,02	1,00	1,03	0,99	0,99	1,00	1,01	1,00	1,02
Côte-Nord	1,01	1,00	1,01	1,02	1,01	1,04	1,00	0,99	1,00	1,01	1,00	1,03
Nord-du-Québec	1,00	0,99	1,00	1,01	1,00	1,02	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	1,02
Gaspésie	1,00	0,99	1,01	1,02	1,00	1,03	0,99	0,99	1,00	1,01	1,00	1,03
Chaudière-Appalaches	1,00	0,99	1,01	1,03	1,01	1,04	0,99	0,98	1,00	1,01	0,99	1,03
Lanaudière	1,00	0,99	1,01	1,03	1,01	1,04	0,99	0,98	1,00	1,01	1,00	1,03
Laurentides	1,00	0,99	1,01	1,03	1,01	1,04	0,99	0,98	1,00	1,01	0,99	1,03
Montérégie	1,00	0,98	1,02	1,02	1,01	1,03	0,99	0,98	1,00	1,01	0,99	1,03
Nunavik	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00	1,01
Terres-Cris-de-la-Baie-James	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	1,03	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,02

**Changement du flux solaire incident, par région et par saison,
en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)**

	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	0,97	0,94	1,00	0,97	0,95	0,99	1,03	1,01	1,04	0,99	0,96	1,02
Saguenay-Lac-Saint-Jean	0,95	0,93	0,97	0,97	0,95	0,98	1,02	1,01	1,03	0,99	0,96	1,02
Capitale-Nationale	0,96	0,94	0,98	0,97	0,95	0,99	1,03	1,02	1,05	0,99	0,96	1,02
Mauricie	0,95	0,93	0,97	0,97	0,95	0,99	1,03	1,02	1,04	0,99	0,96	1,02
Estrie	0,95	0,92	0,98	0,97	0,94	1,00	1,04	1,02	1,05	0,99	0,97	1,02
Montréal/Laval	0,96	0,94	0,98	0,97	0,95	1,00	1,03	1,01	1,04	0,99	0,97	1,01
Outaouais	0,96	0,94	0,98	0,98	0,95	1,00	1,02	1,01	1,03	1,00	0,98	1,02
Abitibi-Temiscamingue	0,94	0,92	0,96	0,97	0,95	1,00	1,02	1,01	1,03	1,00	0,97	1,02
Côte-Nord	0,97	0,95	1,00	0,97	0,95	0,98	1,03	1,01	1,04	1,00	0,98	1,02
Nord-du-Québec	0,92	0,89	0,94	0,97	0,96	0,99	1,00	0,97	1,04	0,97	0,96	0,98
Gaspésie	0,97	0,94	1,01	0,97	0,94	0,98	1,03	1,01	1,04	1,00	0,97	1,02
Chaudière-Appalaches	0,96	0,93	0,98	0,97	0,95	1,00	1,04	1,02	1,05	0,99	0,96	1,02
Lanaudière	0,95	0,94	0,97	0,97	0,95	1,00	1,03	1,02	1,04	0,99	0,97	1,01
Laurentides	0,96	0,94	0,98	0,97	0,95	1,00	1,03	1,01	1,04	0,99	0,97	1,01
Montérégie	0,96	0,93	0,98	0,97	0,95	1,00	1,03	1,01	1,04	0,99	0,97	1,01
Nunavik	0,93	0,91	0,95	0,98	0,97	1,00	0,95	0,91	0,98	0,93	0,91	0,95
Terres-Cris-de-la-Baie-James	0,93	0,92	0,95	0,97	0,95	0,98	1,02	1,00	1,04	0,98	0,96	1,01

Changement du vent moyen par région et par saison en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)



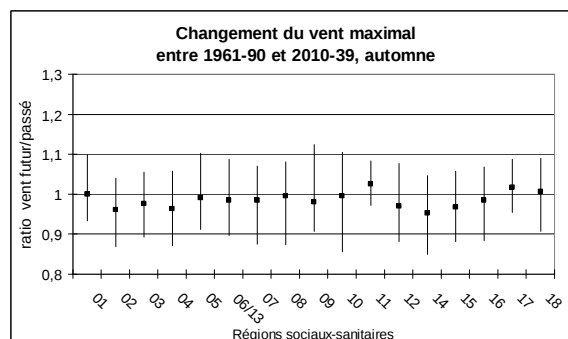
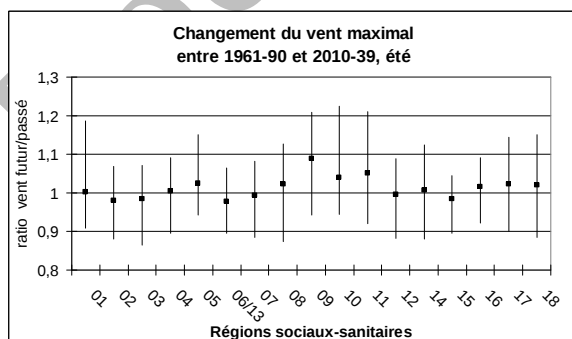
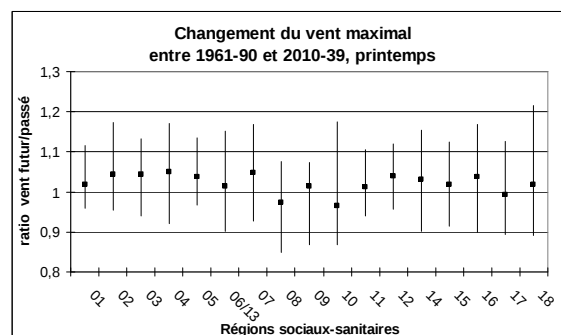
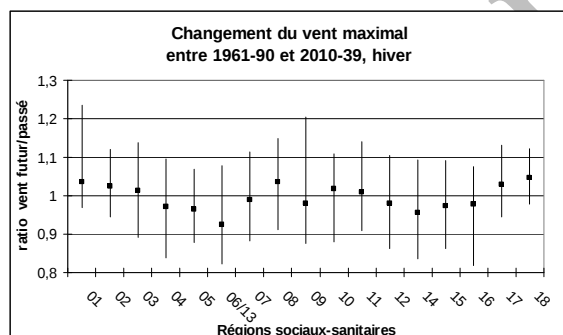
Changement du vent moyen par région et par saison en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)

	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-St-Laurent	1,00	0,97	1,04	1,00	0,97	1,04	1,00	0,98	1,02	1,00	0,97	1,01
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1,01	0,97	1,05	1,01	0,98	1,05	1,00	0,98	1,02	1,00	0,98	1,01
Capitale-Nationale	1,01	0,98	1,03	1,01	0,98	1,05	0,99	0,97	1,01	1,00	0,97	1,02
Mauricie	1,01	0,98	1,04	1,01	0,98	1,06	0,99	0,97	1,01	0,99	0,97	1,01
Estrie	1,00	0,97	1,02	1,01	0,98	1,04	0,99	0,98	1,00	0,99	0,97	1,01
Montréal/Laval	1,02	0,98	1,06	1,04	0,99	1,09	0,99	0,97	1,01	0,99	0,97	1,01
Ontario	1,01	0,99	1,04	1,02	0,99	1,05	0,99	0,97	1,01	0,99	0,97	1,01
Abitibi-Témiscamingue	1,02	0,98	1,06	1,02	0,98	1,06	0,99	0,96	1,01	1,00	0,99	1,02
Côte-Nord	1,01	0,98	1,03	1,01	0,99	1,03	1,00	0,98	1,01	0,98	0,96	1,00
Nord-du-Québec	1,04	1,02	1,07	1,00	0,97	1,03	1,00	0,98	1,02	1,02	1,00	1,04
Gaspésie	1,00	0,98	1,03	1,01	0,98	1,03	1,00	0,99	1,02	0,99	0,97	1,01
Chaudière-Appalaches	1,00	0,97	1,03	1,00	0,97	1,04	0,99	0,97	1,01	0,99	0,97	1,02
Lanaudière	1,01	0,98	1,04	1,01	0,98	1,05	0,99	0,97	1,01	0,99	0,97	1,01
Laurentides	1,01	0,98	1,04	1,02	0,98	1,05	0,99	0,97	1,01	0,99	0,97	1,01
Montérégie	1,02	0,98	1,05	1,03	0,99	1,07	0,99	0,97	1,01	0,99	0,97	1,01
Nunavik	1,03	1,00	1,06	1,00	0,98	1,03	1,02	1,00	1,04	1,04	1,02	1,07
Terres-Cri-de-la-Baie-James	1,02	0,98	1,06	1,01	0,98	1,04	0,99	0,97	1,01	1,00	0,99	1,02

Changement du vent maximum quotidien, par région et par saison, en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)

	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.
Bas-Saint-Laurent	1,03	0,97	1,24	1,02	0,96	1,12	1,00	0,91	1,19	1,00	0,93	1,10
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1,02	0,95	1,12	1,04	0,95	1,17	0,98	0,88	1,07	0,96	0,87	1,04
Capitale-Nationale	1,01	0,89	1,14	1,04	0,94	1,13	0,98	0,86	1,07	0,98	0,89	1,06
Mauricie	0,97	0,84	1,10	1,05	0,92	1,17	1,01	0,90	1,09	0,96	0,87	1,06
Estrie	0,97	0,88	1,07	1,04	0,97	1,13	1,02	0,94	1,15	0,99	0,91	1,10
Montréal/Laval	0,92	0,82	1,08	1,01	0,90	1,15	0,98	0,89	1,07	0,98	0,90	1,09
Outaouais	0,99	0,88	1,11	1,05	0,93	1,17	0,99	0,88	1,08	0,98	0,87	1,07
Abitibi-Temiscamingue	1,04	0,91	1,15	0,97	0,85	1,08	1,02	0,87	1,13	1,00	0,87	1,08
Côte-Nord	0,98	0,88	1,20	1,01	0,87	1,07	1,09	0,94	1,21	0,98	0,91	1,12
Nord-du-Québec	1,02	0,88	1,11	0,97	0,87	1,18	1,04	0,94	1,23	0,99	0,86	1,10
Gaspésie	1,01	0,91	1,14	1,01	0,94	1,10	1,05	0,92	1,21	1,02	0,97	1,08
Chaudière-Appalaches	0,98	0,86	1,10	1,04	0,96	1,12	1,00	0,88	1,09	0,97	0,88	1,08
Lanaudière	0,96	0,84	1,09	1,03	0,90	1,15	1,01	0,88	1,12	0,95	0,85	1,05
Laurentides	0,97	0,86	1,09	1,02	0,91	1,12	0,98	0,90	1,05	0,97	0,88	1,06
Montérégie	0,98	0,82	1,07	1,04	0,90	1,17	1,02	0,92	1,09	0,98	0,88	1,07
Nunavik	1,03	0,94	1,13	0,99	0,89	1,13	1,02	0,90	1,15	1,02	0,96	1,09
Terres-Cris-de-la-Baie-James	1,05	0,98	1,12	1,02	0,89	1,22	1,02	0,88	1,15	1,01	0,91	1,09

Changement du vent maximum quotidien, par région et par saison, en 2010-2039 par rapport à 1961-1990 (ratio futur/passé)



RÉFÉRENCES

Références bibliographiques

American Meteorological Association, *Glossary of Meteorology*, 2000, consultation du 9 janvier 2008, <http://amsglossary.allenpress.com1glossary>

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer (ASHRAE), <http://www.ashrae.org>

Bonsal, B., et al., Institut national de recherche sur les eaux, 2004, *Threats to Water Availability in Canada*, atelier 2002, Victoria, British Columbia

Bourque Alain, Simonet Guillaume, *Vivre avec les changements climatiques au Canada*, édition 2007, DS. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éditeurs), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, p. 171-226, http://www.adaptation.nrcan.gc.ca/assess/2007/qc/index_f.php

Canada Green Building Council – Conseil du bâtiment durable du Canada, <http://www.cagbc.org>

Caya D., and R. Laprise, 1999, *A Semi-Implicit Semi-Lagrangian Regional Climate Model: The Canadian RCM*, Monthly Weather Reviews, Vol. 127, No. 3, p. 341-362

C-Ciarn, 2004, *Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective*, NRCAN, Gouvernement du Canada

Conseil de l'Arctique et International Arctic Science Committee, *Impact of Warming Arctic: Elevated Ultraviolet Radiation Levels will Affect People, Plants, and Animals*, Cambridge University Press, 2004, p. 98-105, <http://amap.no/acia/>

Conseil de l'Arctique et International Arctic Science Committee, *Impact of Warming Arctic: Multiple Influences Interact to Cause Impacts to People and Ecosystems*, Cambridge University Press, 2004, p. 106-111, <http://amap.no/acia/>

Conseil de l'Arctique et International Arctic Science Committee, 2004, *Arctic Climate Impact Assessment, Chapter 15: Human Health*, Cambridge University Press, p. 869-878, <http://amap.no/acia/>

Conseil national de recherche du Canada (CNRC), en collaboration avec la Régie du bâtiment du Québec, *Code de construction du Québec*, édition en vigueur

Conseil national de recherche du Canada (CNRC), *Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments – Canada*, 1997

Conseil national de recherche du Canada (CNRC), *Digest de la construction*, http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/cbd/index_f.html

Corporation d'hébergement du Québec, *Cadre de référence normatif*, http://www.chq.gouv.qc.ca/chq/index_f.aspx?DetailID=363

Corporation d'hébergement du Québec, *Système d'information et de gestion des actifs du réseau de la santé et des services sociaux (SIGARSSS)*, http://www.chq.gouv.qc.ca/chq/index_f.aspx?DetailID=148

Développement durable, Environnement et Parcs, *Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques*, http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan_action/index.htm

Devis directeur national (DDN), Performances, Spex.ca, 2005

GIEC, SRES, 2000, *Rapport spécial du Groupe de travail III, Scénarios d'émissions, Résumé à l'intention des décideurs*, OMM, PNUE, Préparé par N. Nakicenovic, O. Davidson, G. Davis, A. Grubler, T. Emilio et al., 27 p.

GIEC, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Appendix I: glossary, M.L. Parry, O.F. Cnziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (éd.), Cambridge University, consultation du 9 janvier 2008, <http://www.ipcc.ch1pdf/Assesment-report/ar4-w2-app.pdf>

GIEC, *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*, Appendix I: glossary, contributions du groupe de travail I au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 2007, p. 941-954, consultation du 25 janvier 2008, <http://www.ipcc-wgl.ucar.edu/wgl-report.html>

Giguère Mélissa, *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains*, Institut national de santé publique du Québec, 2009, 73 p. et annexes

Girardin, M.P., M. Mudelsee, 2008, *Past and Future Changes in Canadian Boreal Wildfire Activity*, Ecological Applications, no 18, p. 391-406

Gouvernement du Canada, Santé Canada, *Le changement climatique, la santé et le bien-être : un abécédaire en matière de politiques*, août 2001, http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/climat/policy_primer-abecedaire_en_matiere/index-fra.php

Gosselin Pierre, Bélanger Diane, Doyon Bernard, *Chapitre 6 – Les effets des changements climatiques sur la santé au Québec*, http://www.ouranos.ca/fr/pdf/ouranos_chapitre-6.pdf

Gouvernement du Québec, Loi sur les Services de santé et les Services sociaux (L.R.Q., chapitre S-4.2)

Gouvernement du Québec, Loi sur la Sécurité civile (L.R.Q., chapitre S-2.3)

Gouvernement du Québec, Règlement sur l'économie de l'énergie dans les nouveaux bâtiments (c. E-1.1, r-1)

Hutchison L., D.W. McKenney, K. Lawrence, J.H. Pedlar, R.F. Hopkinson, E. Milewska, P. Papadopol, 2009, *Development and Testing of Canada-wide Interpolated Spatial Models of Daily Minimum/Maximum Temperature and Precipitation for 1961-2003*, American Meteorological Society, Journal of Applied Meteorological and Climatology, Vol. 48, No. 4, p. 725-741

Ingénieurs Canada, *Premier rapport sur l'évaluation nationale de la vulnérabilité de l'ingénierie*, http://www.pievc.com/fr/Adapting_to_Climate_Change_Report_Final_fr.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate change 2007, Mitigation of Climate Change*, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>

Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éditeurs), 2008, *Vivre avec les changements climatiques au Canada*, édition 2007, Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), p. 445, http://www.adaptation.nrcan.gc.ca/assess/2007/qc/index_f.php

Ministère de la Santé et des Services sociaux, *La qualité de l'air intérieur dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux*, <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2004/04-602-01w.pdf>

Ministère de la Santé et des Services sociaux, *Répertoire des normes et procédures*, http://www.chq.gouv.qc.ca/chq/index_f.aspx?DetailID=372

Music, B., D. Caya, 2007, *Evaluation of the Hydrological Cycle over the Mississippi River Basin as Simulated by the Canadian Regional Climate Model (CRCM)*, J. Hydromet., 8 (5), p. 969-988

Plummer, D.A., D. Caya, A. Frigon, H. Côté, M. Giguère, D. Paquin, S. Biner, R. Harvey, and R. De Elia, 2006, *Climate and Climate Change over North America as Simulated by the Canadian RCM*, J. Clim., Vol. 19 (13), p. 3112-3132

Ouranos, *S'adapter aux changements climatiques*, 2004, http://www.ouranos.ca/fr/pdf/ouranos_sadapterauxcc_fr.pdf

Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation (C-CIARN), *S'adapter aux changements climatiques : Une introduction à l'intention des municipalités canadiennes*, février 2006, http://www.c-ciarn.ca/adapting_f.html

Scinocca, J.F., N.A. McFarlane, 2004, *The Variability of Modelled Tropical Precipitation*, J. Atmos. Sci., p. 61, 1993-2015

Société suisse de géomorphologie, <http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/ssgmfiches/pergelisol/3201.php>

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.

US Green Building Council, <http://www.usgbc.org>

Verseghy, D. L., 1991, *Class – A Canadian Land Surface Scheme for GCMS, I – Soil Model*, Int. J. Climatol., 11, p.111-113

Verseghy, D. L., N. A. McFarlane, and M. Lazare, 1993, *A Canadian Land Surface Scheme for GCMS, II – Vegetation Model and Coupled Runs*, Int. J. Climatol., 13, p. 347-370

Walker, Anita, *Vulnérabilité : Qui est plus à risque*, bulletin de recherche sur les polluants de santé, Affaires indiennes du Nord du Canada, Santé Canada, No 11, novembre 2005, p. 22-26

Webster A., Gagnon-Lebrun F., Desjarlais C., Nolet J., Sauvé C., Uhde S., *L'évaluation des avantages et des coûts de l'adaptation aux changements climatiques*, http://www.ouranos.ca/fr/publications/10_Rapport_Webster_economie_2008.pdf

Références documentaires

- ¹ GIEC, 2007, *Bilan 2007 des changements climatiques*, Contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du GIEC, Genève, Suisse, 103 p., http://www.ipccc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf
- ² Allard, M. et al., 2007, *L'impact du réchauffement climatique sur les aéroports du Nunavik : caractéristiques du pergélisol et caractérisation des processus de dégradation des pistes*, Rapport Ouranos, 184 p.
- ³ Kaufman, D.S. et al., 2009, *A Multi-Proxy Reconstruction of Arctic Summer Temperatures Suggests that Late 20th Century Temperatures are the Warmest of the Past 2000 Years*, Science, Vol. 325, No. 5945, p. 1236-1239
- ⁴ Bonsal, B.R., Xhang. X., Vincent, L.A., Hogg, W.D., 2001, *Characteristics of Daily and Extreme Temperatures over Canada*, Journal of Climate, Vol. 14, No. 9, p. 1959-1976
- ⁵ Zhang, X et al., 2001, *Spatial and Temporal Characteristics of Heavy Precipitation Events over Canada*, Journal of Climate, Vol. 14, No. 9, p. 1923-1936
- ⁶ Vincent, L. et al., 2007, *Surface Humidity and Temperature Trends in Canada for 1953-2005*, Journal of Climate, Vol. 20, No. 20, p. 5100-5113
- ⁷ Zhang, X et al., 2000, *Temperature and Precipitation Trends in Canada During the 20th Century*, Atmosphere-Ocean, Vol. 38, No. 3, p. 395-429
- ⁸ Chaumont, D., et al., 2008, *Prise en compte des changements climatiques dans la demande énergétique*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ⁹ Kharin, V.V., et al., 2007, *Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the IPPCC Ensemble of Global Coupled Model Simulations*, Journal of Climate, Vol. 20, p. 1419-1444
- ¹⁰ Shabbar, A. et Bonsal, B., 2003, *An Assessment of Changes in Winter Cold and Warm Spells over Canada*, Journal of Natural Hazards, Vol. 29, No. 2, p. 173-188
- ¹¹ Groleau, A. et al., 2007, *Trend Analysis of Winter Rainfall over Southern Quebec and New Brunswick (Canada)*, Atmosphere-Ocean, Vol. 45, No. 3, p. 153-162
- ¹² Allard, M. et al. 2008, *Le suivi et la prévision du réchauffement climatique au Nunavik : En voie vers l'adaptation*, Présentation au troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ¹³ Frigon, A., Slivitzky, M., Équipe Simulations climatiques d'Ouranos, *Impact des changements climatiques sur l'hydrologie de bassins québécois évalués avec le MRCC*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos, nov. 2008
- ¹⁴ Alexander L.V. et al., 2006, *Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation*, Journal of Geophysic Research, Vol. 111, 22 p.
- ¹⁵ Mailhot, A., et al., 2007, *Assessment of Future Change in Intensity-Duration-Frequency Curves for Southern Quebec Using the Canadian Regional Climate Model*, Journal of Hydrology, Vol. 347, No. 1-2, p. 197-210
- ¹⁶ Yagouti, A. et al, 2008, *Observed Changes in Daily Temperature and Precipitation Indices for Southern Québec, 1961-2005*, Atmosphere-Ocean, Vol. 46, No. 2, p. 243-256
- ¹⁷ Cyr, JF., R. Roy, R. Turcotte, 2008, *Analyse hydrologique et ressources hydriques et énergétiques*, Présentation au troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ¹⁸ Litvak, E. et al., 2005, *Programme de vigie et de prévention des effets de la chaleur accablante à Montréal; Définition épidémiologique des seuils d'alerte et de mobilisation pour Montréal*, Direction de santé publique de Montréal, Unité Santé au travail et environnementale, 33 p.

- ¹⁹ Gosselin, P., D. Bélanger, 2009, *Savoir vivre avec les changements climatiques, chapitre santé : Sensibilité et adaptation des populations* (sous presse), Ouranos
- ²⁰ Smargiassi, A., 2008, *Variation des décès journaliers en été avec la présence de micro-îlots de chaleur urbains*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ²¹ Environnement Canada, 2004, *Le facteur humidex*, Services météorologiques du Canada, Documentation, http://www.qc.ec.gc.ca/meteo/documentation/humidex_fr.html
- ²² Environnement Canada, 2009, *Foire aux questions : Comment calcule-t-on l'humidex ?* Météo, http://www.weatheroffice.gc.ca/mainmenu/faq_f.html
- ²³ Willett, K.M., 2007, *Creation and Analysis of HADCURH: a New Global Surface Humidity Dataset, Introduction: Humidity and Climate Change*, 28 p., <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/pubs/thesis/2007-willett/1INTRO.pdf>
- ²⁴ Diaconescu, R., P. Gachon, A. St-Hilaire, 2004, *Analyse de la variabilité des vents dans le golfe du Saint-Laurent : tendances climatiques et non-climatiques*, Affiche du premier symposium scientifique d'Ouranos
- ²⁵ Pryor, S. C. et al., 2006, *Winds of Change: Projections of Near-Surface Winds Under Climate Change Scenarios*, Geophysical research letters, Vol. 33, No. 11
- ²⁶ Kelly, J. et al., 2008, *Modélisation des niveaux d'ozone et particules du climat présent et climat futur au Canada*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ²⁷ Gosselin, P., D. Bélanger, 2009, *Savoir vivre avec les changements climatiques, chapitre Santé : Sensibilité et adaptation des populations* (sous presse), Ouranos
- ²⁸ Ressources naturelles Canada, 2007, *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques. Un temps de changement : les changements climatiques au Québec*, http://adaptation.nrcan.gc.ca/posters/qc/qc_03_f.php
- ²⁹ Breton, M.C. et al., 2006, *L'impact du changement climatique sur l'herbe à poux et la rhinite allergique à Montréal : Étude de cas, de 1994 à 2002*, Affiche du deuxième symposium d'Ouranos
- ³⁰ Rivard, C. et al., 2008, *Impact des changements climatiques et des activités anthropiques sur la recharge des aquifères au Canada*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ³¹ Talbot, G. et al., 2008, *Approvisionnement en eau potable et santé publique : Analyse multimodèles des tendances de précipitations et d'écoulements en climat futur pour le Canada et le nord des États-Unis*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ³² Mailhot, A., 2008, *Le contrôle à la source : un outil pour la gestion des eaux pluviales dans une perspective de changements climatiques*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ³³ Carrière, A., B. Barbeau, M. Prévost, A. Zamyadi, P. Chevalier, 2008, *Analyse de vulnérabilité des installations québécoises de traitement de l'eau potable aux cyanobactéries toxiques dans un contexte de changements climatiques*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ³⁴ Senneville, S., F. Saucier, 2006, *Étude de sensibilité du système océan-glace de mer due au réchauffement atmosphérique et son effet sur la protection des berges : Golfe du Saint-Laurent*, Affiche du deuxième symposium d'Ouranos
- ³⁵ Bernatchez, P. et al., 2008, *Influence du climat et de l'artificialité des côtes sur l'érosion côtière des régions de Sept-Îles, de Percé et des Îles-de-la-Madeleine*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ³⁶ Bernatchez, P. et al., 2008-2, *Enjeux et vulnérabilité des communautés de Sept-Îles, de Percé et des Îles-de-la-Madeleine*, Affiche du troisième symposium scientifique d'Ouranos, nov. 2008

- ³⁷ Long, Z. et al., 2009, *Scenario Changes in the Climatology of Winter Midlatitude Cyclone Activity Over Eastern North America and the Northwest Atlantic*, J. Geophys. Res., 114, D12111, doi:10.1029/2008JD010869
- ³⁸ Caron, L.P., 2009, Ouranos, Communication personnelle
- ³⁹ LeGoff, H. et al, 2008, *Feux de forêt : Que nous réservent les changements climatiques dans la région de Waswanipi ?*, Troisième symposium scientifique d'Ouranos
- ⁴⁰ Drever, C.R., Bergeron Y., Drever, M.C., Flannigan, M., Logan, T. and Messier, C., 2009, *Effects of Climate on Occurrence and Size of Large Fires in a Northern Hardwood Landscape: Historical Trends, Future Predictions, and Implications for Climate Change in Témiscamingue, Québec*, Applied Vegetation Science, Doi:10.1111/j.1654-109X.2009.01035.x
- ⁴¹ Allard, M., et al. 2007-2, *Cartographie des conditions de pergélisol dans les communautés du Nunavik en vue de l'adaptation au réchauffement climatique*, Rapport Ouranos, 42 p.
- ⁴² GIEC, 2001, *Climate Change 2001*, The Scientific Basis, Contribution du Groupe de travail I au Troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New-York, N.Y., É.-Y., 881 p.
- ⁴³ Music, B., and D. Caya, 2007, *Evaluation of the Hydrological Cycle over the Mississippi River Basin as Simulated by the Canadian Regional Climate Model (CRCM)*, J. Hydromet, 8 (5), 969-988
- ⁴⁴ Plummer, D.A., D. Caya, A. Frigon, H. Côté, M. Giguère, D. Paquin, S. Biner, R. Harvey, and R. de Elia, 2006, *Climate and Climate Change over North America as Simulated by the Canadian RCM*, J. Clim., Vol. 19(13), 3112-3132
- ⁴⁵ Caya, D. and R. Laprise, 1999, *A Semi-Implicit Semi-Lagrangian Regional Climate Model: The Canadian RCM*, Monthly Weather Reviews, Vol. 127, No. 3, p. 341-362
- ⁴⁶ Scinocca, J.F. and N.A. McFarlane, 2004, *The Variability of Modelled Tropical Precipitation*, J. Atmos. Sci., 61, 1993-2015
- ⁴⁷ Verseghy, D.L., 1991, *CLASS – A Canadian Land Surface Scheme for GCMS*, I, Soil Model, Int. J. Climatol, 11, 111-113
- ⁴⁸ Verseghy, D.L., N.A. McFarlane, M. Lazare, 1993, *A Canadian Land Surface Scheme for GCMS*, II, Vegetation model and coupled runs, Int. J. Climatol, 13, 347-370
- ⁴⁹ IPCC, 2007, *General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment*, Version 2, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment (TGICA), Finnish Environment Institute, 66 p.
- ⁵⁰ GIEC, SRES, 2000, Rapport spécial du Groupe de travail III, *Scénarios d'émissions, Résumé à l'intention des décideurs*, OMM, PNUE, Préparé par N. Nakicenovic, O. Davidson, G. Davis, A. Grubler, T. Emilio et al., 27 p.
- ⁵¹ GIEC-TGICA, 1999, *Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment*, Version 1, Préparé par Carter, T.R., M. Hulme et M. Lal, Intergovernmental Panel on climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment, 69 p.