

**POUR DES MESURES DE CONSERVATION ET D'UTILISATION EFFICACE DE
L'EAU ADAPTABLES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES
POUR LE BASSIN DU FLEUVE SAINT-LAURENT**

Proposer des mesures d'adaptation liées aux changements climatiques afin de supporter le projet de programme gouvernemental de conservation et d'utilisation efficace des ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent.

Rapport final

Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012
Mesure 26 – Soutenir la programmation du Consortium Ouranos
PACC-26

Par :
Annie-Claude Parent
François Anctil

En collaboration avec :
Patrick Grenier
Diane Chaumont
(Ouranos)

Rapport No GCS-1201
Département de génie civil et génie des eaux
Université Laval

Décembre 2012

Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent pas Ouranos ni ses membres.



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada



Québec



UNIVERSITÉ
LAVAL

Table des matières

1.	Introduction.....	6
1.1	Description du projet.....	6
1.2	Objectifs.....	8
1.3	Eau: définitions et parcours.....	8
1.3.1	Définitions	8
1.3.2	Eau bleue, eau verte	9
1.3.3	Eau virtuelle	10
1.3.4	Eau renouvelable	10
1.3.5	Conservation de l'eau	10
1.4	Principaux changements prévus au climat	11
1.4.1	La disponibilité en eau.....	12
1.4.2	Baisse du niveau des Grands Lacs	13
1.4.3	Augmentation de l'évapotranspiration	15
1.4.4	Augmentation des événements extrêmes	15
1.4.5	Raccourcissement de la saison hivernale	16
1.5	Conservation de l'eau vs énergie	16
2.	Méthodologie	17
2.1	Portrait du territoire à l'étude.....	18
2.2	Revue de littérature.....	20
2.3	Analogues climatiques.....	22
2.4	Coefficients de consommation.....	29
3.	Demande en eau actuelle.....	33
3.1	Portrait du Québec	33
3.1.1	Statistiques générales.....	33
3.1.2	Demande en eau	34
3.1.3	Vulnérabilité aux changements climatiques	38
3.1.4	Stratégies d'adaptation	39
3.2	L'approvisionnement municipal	40
3.2.1	Statistiques générales.....	40

3.2.2	Demande en eau	41
3.2.3	Vulnérabilité aux changements climatiques	44
3.2.4	Stratégies d'adaptation	48
3.3	L'approvisionnement autonome commercial et institutionnel	54
3.4	L'approvisionnement autonome pour des fins d'irrigation et d'élevage.....	55
3.4.1.1	Statistiques générales.....	57
3.4.1.2	Demande en eau	60
3.4.1.3	Vulnérabilité aux changements climatiques	63
3.4.1.4	Stratégies d'adaptation	66
3.5	L'approvisionnement autonome industriel.....	73
3.5.1	Statistiques générales.....	73
3.5.2	Demande en eau	75
3.5.3	Vulnérabilité aux changements climatiques	81
3.5.4	Stratégies d'adaptation	82
3.6	Production d'énergie thermoélectrique.....	83
3.7	Production d'énergie hydroélectrique	84
3.7.1	Statistiques générales.....	85
3.7.2	Demande en eau	85
3.7.3	Vulnérabilité aux changements climatiques	86
3.7.4	Stratégies d'adaptation	87
4.	Demande future en eau	90
4.1	Climats analogues.....	91
4.1.1	Principaux résultats	91
4.1.2	Utilisation de l'eau dans les territoires analogues	95
4.2	Projections : revue de littérature	96
4.3	Vulnérabilité par région du Québec à l'étude	105
4.3.1	Bas-Saint-Laurent	105
4.3.2	Capitale-Nationale.....	108
4.3.3	Mauricie.....	111
4.3.4	Estrie	114
4.3.5	Montréal.....	116
4.3.6	Outaouais	118

4.3.7	Abitibi-Témiscamingue	121
4.3.8	Chaudière-Appalaches.....	123
4.3.9	Laval.....	125
4.3.10	Lanaudière	126
4.3.11	Laurentides	128
4.3.12	Montérégie.....	130
4.3.13	Centre-du-Québec.....	133
5.	Discussion, recommandations et conclusion	136
5.1	Avantages et limites de la méthode des climats analogues.....	136
5.2	Stratégies d’adaptation générales et modalités.....	138
5.3	Recommandations.....	140
5.4	Conclusion	143
6.	Références.....	145
	Annexes	159
	Annexe A : Prélèvements d’eau pour le Canada	160
	Annexe B : Littérature sur les prélèvements d’eau au Québec.....	161
	Annexe D : Résultats des climats analogues	163
	Annexe E : Programmes de conservation de l’eau.....	176
1.	Faits saillants	176
2.	Illinois.....	176
2.1	Conservation de l’eau	176
2.2	Prélèvement d’eau	177
2.3	Dispositif d’urgence.....	177
2.4	Adaptabilité aux changements climatiques	177
3.	Indiana	178
3.1	Conservation de l’eau.....	178
3.2	Prélèvement d’eau	178
3.3	Dispositif d’urgence.....	178
3.4	Adaptabilité aux changements climatiques	179
4.	Michigan	179
4.1	Conservation de l’eau.....	179
4.2	Prélèvement d’eau	180

5.	New York	180
5.1	Conservation de l'eau	180
5.2	Prélèvement d'eau	180
5.3	Dispositif d'urgence	180
5.4	Adaptabilité aux changements climatiques	181
6.	Ohio	181
6.1	Conservation de l'eau	181
6.2	Prélèvement d'eau	182
6.3	Adaptabilité aux changements climatiques	182
7.	Ontario.....	183
7.1	Conservation de l'eau	183
7.2	Prélèvement d'eau	184
7.3	Dispositif d'urgence.....	184
7.4	Adaptabilité aux changements climatiques	184
8.	Pennsylvanie.....	185
8.1	Conservation de l'eau	185
8.2	Prélèvement d'eau	185
8.3	Dispositif d'urgence.....	185
8.4	Adaptabilité aux changements climatiques	186
9.	Wisconsin.....	186
9.1	Conservation de l'eau	186
9.2	Prélèvement d'eau	186
10.	Autres	186
11.	Régions analogues.....	186
11.1	Connecticut.....	187
11.2	Maryland.....	187
11.3	New Jersey.....	188
11.4	Virginie Occidentale.....	189
	Annexe F : Stratégies d'adaptation chez les analogues	190
1.	États du nord-est	190
2.	États du centre-est	191

1. Introduction

Les travaux menés par le Centre d'expertise hydrique du Québec pour déterminer les impacts des changements climatiques sur le régime hydrique québécois semblent indiquer qu'en réponse à l'augmentation de température attendue, la disponibilité en eau sera réduite dans les périodes les plus critiques aux cours des prochaines décennies (CEHQ, 2011). Outre les changements climatiques, certains types d'activités humaines amplifieront cette réduction, par exemple : les coupes forestières et le défrichement qui éliminent les réservoirs naturels; le drainage des terres qui accélère l'évacuation de l'eau de pluie et qui accroît la vulnérabilité en période sèche; l'urbanisation, par l'augmentation en surfaces imperméabilisées, qui empêche l'infiltration et la recharge des nappes souterraines.

1.1 Description du projet

Le projet s'inscrit dans le cadre de l'Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent conclue le 13 décembre 2005 entre les deux provinces canadiennes : Québec et Ontario, et les huit états américains : New York, Pennsylvanie, Ohio, Michigan, Indiana, Illinois, Wisconsin, Minnesota, qui se partagent ce bassin versant (Conseil des Gouverneurs des Grands Lacs, 2005). Cette entente fait suite à la Charte des Grands Lacs signée en 1985 et annexée en 2001 en vue d'inclure les prélèvements et les transferts interbassins. L'Entente de 2005 vise principalement la gestion des prélèvements à l'intérieur du bassin. La quantité d'eau est au cœur de l'Entente, cependant, selon le partenaire, le Québec par exemple, les questions de qualité de l'eau et de régularisation des niveaux d'eau sont également prises en compte.

La question de la quantité d'eau est primordiale pour le Québec, particulièrement vulnérable aux variations de débit en raison de sa situation en aval des Grands Lacs et compte tenu que ces derniers produisent 80% du débit du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Montréal ou environ 60% à la hauteur de Québec (Centre Saint-Laurent, 1996). Par exemple, une baisse du niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent représente une menace pour l'activité portuaire de Montréal. De la même façon, un débit plus faible risque d'affecter la production hydroélectrique du barrage de Beauharnois. Si l'abondance des précipitations et des eaux de surface a été un puissant

facteur de développement de la société québécoise, il est facile d'imaginer que sa diminution pourrait avoir une incidence majeure, variable selon le secteur d'activité économique ou la région. Les modifications des paramètres du régime hydrique risquent d'avoir des conséquences sur les cadres législatifs et sur la conception et la planification de l'utilisation des infrastructures dont la conception s'est appuyée sur les données historiques.

Actuellement, le Québec est à élaborer un programme gouvernemental de conservation et d'utilisation efficace de l'eau pour satisfaire aux exigences de l'Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent mais qui sera applicable à l'ensemble du territoire québécois. Dans l'optique de préserver la ressource et de prévenir les manques d'eau, ce programme vise notamment l'utilisation optimale de l'eau. Chacun des dix signataires de l'Entente est d'ailleurs appelé à élaborer, puis à appliquer, son propre programme de conservation qui convient le mieux à son territoire et à ses usages. L'objectif de l'Entente est de garantir que les utilisations de l'eau soient durables tout en assujettissant les prélèvements à une déclaration et à une redevance et en s'assurant qu'ils respectent les exigences de l'Entente, notamment l'absence d'impact et la conservation de l'eau. Néanmoins, il est stipulé à l'article 304 de l'Entente que les « *programmes de conservation doivent pouvoir être adaptés en fonction des nouvelles demandes ainsi qu'en fonction des effets potentiels des impacts cumulatifs et du changement climatique.* » Les changements climatiques modifieront les quantités d'eau disponibles, et probablement davantage leur répartition temporelle, dans le bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, rendant plus vulnérables certaines régions et secteurs d'activité ce qui entraînera de nouveaux défis de gestion de cette ressource, qu'elle devienne par moment insuffisante ou trop abondante. D'où la nécessité d'identifier des mesures de conservation et d'utilisation efficace de l'eau adaptables au climat changeant. Plus spécifiquement, il s'agit de cibler les secteurs d'activité et les régions où la demande en eau risque d'être accrue, d'identifier des mesures d'adaptation appropriées et, enfin, de proposer des modalités de mise en place de ces mesures d'adaptation. Pour ce faire, l'approche par climats analogues est préconisée en premier lieu pour considérer les modes de gestion appropriés aux conditions climatiques qui prévaudront pour telle ou telle région du bassin versant du fleuve Saint-Laurent touchée par l'Entente. Des similitudes climatiques sont identifiées à partir des distributions de trois indicateurs sélectionnés pour leur représentativité du problème posé, soit l'indice d'aridité, le cumul des précipitations et les degrés-jour de croissance. D'autre part, une revue de littérature des coefficients de consommation disponibles ainsi qu'une caractérisation des

volumes prélevés à partir des bases de données existantes éclaireront la demande en eau actuelle et son évolution future. Les coefficients de consommation se basent à la fois sur les volumes prélevés et les volumes relâchés, par catégorie d'usage, et prennent en compte les aspects climatiques et socio-économiques qui prévalent dans chaque région. Finalement, une recherche bibliographique des mesures d'adaptation déjà en place dans certaines régions, principalement sur les territoires identifiés par climats analogues de même que ceux touchés par l'Entente, cependant non restrictive à ces derniers, permettra une sélection des meilleures pratiques applicables au territoire à l'étude.

1.2 Objectifs

Les objectifs spécifiques du projet sont :

1. Cibler les secteurs d'activité où les besoins en eau (volume et coefficient de consommation) risquent d'être accrus en raison des changements climatiques – usages agricoles (irrigation et élevage), domestiques, commerciaux, industriels, miniers et autres;
2. Identifier les régions du bassin du fleuve Saint-Laurent où la demande en eau risque d'augmenter en raison des changements climatiques;
3. Identifier des mesures d'adaptation appropriées aux secteurs d'activité et aux régions les plus vulnérables aux changements climatiques;
4. Proposer des modalités de mise en œuvre des mesures d'adaptation identifiées.

1.3 Eau: définitions et parcours

Il importe de distinguer certains concepts de l'eau avant d'aborder les impacts des changements climatiques sur la ressource en eau.

1.3.1 Définitions

Ces définitions ont été tirées de la Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020 (Gouvernement du Québec, 2012) et du rapport sur les coefficients de consommation d'eau pour le bassin des Grands Lacs et les régions climatiquement similaires (Shaffer and Runkle, 2007).

Adaptation : l'ajustement pour faire face aux changements climatiques afin de minimiser les effets négatifs et de tirer profit des avantages.

Coefficient de consommation : le rapport entre la consommation et le prélèvement d'eau, en pourcentage.

Consommation d'eau : la partie du prélèvement d'eau qui est perdue par évaporation, transpiration ou incorporation aux produits ou aux cultures, consommation par les humains ou les animaux, ou de toute autre manière retirée de son environnement immédiat.

Utilisation d'eau : l'eau prélevée pour un usage spécifique tel que municipal, commercial, pour l'irrigation et l'élevage, industriel, ou pour la production thermo- et hydro-électrique.

Prélèvement d'eau : volume d'eau qui est enlevé de son milieu pour un usage spécifique.

Vulnérabilité : la condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages. La vulnérabilité climatique est le résultat de l'interaction de trois paramètres, soit l'exposition aux aléas (événements climatiques), la sensibilité et la capacité d'adaptation.

1.3.2 Eau bleue, eau verte

La gestion intégrée de la ressource en eau implique de distinguer les parcours de l'eau qui sont accessibles aux sociétés de ceux qui ne le sont pas (Falkenmark *et al.*, 1999). Les cheminements de l'eau, depuis leur précipitation jusqu'à leur retour à l'océan ou à l'atmosphère, sont nombreux et fortement variables d'un lieu à l'autre. Il est possible de simplifier cette question en s'attardant plutôt aux deux destinations ultimes de l'eau.

L'eau *bleue* forme les réserves et les flux en surface et au sein des sols : rivières, lacs, nappes et écoulements souterrains. Cette eau supporte l'écosystème aquatique et les activités humaines : domestiques, agricoles, commerciales et industrielles. Elle peut être recyclée au sein d'un même bassin versant si elle est recueillie après usage et retournée au milieu. Cette option n'est bien sûr pas possible si l'eau s'est évaporée, par exemple à cause de la croissance de plantes irriguées. L'eau perdue par évapotranspiration quitte la surface en direction de l'atmosphère, qui la stocke et la libère éventuellement sous forme de précipitations.

L'eau *verte* est le flux invisible de vapeur d'eau qui quitte le territoire pour rejoindre l'atmosphère; elle inclut l'eau consommée par les forêts, les prairies et les cultures non irriguées. Cette eau

supporte tout l'écosystème terrestre. Elle ne peut pas être exploitée au profit des sociétés, mais produit une large part de la nourriture consommée par celles-ci – le reste est tiré de l'écosystème aquatique.

1.3.3 Eau virtuelle

L'eau virtuelle exprime toute l'eau qui a servi à fabriquer un produit et qui est vendue en même temps que le produit. Cette dernière peut être comptabilisée lorsque le produit est vendu. Un exemple concret est celui de l'agriculture, dont les produits vendus (les aliments) incluent une charge d'eau virtuelle proportionnelle à l'eau utilisée et perdue lors du processus de fabrication. Dans le cas d'une production agricole, l'eau virtuelle comprend, par exemple, l'eau d'irrigation et l'eau contenue dans les aliments. Les coefficients de consommation, c'est-à-dire le pourcentage d'eau perdue lors d'un processus, s'avèrent utiles pour comptabiliser l'eau virtuelle. Dans le cas d'un produit agricole cultivé sous irrigation, c'est en moyenne 90% de l'eau qui est considérée perdue dans le processus, principalement par évaporation.

1.3.4 Eau renouvelable

L'étude du débit des cours d'eau et de la recharge des nappes par les précipitations permet d'établir le volume annuel d'eau renouvelable d'un bassin versant, d'une région, voire d'un pays. Il s'agit d'une information particulièrement critique dans un esprit de gestion durable des ressources en eau car, au sens strict, toute exploitation dans des quantités au-delà de cette valeur ne peut clairement pas être qualifiée de durable. Dans son contexte naturel, le système des eaux souterraines est en équilibre dynamique, puisque les recharges sont équivalentes aux sorties à long terme. La bonne pratique dicte donc de limiter plutôt l'exploitation de l'eau bleue bien en deçà des quantités renouvelables afin d'assurer le maintien de l'écosystème aquatique et des autres usages des eaux de surface (Anctil, 2008). La limite supérieure d'un prélèvement sécuritaire des eaux souterraines ne doit donc pas être déterminée seulement sur la base de l'équilibre de la nappe (Zhou, 2009), elle doit prévenir l'occurrence de dommages inacceptables sur le plan environnemental, économique et social.

1.3.5 Conservation de l'eau

Pour la gestion des ressources en eau, une approche durable exige la prise en compte intégrée de tous les systèmes – cadre légal et réglementaire; réalités financières et économiques; institutions municipales, provinciales et fédérales; besoins des populations, de l'agriculture et

des industries; protection des écosystèmes terrestres et aquatiques – dès aujourd’hui, tout en maintenant leur capacité future (Thornton *et al.*, 2006; Söderbaum, 2008).

La conservation de la ressource et l’économie de l’eau doivent être au cœur des plans de gestion, peu importe l’abondance et la qualité des flux et des réservoirs locaux (Pereira *et al.*, 2002). L’acte de conserver la ressource fait référence à la mise en place de politiques, de modes de gestion ou encore de pratiques qui protègent la ressource en eau en combattant sa dégradation tant en volume qu’en qualité. Par ailleurs, l’économie de l’eau est l’acte de limiter voire de régir la demande et l’usage de l’eau afin d’assurer à court et à long termes le plus grand bénéfice possible pour la ressource locale, tant pour la société que pour l’environnement. Ces deux approches complémentaires sont particulièrement incontournables là où l’eau manque fréquemment.

L’amélioration des systèmes de distribution et d’irrigation, l’adoption de politiques d’allocation d’eau incitant la conservation et l’utilisation raisonnée de la ressource, la valorisation de l’eau comme un bien à grande valeur économique, sociale et environnementale, l’exploitation durable de toutes les ressources disponibles incluant le recyclage et l’exploitation de sources saumâtres pour certains usages, la participation des meilleures techniques d’irrigation (dans une perspective d’économie de l’eau), la concertation des usagers dans la planification et la gestion de l’eau à l’échelle locale et la sensibilisation des gestionnaires, des opérateurs et des utilisateurs sont autant d’éléments possibles d’un programme de conservation de l’eau. Les sécheresses apportent des défis supplémentaires, notamment à cause de la difficulté à prévoir leur début, leur durée et leur intensité.

1.4 Principaux changements prévus au climat

Le climat actuel du Québec est caractérisé par de fortes variations régionales, des hivers longs et froids, des étés courts et frais, ainsi que par d’importantes précipitations annuelles, dont un tiers environ arrive sous forme de neige. Du nord au sud, le climat varie de polaire (latitude 50°N et au-dessus) à continental humide (sous la latitude 50°N).

Plusieurs changements au climat du Québec ont déjà été observés au cours des dernières décennies; d’autres seront rencontrés au cours de ce siècle. Les plus récents travaux du consortium de chercheurs québécois œuvrant dans le domaine des changements climatiques, Ouranos, tendent à indiquer que la province observera une hausse généralisée des

températures et des précipitations à l'horizon 2050 (Desjarlais *et al.*, 2010). Les activités humaines influencent globalement le climat. Un récent état de fait (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007) révèle que la fréquence des précipitations violentes s'est accrue dans la plupart des régions du monde de manière cohérente avec la hausse des températures. Une hausse des précipitations, pour la période de 1900 à 2005, est également notée pour l'est des Amériques. Les simulations de changement climatique indiquent que ces tendances devraient se maintenir au cours des prochaines années. Les patrons de températures et de précipitations projetés varient régionalement dans la province et de façon saisonnière. Le climat projeté en 2050 pour le sud du Québec se traduira par un réchauffement moyen des températures de 2,0 °C à 3,2 °C, de façon plus marquée en hiver qu'en été, et par des précipitations de 8,6% à 18,1% plus importantes en hiver alors qu'elles se maintiendront en été (Desjarlais *et al.*, 2010). Au chapitre des événements extrêmes, on prévoit pour le Québec une augmentation du nombre de jours de canicule, une diminution du nombre de jour de froid intense, une réduction de la durée de la couverture neigeuse et une augmentation des précipitations violentes (Desjarlais *et al.*, 2010).

La ressource en eau sera nécessairement touchée par le changement du climat. Le rapport entre l'offre et la demande risque d'être fragilisé, particulièrement durant l'été en période d'étiage. Les sous-sections suivantes décrivent brièvement certains impacts envisagés du changement climatique sur la ressource en eau. D'autres impacts des changements climatiques peuvent être obtenus dans Desjarlais *et al.* (2010).

1.4.1 La disponibilité en eau

Les modifications anticipées du climat intensifieront le cycle de l'eau. Pour le Québec méridional, la hausse des températures se traduira par une hausse de l'évapotranspiration et une modification au régime hydrologique, particulièrement par le devancement de la crue printanière, l'accroissement de la sévérité et la prolongation de la durée des étiages estivaux, les crues hivernales plus fréquentes et la modification de l'amplitude et de l'occurrence des crues d'été et d'automne (Desjarlais *et al.*, 2010).

Dans le cadre d'une étude visant à renforcer les modes de gestion de l'eau en évaluant l'impact des changements climatiques sur le régime hydrique québécois, la disponibilité en eau a été modélisée par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), en collaboration avec le

Consortium Ouranos (CEHQ, 2011; CEHQ, 2012a et 2012b). Pour ce qui est des volumes annuels dans les systèmes hydrologiques, le débit moyen devrait suivre un gradient positif selon la latitude, avec une modification des valeurs médianes comprise entre -10% au sud et +15% au nord, ainsi qu'un débit moyen plus faible en été pour l'ensemble du territoire (-10%). D'après le CEHQ (2012b), les volumes annuels d'eau disponibles dans les cours d'eau demeurerait essentiellement les mêmes sur l'extrême-sud de la province, mais auront tendance à augmenter vers le Nord (de l'ordre de +5% à la hauteur du lac Saint-Jean). Les étiages estivaux seront plus sévères sur l'extrême-sud de la province (réduction des débits d'étiage de l'ordre de -5 à -15%), mais auront tendance à demeurer essentiellement les mêmes dans Nord. Les projections vont également dans le sens d'une augmentation des débits hivernaux et d'une diminution des apports printaniers par les tributaires du fleuve Saint-Laurent (Boyer *et al.*, 2010). La problématique n'est pas tant la quantité d'eau disponible, puisque celle-ci demeurerait plutôt stable sur une base annuelle, mais bien sur sa répartition temporelle, plus importante en hiver et moins en été.

De plus, l'augmentation des températures, combinée à la réduction de la durée de la saison froide, devrait favoriser une diminution du couvert de neige malgré l'augmentation des précipitations annuelles. Les résultats préliminaires de l'étude menée par le CEHQ prévoient, outre une baisse des débits d'étiage estivaux dans le sud du Québec, un devancement de la crue printanière et une augmentation des débits moyens en hiver. Le CEHQ (2012a) prévoit une légère diminution des pointes de crue de période de retour de 2 ans sur l'extrême-sud de la province (de l'ordre de -5%). Plus au Nord, les mêmes pointes de crue pourraient légèrement augmenter (de l'ordre de +5%). Le signal de changement associé aux pointes de crue est cependant empreint d'une forte dispersion. Les caractéristiques hydrologiques des petits cours d'eau sont telles qu'il existe de grandes fluctuations du débit entre la période de fonte de neige au printemps et la période estivale, et selon le tronçon du cours d'eau étudié (CEHQ, 2011). La capacité de conserver une quantité suffisante d'eau pour satisfaire à la demande en période d'étiage est critique pour tous les secteurs économiques.

1.4.2 Baisse du niveau des Grands Lacs

Les Grands Lacs, dont seulement 1% du volume d'eau est renouvelé chaque année, est loin de constituer un surplus d'eau tel que le perçoivent certains préleveurs potentiels. Sa ressource est assujettie à une forte pression quant au prélèvement, que l'on pense aux transferts interbassins

ou à l'allocation d'eau à l'intérieur du bassin. D'autres pressions pourraient provenir d'une augmentation sensible de la population dans les villes puisant leur eau à même le bassin ou d'une augmentation de leur consommation en période de sécheresse.

Dans un contexte de climat changeant, des températures de surface plus élevées intensifient les conditions de sécheresse par une évaporation accrue en période estivale ainsi qu'une sublimation accompagnée d'une fonte du couvert nival plus importante en hiver. Sur les plans d'eau, l'évaporation est proportionnelle à la surface de l'eau. Par conséquent, une surface aussi grande que celle des Grands Lacs est particulièrement vulnérable à une évaporation accrue qui se traduirait par une baisse significative des niveaux d'eau. Rappelons que les Grands Lacs ont connu leurs niveaux les plus bas au cours des sécheresses des années 1930, du début des années 1960 et de 1999 à 2001 (Environnement Canada, 2004a). Le fleuve Saint-Laurent est particulièrement sensible à toute baisse de niveau de sa source principale, les Grands Lacs. Sous l'effet combiné d'une évaporation estivale augmentée par des températures plus chaudes et de la diminution du couvert de glace en hiver favorisant également l'évaporation, le débit et le niveau du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Montréal pourraient diminuer respectivement de 40% et de 1,3 m. De même, le débit du fleuve à la sortie du lac Ontario pourrait, d'ici 2050, sur une base annuelle, être réduit de 4 % à 24 % et celui de la rivière des Outaouais, pour sa part, pourrait diminuer de 1 % à 8 % (Lefavre, 2005). Il s'agit des deux plus importants affluents du fleuve puisqu'ils fournissent actuellement 76 % de l'eau qui circule à la hauteur de Québec, par exemple. En contrepartie, les prédictions des modèles climatiques tendent vers un rehaussement du niveau des océans de 20 cm qui se traduit par une augmentation du niveau du fleuve Saint-Laurent dans la région de Québec d'environ 14 cm, contre seulement 2 cm à la hauteur de Montréal pour la même période (Lefavre, 2005).

Les conséquences d'une telle modification des caractéristiques du fleuve Saint-Laurent se feraient sentir à plusieurs niveaux : salinisation possible des prises d'eau, érosion des berges, activités portuaires et transport maritime perturbés, concentration de la pollution, production d'électricité diminuée, assèchement des marais, perturbation des usages récréatifs et agricoles (Villeneuve et Richard, 2007). Quelques solutions sont actuellement envisagées pour maintenir un niveau acceptable sur les Grands Lacs, par exemple : la régulation du Lac Ontario (Groupe d'étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent, 2005) et le Plan bv7

(Commission mixte internationale, 2012), l'instauration de limites à l'utilisation de la ressource des barrages aux affluents, etc.

Enfin le réchauffement de l'eau, en plus de générer une évaporation plus importante, a des conséquences tangibles sur les habitats et la faune aquatique les plus sensibles aux changements de température. La qualité de l'eau s'en trouve aussi altérée en perdant une partie de sa capacité de dilution, menaçant à la fois la potabilité pour la consommation et les usages récréatifs.

1.4.3 Augmentation de l'évapotranspiration

La quantité d'eau évaporée devient importante dans la situation où les températures sont plus élevées et où la saison hivernale est écourtée (couvert nival réduit). Le Québec possède de nombreux lacs, réservoirs et cours d'eau. Une augmentation des changements prévus au climat laisse présager que l'évapotranspiration (l'évaporation combinée à la transpiration des végétaux) augmentera de façon notable et contribuera ainsi à réduire les quantités d'eau disponibles et ce même si en hiver l'évapotranspiration est pratiquement nulle. Du point de vue de l'agriculture, l'évapotranspiration des sols agricoles se trouvera accentuée par une augmentation des températures, réduisant par le fait même la réserve d'eau disponible pour les plantes dans la zone racinaire et augmentant leur vulnérabilité aux sécheresses. De plus, la perte progressive du couvert de glace, qui fond au fur et à mesure que les températures globales augmentent, engendre nécessairement une évaporation continue des eaux de surface. Par conséquent, une partie de l'eau douce, auparavant solide (couvert de glace) mais désormais disponible sous forme liquide, s'échappe vers l'atmosphère.

1.4.4 Augmentation des événements extrêmes

Certains événements extrêmes ont déjà vu leur fréquence augmentée au cours des dernières décennies. Par exemple, on rencontre plus souvent des vagues de chaleur accablante durant l'été. D'autre part, les nuits de froid intense ont diminué (Desjarlais *et al.*, 2010). Les événements de précipitations intenses suivis d'inondations pourraient être augmentés au cours des prochaines années. Le CEHQ (2011) prévoit entre autres une augmentation du volume des crues de récurrence de deux ans de 10% à 15%. En réaction à la violence du climat, la solution repose principalement sur des infrastructures et des systèmes de gestion mieux adaptés.

Globalement, on prévoit un accroissement en intensité et fréquence des précipitations liquides et solides.

Par contre, l'augmentation des températures étant déjà amorcée, des périodes de sécheresse plus intenses et plus fréquentes sont à prévoir. On observe dès lors une augmentation du nombre de jours de canicule et des températures estivales. De toute évidence, notre notion de sécheresse s'étendant sur quelques jours est bien loin de celle que connaissent nos voisins du Sud, laquelle se mesure parfois en termes d'années. En réaction à des épisodes de sécheresse plus intenses, les solutions envisagées sont, par exemple, une réserve d'eau accrue (réservoirs et bassins de rétention), des programmes municipaux pour gérer la disponibilité de l'eau versus la demande, l'irrigation des cultures, etc.

1.4.5 Raccourcissement de la saison hivernale

Si le raccourcissement de la saison hivernale a pour avantage de réduire le nombre de jours de froid intense et par la réduction des dépenses énergétiques liées au chauffage, cela rappelle aussi d'autres réalités que sont l'augmentation des précipitations liquides, le devancement des étiajes estivaux et le débordement précoce des cours d'eau. Également, une perte du couvert de glace entraîne nécessairement une évaporation accrue, donc une perte en eau disponible à la consommation.

1.5 Conservation de l'eau vs énergie

De plus en plus d'utilisateurs sont appelés à se partager la ressource en eau. En contrepartie, la disponibilité en eau demeure limitée et risque même de diminuer en période estivale. Des efforts devront être déployés pour réduire la pression exercée sur la demande en eau, passant principalement par une gestion plus efficace de la ressource. Le Programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau constitue une avancée majeure en ce sens. La conservation de l'eau ne se limite pas qu'aux utilisations dont elle fait l'objet. En effet, puisqu'une réduction de la consommation en énergie se traduit couramment par une demande en eau moins élevée en production d'énergie, la conservation d'énergie contribue indirectement à la conservation de l'eau (Environnement Canada, 2010a). C'est le nexus eau-énergie. La disponibilité de l'énergie renouvelable demeure incertaine pour le futur, souvent impossible à certaines périodes de l'année et incompatible avec les fluctuations de la demande. Plusieurs sources d'énergie renouvelable sont de disponibilité variable : l'énergie solaire et le vent, par exemple. Il en va

autrement de l'énergie hydroélectrique qui, si l'eau est stockée adéquatement dans les réservoirs, permet la régulation de la production et encore plus important, le stockage de l'énergie. Par contre, la production électrique est le secteur d'activités qui utilise le plus grand volume d'eau. Même si les pertes d'eau sont théoriquement assez faibles dans le processus (2% ou moins), toute variation dans la demande énergétique influence inévitablement la demande en eau. Quant aux centrales thermoélectriques, elles prélèvent de grands volumes d'eau et en consomment 1 à 2%, c'est sans compter que l'eau est retournée plus chaude qu'à son prélèvement. Par ailleurs, tous les plans de conservation et d'utilisation efficace de l'eau que présentent les partenaires de l'Entente incluent la conservation de l'énergie dans leur stratégie de conservation de l'eau (voir Annexe E). L'importance de la consommation énergétique dans un programme de conservation est donc cruciale.

Si le Québec concevait autrefois sa ressource en eau comme illimitée, il en va autrement aujourd'hui. L'Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent et le Programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau sont les exemples d'une préoccupation grandissante pour la ressource. Tôt ou tard, nous devons assumer les dépenses des infrastructures, par exemple municipales, qui n'ont pas été conçues dans un objectif d'une utilisation durable de l'eau. Heureusement, nous apprenons de nos erreurs passées. C'est pourquoi, en tenant aujourd'hui compte de conditions climatiques qui prévaudront plus tard, nous contribuons à protéger notre ressource pour les générations à venir. Le secret de la réussite du Programme réside dans la flexibilité des stratégies d'adaptation proposées. Maillot *et al.* (2008) expriment toute « *l'importance de considérer des mesures d'adaptation souples, adaptables à un contexte de projection climatique évolutif et où les incertitudes sur les projections climatiques elles-mêmes évolueront au fil du temps* ».

2. Méthodologie

Cette section présente la méthodologie utilisée pour atteindre les objectifs du projet. Un portrait du territoire est d'abord tracé et la méthodologie est ensuite décrite. Notre approche se base principalement sur trois outils : la revue de littérature générale et scientifique, les climats analogues et les coefficients de consommation.

2.1 Portrait du territoire à l'étude

Les Grands Lacs représentent la plus importante source d'eau douce liquide au monde. Avec un volume atteignant les 23 000 kilomètres cube d'eau, ils contiennent approximativement 18% des réserves mondiales d'eau douce. Le bassin des Grands Lacs draine près de 520 000 kilomètres carrés et est habité par 33 millions de personnes (Davis and Dodson, 2011). Le débit sortant des Grands Lacs est relativement faible (moins d'un pour cent par an) par rapport au volume total d'eau (Gouvernement du Canada et United States Environmental Protection Agency, 1995). L'Entente cible spécifiquement le territoire à l'intérieur du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. Dans sa partie canadienne, le Québec et l'Ontario sont les provinces limitrophes faisant partie du territoire de l'Entente. Dans sa partie américaine, le bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent couvre partiellement les huit états américains suivants, d'est en ouest : New York, Pennsylvanie, Ohio, Michigan, Indiana, Illinois, Wisconsin, Minnesota.

Le territoire québécois de l'Entente s'étend des longitudes 94°O à 71°O, et des latitudes 40°N à 49°N. La Figure 2-1 montre ce territoire (en bleu pâle), soit d'est en ouest, de Bécancour à Gatineau. Considérant qu'un programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau suppose une gestion intégrée du territoire québécois, le territoire visé dans le contexte de cette étude a été étendu jusqu'à la région du Bas-Saint-Laurent (en bleu moyen). L'information donnée en surplus dans ce rapport pourra être utilisée éventuellement dans le cadre de la mise en place de mesures et de modalités d'adaptation à l'échelle du Québec.

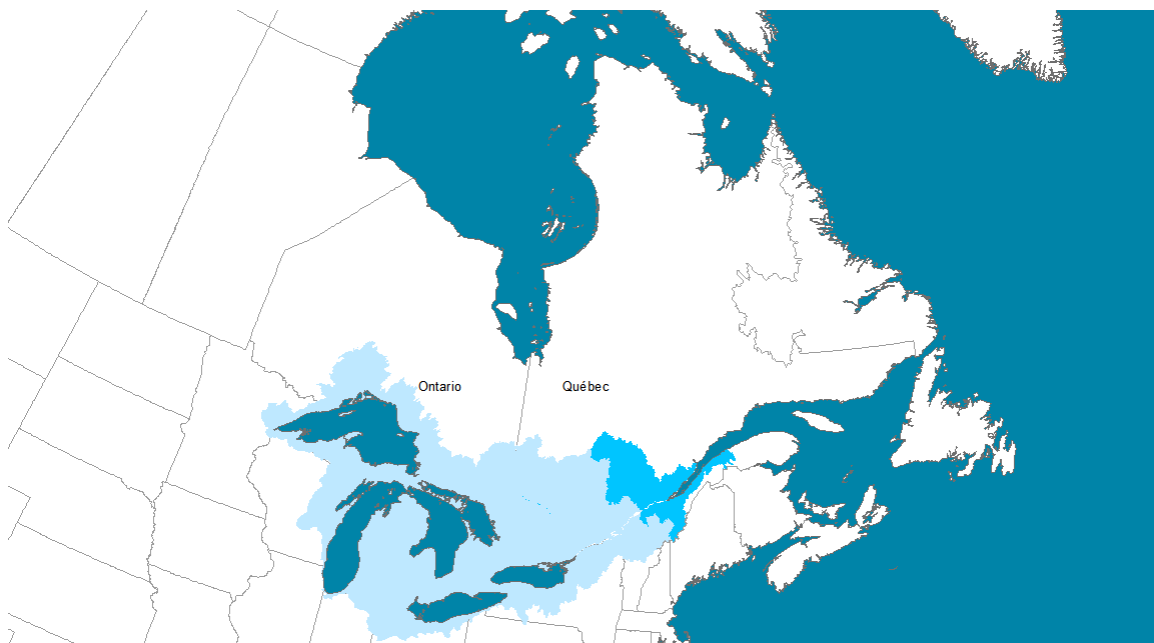


Figure 2-1. Territoire à l'étude défini par le bassin versant des Grands Lacs (en bleu pâle) et prolongé par le bassin du Saint-Laurent (en bleu moyen).

Au Québec, le bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent englobe une vingtaine de sous-bassins principaux. La superficie totale de drainage est de 128 787 km². Le territoire de l'Entente implique directement 11 des 17 régions administratives du Québec. Même si elles n'appartiennent pas au bassin visé par l'Entente, les régions de la Capitale-Nationale et du Bas-Saint-Laurent ont été incluses dans cette étude puisqu'elles sont visées par le Programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau. Les régions à l'étude, leur superficie totale, la superficie de ces régions appartenant au bassin de l'Entente ainsi que leur proportion au sein de chacune, sont décrites au Tableau 2-1.

Tableau 2-1. Superficie totale et concernée par l'Entente, et proportion au sein de l'Entente des régions du Québec à l'étude (Ressources naturelles Canada, 2011).

Région	No	Superficie totale (km ²)	Superficie Entente (km ²)	Proportion Entente (%)
Bas-Saint-Laurent	01	22 185	-	-
Capitale-Nationale	03	18 639	-	-
Mauricie	04	39 910	4 966	12
Estrie	05	10 195	8 084	79
Montréal	06	491	491	100
Outaouais	07	34 074	34 074	100
Abitibi-Témiscamingue	08	65 143	37 284	57
Chaudière-Appalaches	12	15 216	779	5
Laval	13	244	244	100
Lanaudière	14	13 537	7 535	56
Laurentides	15	22 445	22 445	100
Montérégie	16	11 344	11 344	100
Centre-du-Québec	17	7 264	3 647	50

2.2 Revue de littérature

Il existe plusieurs manières de colliger l'information nécessaire à cette étude, soit en utilisant les données brutes dans les bases de données, des enquêtes ou des campagnes de mesures ou en utilisant les statistiques dérivées par recensement que l'on retrouve dans les rapports d'enquête, ou encore en recoupant celles-ci avec d'autres statistiques plus générales en vue de générer une nouvelle information.

En pratique, il existe très peu de données brutes disponibles. Les données brutes présentées dans ce rapport proviennent essentiellement de la base de données de Gestion des Prélèvements d'Eau (GPE) du MDDEP (2011a). Ce registre contient des informations sur les prélèvements d'eau par les intervenants tenus de se déclarer en vertu du Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau, soit ceux prélevant plus de 75 mètres cube par jour. En interrogeant la base de données GPE pour les années 2010 et 2011, seules années disponibles à ce jour, nous avons pu déterminer les volumes prélevés par secteur d'activités et par région administrative.

Plusieurs informations présentées dans notre étude ont été obtenues de manière indirecte, à partir d'interprétations généralement statistiques provenant de différentes enquêtes et campagnes de mesures. Notre source principale de données indirectes est Statistique Canada, dont la plupart des données découlent des recensements de 2001 et de 2006. Ces données, disponibles librement sur Internet, reposent sur des sondages effectués auprès des utilisateurs

d'eau au Canada et sont généralement agencées par territoire ou par thématique. D'autres données ont été obtenues de l'Institut de la statistique du Québec et sont plus spécifiques au territoire à l'étude. Cependant, elles sont quelques fois organisées de manière à regrouper certaines régions, ce qui en restreint l'utilité. Certaines autres données ont été extraites de rapports ayant déjà colligé l'information statistique sous forme de tableaux, selon diverses thématiques. Les rapports d'Environnement Canada sur l'utilisation municipale, industrielle ou globale de l'eau, ainsi que les rapports du CRAAQ (Ferland, 2006) et de BPR Groupe Conseil (BPR, 2003) sur l'approvisionnement en eau du secteur agricole, sont quelques exemples de sources indirectes d'information.

Par ailleurs, il a été possible, en ce qui a trait à la demande en eau municipale par exemple, de recouper des statistiques générales pour obtenir une information adaptée à notre découpage territorial. Les données colligées pour les besoins de cette étude, pour le secteur municipal en particulier, sont inédites.

Les données de ce rapport sont présentées selon le secteur d'activités auquel elles se rattachent. L'activité autour des prélèvements d'eau est catégorisée en huit sous-secteurs qui s'appuient essentiellement sur les définitions proposées par la Charte des Grands Lacs de 1985 (Council of Great Lakes Governors, 1985) et reprises par Rousseau *et al.* (2009). Le Tableau 2-2 résume les secteurs d'activités. Le terme « autonome » désigne un approvisionnement qui n'est pas fait à partir du réseau municipal. L'approvisionnement divers, qui inclus les réserves naturelles, l'assainissement (traitement, élimination et collecte des déchets, installation et récupération de matériaux) et la chasse et pêche (Rousseau *et al.*, 2009), ne sera pas abordé spécifiquement dans ce rapport.

Tableau 2-2. Secteurs d'activités à l'étude (Council of Great Lakes Governors, 1985).

No	Secteurs d'activité	No selon l'Entente
1	Approvisionnement municipal	1
2	Approvisionnement commercial et institutionnel	2
3	Approvisionnement autonome pour des fins d'irrigation	3
4	Approvisionnement autonome pour des fins d'élevage	4
5	Approvisionnement autonome industriel	5
6	Production d'énergie thermoélectrique	6,7
7	Production hydroélectrique hors cours d'eau	8,9
8	Approvisionnement divers	10

Le clivage de l'information en ces huit secteurs d'activité, plutôt que dix selon l'Entente, permet une analyse détaillée des situations économiques actuelles prévalant dans les régions à l'étude, c'est-à-dire les régions comprises dans le bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. L'information prélevée à même la littérature et les diverses sources d'information disponibles, c'est-à-dire sur Internet et dans les rapports publics, par exemple, est souvent fractionnée de telle façon.

2.3 Analogues climatiques

L'adaptabilité requise des plans de conservation et d'économie d'eau s'inscrit dans un cadre sociétal dont les attributs varient tout aussi rapidement que le climat, sinon davantage. Les outils déterministes permettant d'évaluer la demande future en eau sont largement au-delà des possibilités de ce projet, tant les paramètres qui régissent cette demande sont nombreux, liés entre eux et en grande partie méconnus. L'identification de climats analogues offre une solution élégante à ce problème.

Les analogues spatiaux se présentent comme une méthode heuristique pour des études et des analyses économiques (Hallegate *et al.*, 2007). Les analogues sont utilisés depuis les années 1960 dans la recherche climatique. On définit un analogue selon l'hypothèse que si des éléments de sujets se ressemblent en certains attributs, leurs autres attributs sont également similaires. Par conséquent, la méthode des analogues implique d'utiliser la connaissance d'un sujet particulier (le candidat) pour mieux comprendre un autre sujet (la cible), moins connu. En recherche sur les changements climatiques, les analogues sont utilisés pour examiner comment les sociétés vont être affectées par les modifications anticipées au climat, en comparant le climat futur d'une région de référence avec le climat actuel d'autres régions étudiées. Suivant certains tests de similitude, des régions cibles peuvent être identifiées comme scénario probable. L'identification des analogues repose entre autres sur des simulations produites par des modèles de climat. Cette méthodologie permet de répondre immédiatement aux objectifs de cette étude, soit en identifiant des lieux où des pratiques instructives pourraient avoir été développées par le passé. En revanche, elle est certainement critiquable, car elle néglige certains enjeux externes aux attributs climatiques concernés. Ainsi, un jumelage sur la base de similitudes climatiques doit s'accompagner d'une analyse des profils socio-économiques,

démographiques et géographiques. Le Chapitre 5 de cette étude présente une discussion sur les avantages et limites dans l'interprétation des analogues.

La méthode des analogues représente un outil privilégié pour améliorer significativement notre connaissance du comportement des sociétés en fonction du climat. Les analogues spatiaux sont un premier pas vers la caractérisation de la vulnérabilité des secteurs d'activité et des régions, de même que la capacité de ces derniers à s'adapter aux changements climatiques. Bien qu'ayant ses limites, la méthode des analogues spatiaux produit des résultats relativement intuitifs et faciles à transmettre à la communauté non scientifique.

La méthodologie des climats analogues consiste à rechercher un lieu où le climat actuel ou du passé récent, par exemple les 30 dernières années, est analogue à celui du lieu à l'étude considérant son climat que ce soit pour la période passée, présente ou future. Elle suit ici essentiellement la mise en œuvre de Kopf *et al.* (2008) qui ont exploité des analogues pour l'étude des conséquences des changements climatiques sur les infrastructures urbaines européennes. Par climat récent (ou de référence), on entend dans ce projet le climat observé et/ou simulé de la période 1970-1999; par climat futur (ou scénario climatique), on entend un climat plausible à l'horizon 2041-2070 tel qu'inféré à partir entre autres de modèles climatiques.

La production de scénarios de climats analogues se base essentiellement sur le calcul de trois indicateurs bioclimatiques. Le choix des indicateurs est déterminant dans le calcul des analogues, dans le sens où considérer différents attributs du climat mène généralement vers des territoires analogues différents. La littérature scientifique fait état de nombreuses études utilisant les analogues dans un contexte d'évaluation de la vulnérabilité (Darwin *et al.*, 1995; Mendelsohn and Dinar, 1999; Hallegate *et al.*, 2007; Kopf *et al.*, 2008). Pour notre étude, nous avons porté notre choix sur trois indicateurs : deux indicateurs de nature hydrique (cumul annuel des précipitations et indice d'aridité) et un indicateur de nature thermique (degrés-jours de croissance). L'Indice d'aridité (IA) (Bootsma *et al.*, 2004), appelé familièrement l'indice de sécheresse, a surtout été conçu pour estimer le déficit en eau et répondre aux exigences en matière d'irrigation des cultures. En effet, dès qu'une sécheresse survient, on constate une augmentation marquée des besoins en eau. Il décrit la disponibilité en eau pour les plantes et est largement utilisé pour la catégorisation des types de climats ainsi que comme indicateur de stress hydrique dans les études d'impacts sociaux des changements climatiques (Kopf *et al.*, 2008). L'IA s'exprime en pourcentage de l'évapotranspiration moins les précipitations sur les

précipitations, sur une base annuelle. Le Cumul annuel des précipitations (CAP) est une mesure brute de la quantité d'eau obtenue sous forme de précipitations liquides et solides au cours de l'année. Il s'exprime en millimètres d'eau par année. Faisant écho à l'eau verte destinée à la consommation par la végétation, cet indicateur est directement lié à la variable « précipitation ». L'IA et le CAP sont des indices largement utilisés dans la littérature scientifique pour le calcul des climats analogues. L'indice des Degrés-jours de croissance (DJC) est basé sur le principe que la croissance et le développement des plantes cesseront en-dessous d'un seuil de base (Chapman et Brown, 1978). C'est la somme des degrés-jours supérieurs à 5°C pendant la période de croissance, calculée à partir de la moyenne mobile (15 jours) de la température quotidienne moyenne, exprimée en degrés Celsius. La saison de croissance débute lorsque cette même moyenne mobile passe au-dessus de 5°C pendant au moins 5 jours et se termine quand la moyenne mobile de la température minimale quotidienne atteint -2°C après le 1^{er} août. Les Figures 2-2 à 2-4 montrent la distribution des indicateurs sélectionnés.

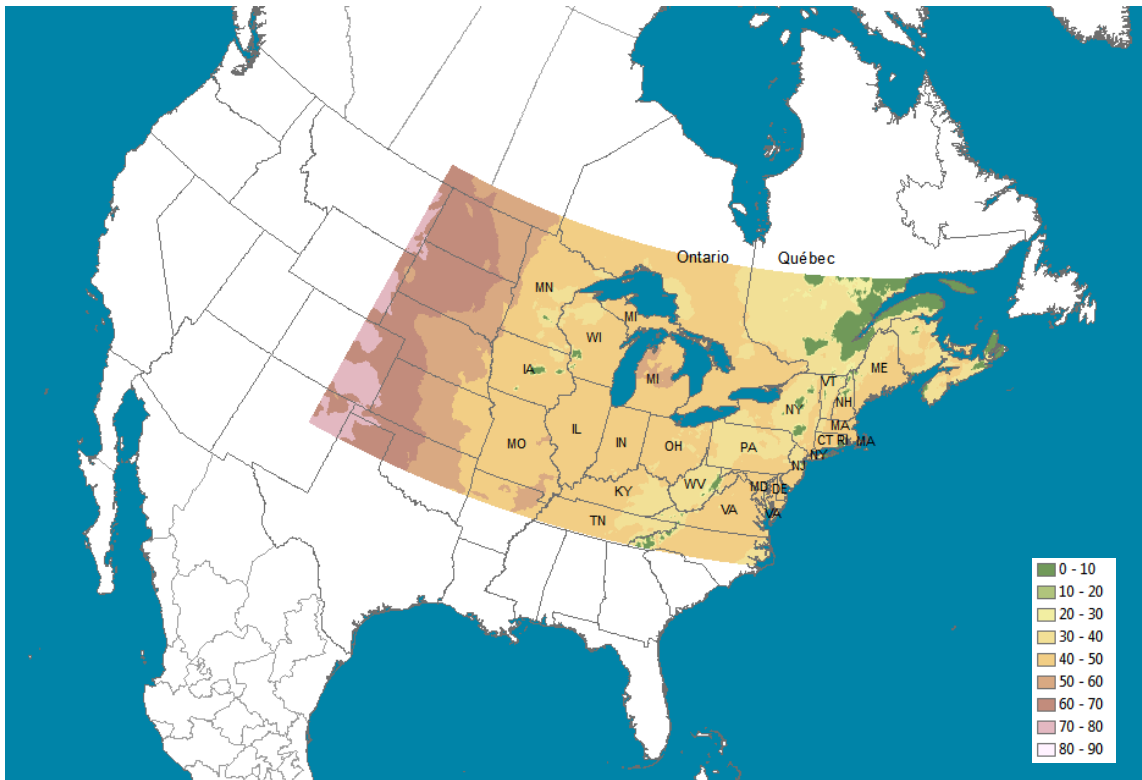


Figure 2-2. Répartition de l'indice d'aridité, en pourcentage, pour le climat actuel.

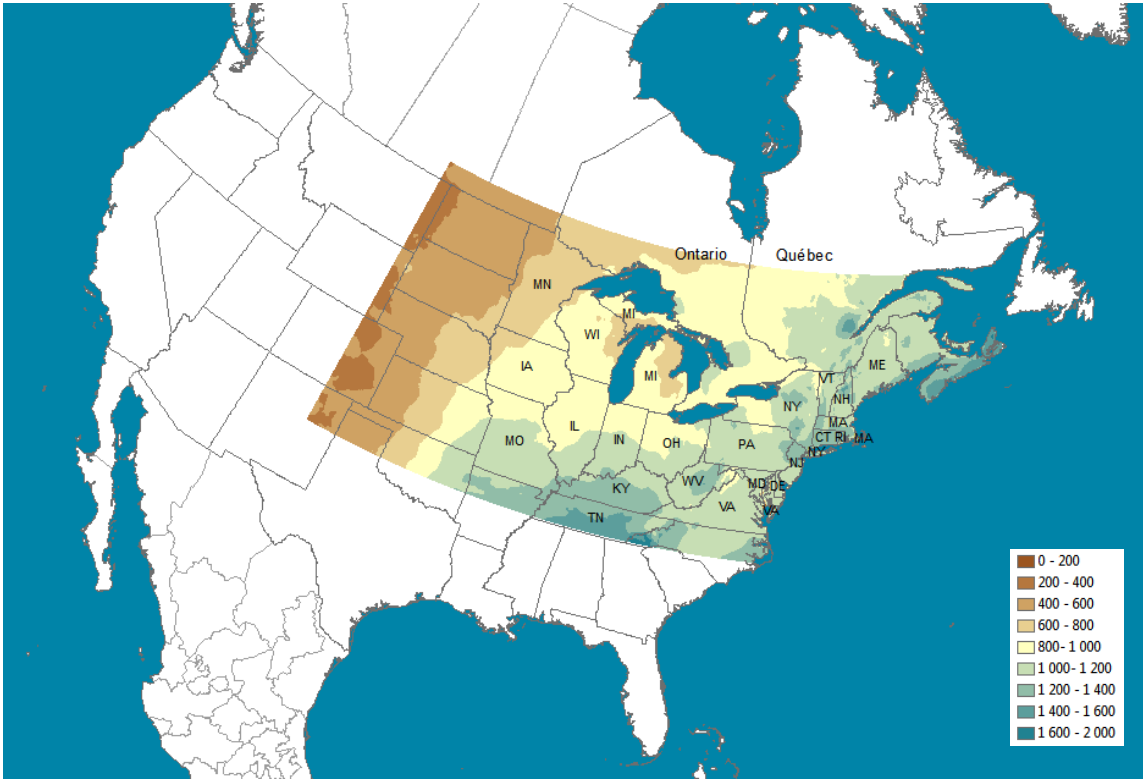


Figure 2-3. Répartition du cumul annuel des précipitations, en millimètres, pour le climat actuel.

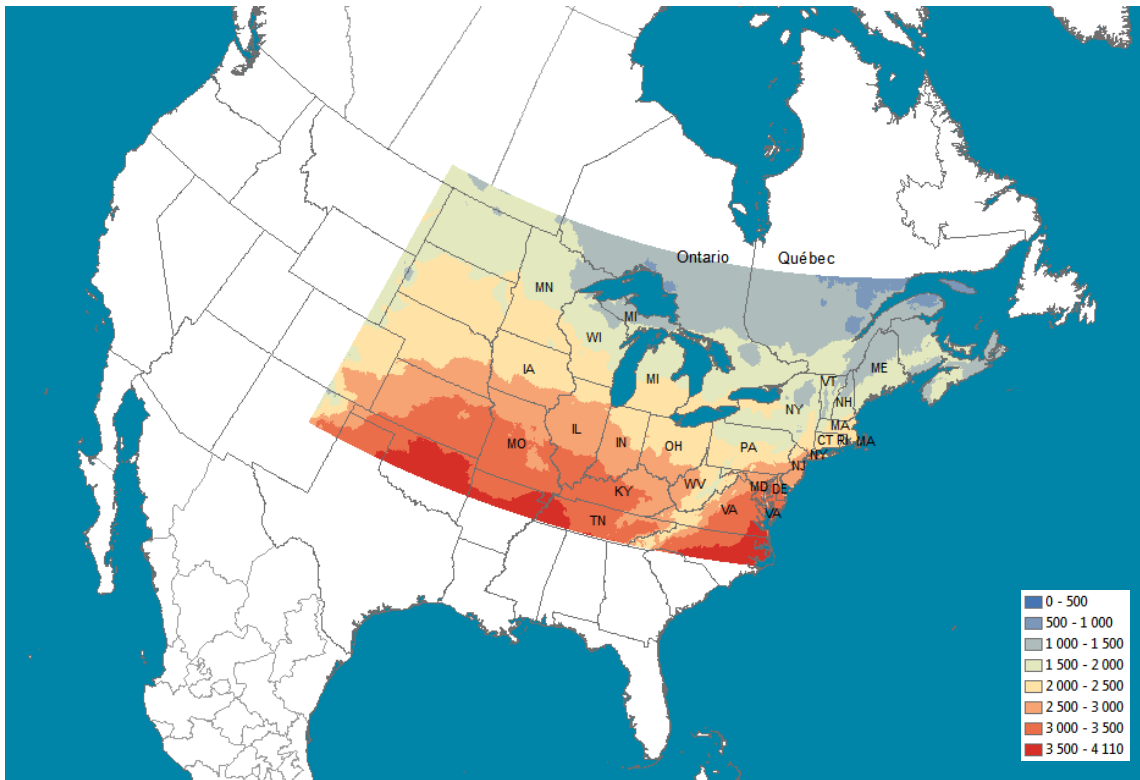


Figure 2-4. Répartition des degrés-jour de croissance, en degrés Celsius.

Pour la détermination des climats de référence, il a été convenu de diviser le territoire québécois par région administrative puisque l'information disponible se trouve souvent rassemblée de cette façon. De toute évidence, certaines régions administratives sont a priori climatiquement similaires, bien que des différences soient détectables.

La Figure 2-5 présente les provinces et les états partenaires de l'Entente (beige) et les états climatiquement similaires (orangé), selon l'USGS (Shaffer and Runkle, 2007).



Figure 2-5. Provinces et états partenaires de l'Entente (beige) et les états climatiquement similaires (orangé), selon l'USGS (Shaffer and Runkle, 2007).

Le calcul des analogues requiert, en plus d'un choix pertinent d'indicateurs bioclimatiques, la sélection de modèles, de scénarios de gaz à effet de serre et de jeux de données. La figure 2-6 présente schématiquement les étapes de calcul des climats analogues.

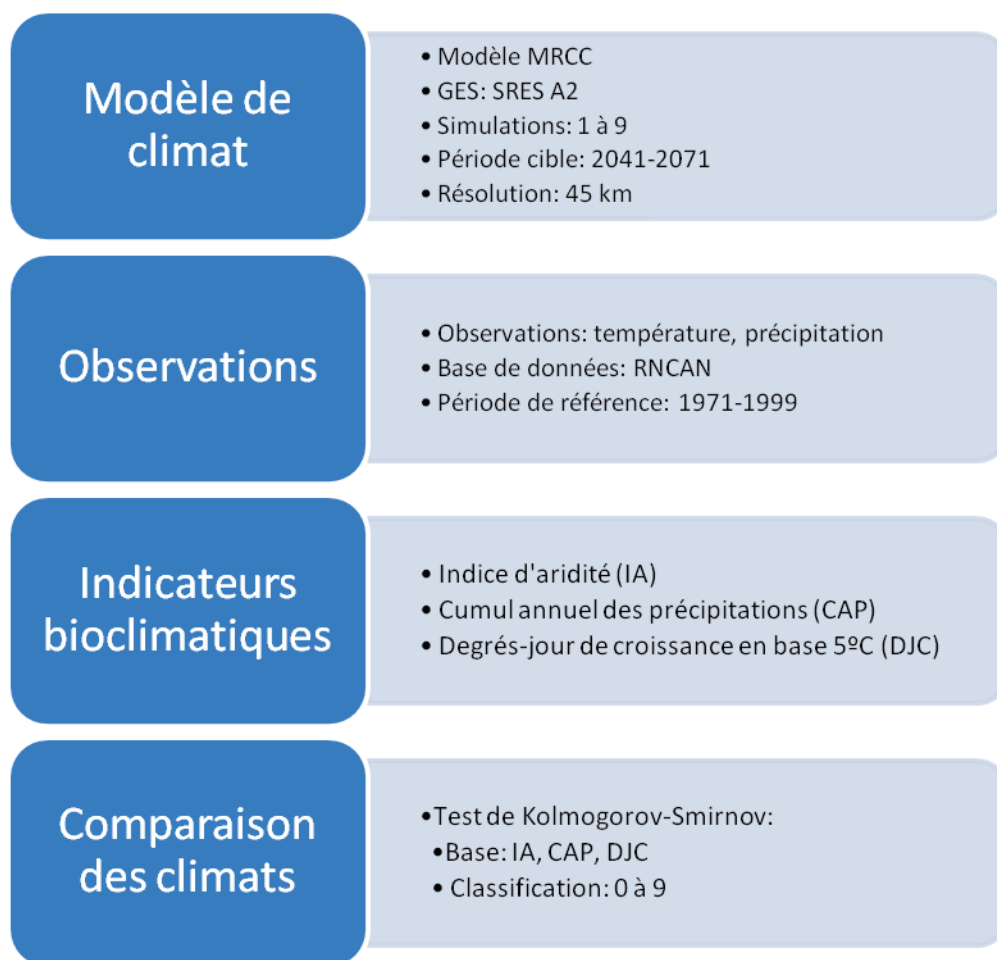


Figure 2-6. Présentation schématique des étapes de calcul des climats analogues.

Le modèle régional de climat choisi pour le calcul des simulations climatiques est le Modèle régional canadien du climat (MRCC) (Flato and Boer, 2001). Neuf simulations ont été produites à partir de différents pilotes/membres suivant le scénario de gaz à effet de serres SRES A2, considéré comme un scénario relativement pessimiste en termes de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols (un scénario où les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols sont élevées). Les observations de température et de précipitation proviennent de la base de données de Ressources naturelles Canada (RNCAN) (McKenney *et al.*, 2006; Hutchinson *et al.*, 2009). Le climat passé récent (1971-1999) provient de la base de données RNCAN tandis que le climat futur (2041-2070) est modélisé avec le modèle MRCC. Les climats sont comparés sur la base des trois indices : IA, CAP et DJC et une classification de 0 (aucune simulation ne considère ce pixel comme analogue) à 9 (toutes les simulations considèrent ce pixel comme analogue) est obtenue pour chacun des pixels à résolution de 45km de la matrice des

observations. Les résultats détaillés des analogues les plus probables sont présentés au Chapitre 4.

2.4 Coefficients de consommation

Le coefficient de consommation exprime le pourcentage de l'eau prélevée qui est consommé de manière définitive pour le bassin, c'est-à-dire qui n'est pas retourné à l'environnement lors d'un processus. Il est particulier à un processus donné et évolue en fonction du climat, de l'économie et de la culture. Lorsque le coefficient de consommation est connu pour un secteur d'activités d'une région donnée, il s'agit d'appliquer directement le pourcentage aux volumes d'eau prélevés pour obtenir l'eau consommée (perdue), généralement par évaporation ou lorsque le processus de retour à l'environnement est considérablement lent. D'une certaine façon, le coefficient de consommation permet de qualifier la nature du prélèvement d'eau – pas seulement son volume – selon la proportion de l'eau utilisée qui retourne à l'environnement immédiat et qui peut ainsi être utilisée de nouveau plus en aval sur le territoire. Ainsi, les volumes d'eau prélevés ne sont pas tous appréciés de la même manière sur le plan de l'utilisation faite de l'eau. Il importe de faire cette distinction puisqu'un territoire ou un secteur d'activités est plus moins vulnérable à la quantité d'eau remise à son environnement et redevenue disponible aux processus auxquels il se soumet. Le Tableau 2-3 présente les médianes des coefficients de consommation (CC) par secteur d'activités, pour le bassin des Grands Lacs, tels que compilés par Rousseau *et al.* (2009). Le Tableau 2-4 précise les coefficients de consommation en sous-secteurs de l'approvisionnement autonome industriel. Très peu d'information n'est actuellement disponible pour le Québec à propos des coefficients de consommation.

Tableau 2-3. Coefficients de consommation par secteur d'activités (Rousseau *et al.*, 2009).

No	Secteurs d'activités	CC (%)
1	Approvisionnement municipal	10-15
2	Approvisionnement autonome commercial et institutionnel	10-15
3	Approvisionnement autonome à des fins d'irrigation	90-100
4	Approvisionnement autonome à des fins d'élevage	64-100
5	Approvisionnement autonome industriel	8-14
6	Production d'énergie thermoélectrique	1-2
7	Production hydroélectrique hors cours d'eau	2
8	Production hydroélectrique à même le cours d'eau	0

Tableau 2-4. Sous-secteurs de l’approvisionnement autonome industriel (Rousseau *et al.*, 2009; USGS, 2007; Statistique Canada, 2004).

Sous-secteurs de l’approvisionnement autonome industriel	CC
	(%)
Mines	10-14
Industrie manufacturière	8,4
Métallurgie	14,8
Première transformation des métaux	8
Pétrole	8-10
Industrie chimique	10-28,1
Alimentation	11-23
Pâtes et papiers	10
Moyenne	10-15

Le secteur d’activités qui consomme le plus d’eau ou celui qui retourne le moins d’eau au bassin, est l’irrigation, avec des coefficients de consommation de l’ordre de 90 à 100%. L’eau est consommée en grande majorité par évapotranspiration tandis qu’une partie plus faible est retenue à même la récolte. Cette portion peut être comptabilisée lorsque le produit est vendu; c’est l’eau virtuelle. Un faible 0 à 10% de l’eau retourne au bassin, par drainage ou ruissellement, une proportion dépendante de l’efficacité de la méthode. L’élevage vient au second rang, avec un coefficient variant de 64 à 100% ou 83% en moyenne. L’élevage qui consomme le moins d’eau est la production aquicole ou les piscicultures (coefficient de moins de 1%). Vient ensuite le secteur industriel dont les coefficients de consommation sont variables. Les plus élevés sont ceux de l’industrie chimique et de l’alimentation, respectivement de 10-28,1 % et 11-23 %. L’industrie manufacturière québécoise, spécifiquement, a un coefficient de consommation de 8,4%. Les productions thermoélectrique et hydroélectrique viennent au dernier rang, avec des coefficients de consommation de l’ordre de 0 à 2%. Tandis que l’eau est utilisée principalement pour le refroidissement dans la production thermoélectrique, puis partiellement évaporée, l’eau consommée pour la production hydroélectrique provient essentiellement de l’évaporation des réservoirs. Il est assez étonnant de retrouver des coefficients si faibles pour ce dernier secteur d’activités étant donné que l’évaporation est particulièrement importante et les réservoirs nombreux. Néanmoins, tous les coefficients de consommation demandent à être ajustés aux secteurs d’activités québécois afin que nous

puissions obtenir un portrait clair de l'utilisation de l'eau au Québec. Autrement, il nous faut recourir à ceux développés principalement par les Américains et aux quelques coefficients de consommation tirés de la littérature ou obtenus à partir de statistiques générales.

La Figure 2-7 montre la répartition des coefficients de consommation pour les états américains dans une étude importante menée par l'USGS (Shaffer and Runkle, 2007).

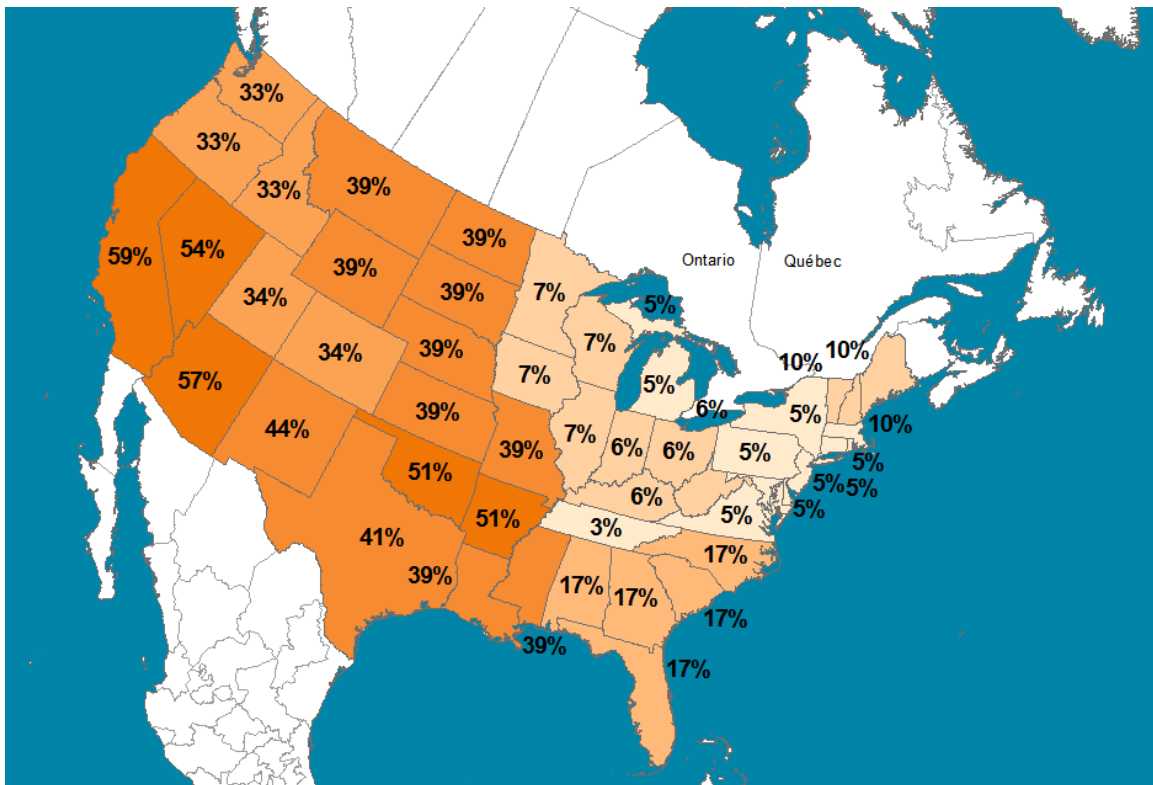


Figure 2-7. Répartition des coefficients de consommation aux États-Unis (Shaffer and Runkle, 2007).

Cette carte montre une augmentation des coefficients de consommation au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte est. Cette tendance marquée suit notamment le gradient de précipitation illustrée à la Figure 2-3, soit des précipitations plus abondantes à l'est qui diminuent rapidement vers l'ouest. Cette tendance dans les coefficients de consommation est plutôt liée au type d'industries (pratique de l'irrigation, centrales thermiques) qui consomment plus d'eau qu'aux précipitations en tant que tel. Le contraste est marquant entre les états de l'est et les états de l'ouest, les coefficients de consommation passant de 3-17% à 34-57%. On remarque une seconde tendance, suivant la latitude. Cette tendance reflète le gradient des températures tel qu'illustré par la distribution des degrés-jours de croissance (Figure 2-4). Le contraste est un peu moins significatif que celui suivant la longitude, soit entre les états du nord

(3-47%) et ceux du sud (17-57%). Quant aux coefficients de consommation moyens de la couronne nord-est, essentiellement les Grands Lacs et les climats similaires, ils varient entre 3% et 10%. La plupart des territoires analogues identifiés dans cette étude se retrouvent dans cette zone assez uniforme sur le plan du climat comme sur le plan de l'utilisation de l'eau. Bien que l'information liée à nos coefficients de consommation soit rare, voire absente, nous sommes portés à penser que les coefficients de consommation associés aux différents secteurs d'activités au Québec sont comparables aux régions de climat similaire. En effet, les prévisions résultant de la caractérisation des analogues nous démontrent que la consommation d'eau ne devrait pas changer de façon remarquable avec l'augmentation des températures, puisque les scénarios envisagés se trouvent légèrement au sud de nos régions, autrement dit loin des zones arides des États-Unis. Un changement significatif dans les précipitations aurait des conséquences beaucoup plus importantes sur la consommation d'eau que l'augmentation des températures.

3. Demande en eau actuelle

Ce chapitre est divisé en sections qui décrivent la demande en eau actuelle pour chacun des secteurs d'activité énoncés au Tableau 2-2. Chaque section décrit le secteur d'activités auquel elle fait référence en quatre sous-sections thématiques: 1- statistiques générales, 2- demande en eau, 3- vulnérabilité aux changements climatique, et 4- stratégies d'adaptation. Les données présentées sont regroupées selon leur nature, par territoire ou par région du Québec à l'étude, et y sont décrites sous forme de statistiques et de tableaux. Les procédés sont également dépeints puisqu'ils sont souvent liés à des mesures d'adaptation envisagées ou retenues pour atténuer les impacts des changements climatiques sur la demande en eau. Les stratégies d'adaptation recensées dans la littérature sont finalement regroupées en fin de section, selon leur caractère légal ou non. Elles réfèrent aux stratégies adoptées par des secteurs d'activités ou des régions spécifiques et sont accompagnées de facteurs de vulnérabilité. La première section de ce chapitre trace le portrait global de la demande en eau au Québec, tandis que les suivantes la décrivent par secteur d'activités.

3.1 Portrait du Québec

3.1.1 Statistiques générales

Les statistiques canadiennes regorgent d'informations au sujet des prélèvements d'eau et un survol de celles-ci permet de placer le Québec en contexte. Au Canada, c'est le secteur de la production d'énergie thermoélectrique qui prélevait le plus d'eau en 2005, avec 60% des prélèvements (Environnement Canada, 2005), tandis que le Québec compte très peu de centrales thermoélectriques sur son territoire, soit quatre centrales majeures, qui ne fonctionnent que sur demande lorsque la consommation d'électricité est importante, et 24 petites centrales fonctionnant en permanence au diesel pour alimenter les réseaux autonomes (Hydro-Québec, 2012). Au second rang des grands préleveurs canadiens, on retrouve les manufactures, un sous-secteur industriel. En 2005, cette industrie s'attribuait 18,5% des prélèvements d'eau au Canada. Suivent les secteurs de l'approvisionnement municipal et de l'agriculture (irrigation et élevage), avec respectivement 9,5% et 8% des prélèvements. Enfin, l'industrie minière prélevait 4% du volume total d'eau canadien en 2005. Au Québec, le secteur de l'approvisionnement industriel et l'approvisionnement municipal surpassent de loin les

autres secteurs avec respectivement 49% et 46% de l'utilisation faite de l'eau. Si l'approvisionnement municipal du Québec semble élevé par rapport au taux des autres provinces et états, c'est que la production thermoélectrique y est beaucoup plus faible et que la production hydroélectrique est absente du calcul.

Dans le bassin du fleuve Saint-Laurent, où se concentre la majorité de la population du Québec, le ratio du prélèvement d'eau par rapport à la disponibilité de l'eau en termes de volume est de l'ordre de 10 à 20%. Dans les parties les plus peuplées de l'Ontario et des provinces de l'ouest du Canada, cette proportion dépasse les 40% (Statistique Canada, 2010a). Le fleuve Saint-Laurent constitue un des cours d'eau les plus imposants d'Amérique du Nord. Son débit moyen annuel est d'environ 12 000 mètres cube par seconde ($m^3 \cdot s^{-1}$) à Québec. À titre de comparaison, la rivière des Outaouais a un débit annuel moyen d'environ 1 950 $m^3 \cdot s^{-1}$ et celui de la Saint-Maurice oscille autour de 700 $m^3 \cdot s^{-1}$. Ce débit varie au fil des saisons. En période de crue, au printemps, il grimpe et atteint en moyenne 21 000 $m^3 \cdot s^{-1}$, tandis qu'à l'automne, en période d'étiage, il descend à 9 000 $m^3 \cdot s^{-1}$. L'eau du Saint-Laurent qui circule dans la région de Québec provient à 60 % des Grands Lacs et à 16 % de la rivière des Outaouais, les 24 % restants originent des autres tributaires (Communauté métropolitaine de Québec, 2010).

3.1.2 Demande en eau

La dernière compilation statistique sur la demande en eau au Québec remonte à 2009 (The Great Lakes Commission, 2009) et a été produite à partir de données datant de 1993. Selon la Commission des Grands Lacs (The Great Lakes Commission, 2009), l'utilisation totale d'eau, c'est-à-dire les volumes d'eau prélevée par tous les secteurs d'activités, était de 1 155,6 millions de mètres cube par jour en 1993, incluant les usages liés à la production hydroélectrique. Si l'on exclut la production hydroélectrique, le volume d'eau prélevé était plutôt de 5,2 millions de mètres cube par jour en 1993. Ces données ne sont pas à jour et de plus, il nous est impossible de retracer le protocole de l'estimation faite à l'époque. Cependant, les statistiques de 1993 sont pratiques pour valider celles publiées par d'autres études. Notamment, plusieurs tentatives ont été menées depuis, la plupart sur le plan canadien et à partir de sondages effectués par Statistique Canada. L'information est abondante, tantôt sous forme de rapport, tantôt sous forme de base de données. Majoritairement, ces rapports et ces bases de données sont bâtis autour des recensements menés par Statistique Canada, en 2001 et en 2006. Cependant, cette information est souvent imprécise et partielle.

Récemment, le MDDEP mettait en place un registre des déclarations de prélèvement d'eau au Québec, par secteur d'activités (MDDEP, 2011a). La base de données de Gestion des Prélèvements d'Eau (GPE) contient les déclarations des prélèvements d'eau effectués au Québec par les premiers préleveurs de plus de 75 mètres cube d'eau par jour, pour les années 2010 et 2011. Dans le cadre de ce rapport, seules les données de 2011 ont été utilisées puisque le registre est incomplet pour l'année 2010.

Le Tableau 3-1 présente toutes les estimations et les compilations des volumes d'eau prélevés et consommés pour les différents secteurs d'activités du Québec relevés dans la littérature et dans la base de données GPE. Si l'on s'attarde aux estimations qui font abstraction des productions thermo- et hydro-électrique, d'une part, Environnement Canada (2010a) estime la demande en eau totale au Québec à 3 771,6 millions de mètres cube pour l'année 2006, tandis que la Commission des Grands Lacs l'estime 1 896,1 millions de mètres cube pour l'année 1993. D'autre part, la compilation des données GPE montre que la demande en eau totale au Québec, pour les grands préleveurs de plus de 75 mètres cube d'eau par an, est de 3 176,2 millions de mètres cube pour l'année 2011. Comme complément d'information, un tableau présenté à l'Annexe A résume les prélèvements d'eau pour le Canada et un autre à l'Annexe B résume toutes les informations relevées dans la littérature à propos des prélèvements au Québec, par secteur d'activités.

Tableau 3-1. Prélèvements d'eau au Québec par secteur d'activités en millions de mètres cube par an, selon la source.

Secteur d'activités	Source ¹					MDDEP (2011a)
	GLC (2009)	EC (2010b), RNC (2011)	EC (2010a)	FER (2006), BPR (2003)	STC (2010b)	
Approv. municipal	1 519,9	1 914,7	1 581,5	–	–	1 461,2
Approv. commercial et institutionnel	–	–	–	–	–	9,1
Approv. pour irrigation	12,7	–	113,2	60,7	–	20,4
Approv. pour élevage	26,4	–	–	127,6	–	1,6
Approv. industriel	238,3	–	1 833,1	–	1 172,9	1 547,3
Approv. pour prod. thermoélectrique	12 900,	–	–	–	12 900,0	136,7 ²
Approv. pour prod. hydroélectrique	419 885,4	–	–	–	–	–
Approv. divers	–	–	–	–	–	0,1
Total excluant prod. thermo- et hydro- électrique	1 896,3	–	3 771,6	–	–	3 039,6
Total	421 781,6	–	–	–	–	3 176,2

¹ Abréviations : GLC: The Great Lakes Commission; EC: Environnement Canada; RNC: Ressources Naturelles Canada; FER: Ferland; BPR: BPR Groupe conseil; STC: Statistique Canada; MDDEP : Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs.

² Les secteurs de la production thermoélectrique et la production hydroélectrique sont regroupés.

Les résultats présentés au Tableau 3-1 sont difficilement comparables. Les uns proviennent d'enquêtes statistiques et couvrent tous les préleveurs, grands et petits (références : GLC, EC, RNC, FER, BPR, STC). Ceux du MDDEP rapportent les déclarations des grands préleveurs uniquement, excluent les préleveurs du secteur agricole et présentent peu de détails concernant le secteur de la production thermo- et hydro- électrique. Ainsi, on peut considérer le volume estimé à partir des données de GPE comme étant très conservateur. On retrouve toutefois plusieurs similitudes dans les données, surtout en ce qui a trait aux données d'Environnement Canada (2010a) et du MDDEP (2011a). Des données plus précises notamment sur l'irrigation (pour des fins agricoles et pour les terrains de golf) sont disponibles à la Section 3.4.

Tableau 3-2. Prélèvements d'eau par secteur d'activités¹ pour l'année 2011, par région du Québec à l'étude, d'après la base de données de gestion des prélèvements d'eau (GPE) (MDDEP, 2011a) et les données Statistique Canada 2001 (BPR, 2003).

Région	Code rég.	MUN	COM	IRR	ELE	IND	ENE	DIV	TOT ¹
		(milliers de m ³ par an)							
Bas-St-Laur.	01	23 286	0	0	0	12 942	0	0	36 228
Cap.-Nat.	03	113 255	1 806	1 380	0	50 648	0	36	167 125
Mauricie	04	118 743	0	119	0	55 614	0	0	174 476
Estrie	05	8 199	190	84	478	75 208	0	0	84 159
Montréal	06	684 519	293	142	0	47 469	0	0	732 424
Outaouais	07	29 655	1 195	301	0	43 193	0	0	74 344
Abit.-Témis.	08	27 975	61	0	0	74 118	0	0	102 154
Chaud.-App.	12	43 516	629	8 535	0	7 846	0	0	60 526
Laval	13	81 489	144	128	0	2 538	0	0	84 299
Lanaudière	14	52 625	84	821	0	17 277	0	0	70 807
Laurentides	15	68 522	1 907	1 024	0	8 658	0	0	80 111
Montérégie	16	137 614	144	7 719	27	229 183	77 119	86	451 892
C.-du-Qué.	17	27 836	10	127	0	28 401	632 864	0	689 238
Autres	–	43 986	2 590	16	1 014	266 007	54 847	0	368 460
%		46%	<1%	1%	<1%	49%	4%	<1%	100%
Total		1 461 221	9 053	20 396	1 519	1 547 261	136 672	122	3 176 243

¹ Abréviations : MUN : municipal; COM : commercial et institutionnel; IRR : irrigation des terrains de golf; ELE : élevage; IND : industriel; DIV : divers; TOT : total.

² Les autres régions administratives sont celles excluent de l'Entente : Saguenay-Lac-Saint-Jean, Côte-Nord, Nord-du-Québec et Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

Le Tableau 3-2 montre la répartition des volumes d'eau prélevés parmi les régions du Québec à l'étude. Même si elles ne font pas partie du projet, les régions autres que celles visées par l'étude sont regroupées et présentées en fin de tableau. Montréal est la région qui utilise le plus d'eau pour son réseau de distribution soit 684 millions de mètres cube par an, suivie des régions de la Montérégie, de la Mauricie et de la Capitale-Nationale, respectivement de 138, 119 et 113 millions de mètres cube par an. Contrairement aux prélèvements d'eau domestiques qui sont proportionnels à la population, les prélèvements d'eau municipaux englobent autant les résidences que les commerces et les industries qui sont rattachés au réseau municipal. Cela explique, par exemple, la valeur élevée de la Mauricie pour le secteur municipal par rapport aux grandes régions peuplées, tandis qu'on note des prélèvements de niveau moyen pour son secteur industriel (56 millions de mètres cube par an), malgré les nombreuses industries sur le territoire. Les prélèvements autonomes d'eau des commerces et des institutions sont plus importants dans les Laurentides, la Capitale-Nationale et l'Outaouais (respectivement de 1,9, 1,8

et 1,2 millions de mètres cube par an). Les valeurs présentées au Tableau 3-2 pour les catégories de l'approvisionnement pour l'irrigation et l'élevage réfèrent respectivement et uniquement à l'irrigation des terrains de golf et à l'aquaculture. Les volumes d'eau prélevés pour l'irrigation de la production agricole et pour l'élevage d'animaux terrestres y sont absents, les agriculteurs n'étant pas tenus de déclarer leur prélèvement d'eau. C'est pourquoi la Montérégie et Lanaudière, deux régions qui ont la réputation d'irriguer davantage pour la production agricole, ne présentent que de faibles prélèvements dans cette catégorie. Les prélèvements pour le secteur industriel sont les plus élevés en Montérégie (229 millions de mètres cube par an). Les principaux préleveurs sont les sidérurgies et les industries de fabrication de gaz naturel. En ce qui a trait à la production d'énergie thermo- et hydro-électrique, le Centre-du-Québec vient en tête, avec sa centrale nucléaire, suivie par la Montérégie avec sa production thermoélectrique à partir de gaz et de combustible fossile (633 et 77 millions de mètres cube par an, respectivement). La production d'hydroélectricité est peu détaillée puisque principalement située dans les régions à l'extérieur du territoire d'étude. Au total des volumes d'eau prélevés, Montréal domine les autres régions avec ses 732 424 millions de mètres cube par an en raison principalement de son utilisation pour son réseau municipal. Viennent ensuite le Centre-du-Québec (689 millions de mètres cube par an) et la Montérégie (451 millions de mètres cube par an). La Capitale-Nationale et la Mauricie prélèvent des volumes d'eau similaires, soit environ 170 millions de mètres cube par an. Les autres régions ont un volume d'eau prélevé variant entre 60 et 85 millions de mètres cube par an, à l'exception du Bas-Saint-Laurent qui en prélève environ deux fois moins que ces dernières, soit 36 millions de mètres cube par an.

Les proportions des prélèvements d'eau par secteur d'activités au Québec se détaillent comme suit : 49% de l'eau prélevée est destinée aux industries, 46% aux municipalités, 4% pour la production thermo- et hydro-électrique, 1% pour l'irrigation et moins de 1% pour les autres secteurs (élevage, commercial et institutionnel, divers). Rappelons que ces statistiques concernent uniquement les grands préleveurs de 75 mètres cube et plus par jour.

3.1.3 Vulnérabilité aux changements climatiques

La menace pour la disponibilité de l'eau est considérée comme faible de façon générale au Québec mais puisqu'elle est très variable dans l'espace et dans le temps, des conflits d'usage sont à prévoir par endroit. Historiquement, la ressource en eau a fait l'objet de grands conflits qui ont résulté en de grandes opérations (cessation du flottage du bois, gabionnage des berges

du Lac Saint-Jean, adoption du programme d'assainissement des eaux pour dépolluer les rivières et les lacs, rendez-vous stratégique sur les algues bleu-vert, déficit criant de l'offre en eau dans la rivière Yamaska, etc.) Malgré sa ressource en eau immense, le Québec est épisodiquement victime du manque d'eau, la plupart du temps lorsque surviennent des sécheresses sévères qui vont de pair avec une augmentation de la demande en eau. La modélisation du régime hydrique québécois en fonction des conditions climatiques futures laisse croire à une modification dans la distribution temporelle de la disponibilité de l'eau : positive en hiver puisqu'augmentée, mais négative en été au moment où la réduction de disponibilité coïncide avec l'augmentation de la demande en eau (CEHQ, 2012a; 2011). Les nappes d'eau souterraine étant principalement rechargées au printemps par la fonte des neiges, un tel scénario serait rassurant pour les municipalités alimentées par des puits. Les prises d'eau en rivières non régularisées par un ouvrage de rétention seraient plus à risque notamment lorsque la demande de l'ensemble des utilisateurs sur un bassin développé dépasse l'offre, tel qu'observé dans la rivière Yamaska. Une demande accrue (par exemple l'été, en période d'étiage) peut conduire à la concurrence entre divers secteurs pour la ressource en eau disponible (Environnement Canada, 2004b).

Les changements climatiques influencent directement la demande en eau pour toutes les catégories d'approvisionnement. D'une part, ils laissent présager que l'offre sera modifiée en termes de quantité, en raison de l'évapotranspiration croissante et des modifications dans le régime des précipitations. D'autre part, une modification de la répartition temporelle de la disponibilité en eau joue considérablement sur la demande en eau, qui risque d'augmenter en période de sécheresse et ce, au moment où les eaux sont à leur niveau le plus bas.

Le Québec est un grand utilisateur d'eau et plus de 8 millions de Québécois et d'Ontariens s'approvisionnent en eau potable à même le système Saint-Laurent—Grands Lacs. Avec le temps, de plus en plus d'utilisateurs devront se partager la ressource, ce qui exigera l'amélioration de l'efficacité de son usage et une meilleure conservation.

3.1.4 Stratégies d'adaptation

Les mesures d'adaptation considérées sont nombreuses et diversifiées. Leur mise en application s'effectue tantôt par la réglementation, tantôt par l'implantation de modes de gestion et de conservation de l'eau plus efficaces. Le grand enjeu de l'adaptation est sans doute le maintien du rapport de l'offre et de la demande en eau, notamment par la tarification de l'eau

(Environnement Canada, 2004a). La Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (2011) mise sur deux modalités d'ordre économique pour reconnaître la valeur de l'eau pour à la fois l'économiser et la protéger : 1) la tarification volumétrique de l'eau et 2) les permis échangeables d'utilisation d'eau. La tarification volumétrique est également reprise dans la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable (MAMROT, 2011) qui prévoit tarifier les industries prélevant 75 mètres cube et plus par jour. En fonction de la catégorie d'industrie, un taux unique de tarification pour les industries est prévu, soit 0,07\$ par mètre cube pour les industries qui utilisent l'eau comme composante de leur produit et 0,0025\$ par mètre cube pour les industries qui utilisent l'eau dans leur processus et qui rejettent cette eau par la suite. Les permis échangeables permettent de « réaffecter de façon permanente ou temporaire des quantités d'eau de titulaires de permis qui ont trop d'eau à des titulaires de permis qui n'en ont pas assez (Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 2011). Au Canada, seule l'Alberta le pratique et à petite échelle seulement. D'autres pays comme l'Australie, l'Ouest des États-Unis, le Chili et l'Espagne sont dotés de tels régimes.

Les stratégies d'adaptation diffèrent sensiblement selon le secteur d'activités. Ainsi, nous les avons répertoriées selon le secteur auquel elles se rapportent.

3.2 L'approvisionnement municipal

L'approvisionnement municipal concerne les prélèvements pour tous les usagers qui n'exploitent pas leur propre source, soit principalement l'approvisionnement municipal par aqueduc, également nommé réseau de distribution. La majorité de l'eau distribuée dans les réseaux municipaux dessert des résidences, des commerces et des industries, incluant les industries agricoles qui pratiquent l'irrigation.

3.2.1 Statistiques générales

Au Québec, 54,6% de l'eau des réseaux de distribution publics est utilisée à des fins résidentielles, 16,1% à des fins commerciales et institutionnelles, 11,6% à des fins industrielles, tandis que le reste, 19,1%, n'est pas livré à cause de fuites dans le réseau (Environnement Canada, 2010b). Montréal est la municipalité qui enregistre le taux le plus élevé de perte en eau par le réseau d'aqueduc, soit entre 40% et 50% (BAPE, 2000). De façon générale, l'usage de l'eau pour des fins résidentielles est réparti comme suit : 35% pour les bains et les douches, 30% pour la chasse d'eau, 20% pour la lessive, 10% pour la boisson et la cuisine et 5% pour le nettoyage

(Environnement Canada. 2004b). Les commerces et les institutions font également usage de l'eau des réseaux municipaux. Les principaux sont : le nettoyage des rues, la lutte aux incendies, l'entretien des piscines municipales, l'entretien des pelouses et jardins. Les industries ne prélèvent que 17% de leur eau des réseaux de distribution publics, le reste étant prélevé de façon autonome au moyen de puits. Le prélèvement autonome d'eau du secteur industriel fait l'objet d'une catégorie spécifique et est traité à la Section 3.5. Parmi les différentes industries, les manufactures s'approvisionnent au réseau public dans une proportion de 25,5% (Rousseau, 2009). Pour les manufactures de boissons gazeuses, c'est 67% de l'eau qui provient du réseau public. En 2006, 88,5% de l'eau fournie par les municipalités du Québec provenaient de sources en surface; 11,5% de sources souterraines. La répartition des sources de prélèvement d'eau pour alimenter les réseaux de distribution publics varie d'une région à l'autre, dépendant qu'une région soit de nature rurale ou urbaine. Par exemple, les municipalités de 2 000 à 5 000 habitants, généralement situées en milieu rural, tirent 41% de leur eau de sources souterraines tandis que les municipalités de 500 000 habitants et plus obtiennent seulement 0,5% de leur eau de cette façon (Environnement Canada, 2010b). Le fleuve Saint-Laurent est la plus importante source d'approvisionnement au Québec; il dessert 2,4 millions de personnes (MDDEP, 2010b).

3.2.2 Demande en eau

Plusieurs sources de données sont disponibles pour estimer les volumes d'eau prélevés par le secteur municipal. La plupart sont des sources de nature statistiques et ne décrivent pas bien comment ces volumes sont répartis dans les régions du Québec à l'étude. Également, on retrouve les données GPE qui sont particulièrement bien détaillées pour ce secteur d'activités.

La Commission des Grands Lacs estimait, pour le Québec, le volume total d'eau municipale en 2006 à 1 519,9 millions de mètres cubes par an (The Great Lakes Commission, 2009). Cette valeur est tout près de l'estimation d'Environnement Canada (2010), soit 1 581,5 millions de mètres cube par an. Pour sa part, le MAMROT estime à 795 litres par personne par jour le volume moyen d'eau municipale au Québec, ce qui représente 2 148,1 millions de mètres cube par an (MAMROT, 2011). La demande en eau par région n'est pas décrite par région administrative dans la littérature. Pour déterminer la demande en eau, nous avons suivi la méthodologie de Rousseau (2009) qui suggère de répertorier les municipalités selon leur taille et d'appliquer les moyennes (canadiennes et québécoises) d'utilisation de l'eau pour cet usage. Pour l'usage résidentiel seulement, la moyenne canadienne d'utilisation de l'eau municipale est

de 327 L/p/j; celle du Québec est de 401 L/p/j (MAMROT, 2011; Environnement Canada, 2010b). Le Tableau 3-3 décrit l'utilisation résidentielle de l'eau par les municipalités canadiennes selon leur taille. On y remarque que, pour les grandes municipalités canadiennes, l'utilisation résidentielle de l'eau décline à la faveur de l'utilisation commerciale, institutionnelle et industrielle. À l'inverse, la demande résidentielle moyenne par habitant par jour est plus élevée pour les municipalités les moins peuplées.

Tableau 3-3. Paramètres de l'utilisation résidentielle de l'eau des réseaux de distribution publics canadiens, selon la taille de municipalité (Environnement Canada, 2010b).

Taille municipalité (habitants)	Volume ¹ total moyen (L/p/j) ²	Proportion d'utilisation de l'eau (%)	Source des prélèvements d'eau :	
			de surface (%)	souterraine (%)
< 1 000	–	68,8	56,9	43,1
1 000 – 2 000	–	70,5	57,1	42,9
2 000 – 5 000	496	66,6	59,0	41,0
5 000 – 10 000	–	60,4	76,7	23,3
10 000 – 50 000	298	57,6	85,4	14,6
50 000 – 500 000	294	53,9	99,5	0,5
Moyenne	327	57,0	88,5	11,5

¹ Le volume présenté est la quantité d'eau brute ou traitée livrée aux réseaux de distribution municipaux canadiens.

² L/p/j : litres par personne par jour.

Au Québec, la moyenne d'utilisation de l'eau municipale est de 795 L/p/j. Pour la seule ville de Montréal, la moyenne grimpe à 1036 L/p/j (ce qui inclut les 40 à 50% de pertes dans les réseaux). Si on exclut Montréal, la moyenne québécoise d'utilisation de l'eau municipale se chiffre plutôt à 696 L/p/j (MAMROT, 2011). Même si les taux d'utilisation de l'eau varient au Canada, l'utilisation moyenne d'eau municipale (591 L/p/j) est très élevée comparativement aux autres pays industrialisés (Mailhot, 2008).

Pour estimer l'utilisation d'eau par les municipalités québécoises, un ajustement des données statistiques canadiennes est nécessaire sachant que l'utilisation moyenne de l'eau municipale pour des fins résidentielles est plus élevée au Québec qu'au Canada (401 vs 327 L/p/j) et qu'elle représente au Québec 54,6% du total des prélèvements municipaux plutôt que 57,0% au Canada. Cette information nous a permis d'ajuster les taux d'utilisation résidentiels de l'eau en proportion de la taille des municipalités présentés au Tableau 3-3, lesquels ont été colligés par la suite avec deux bases de données : 1) les données descriptives de la population par municipalité

du Québec via le répertoire des réseaux municipaux de distribution de l'eau potable (MDDEP, 2011b), et 2) le découpage des municipalités par région administrative disponible sur le portail canadien des données spatiales Géoconnexions (Ressources naturelles Canada, 2011). À partir de ces données, les municipalités ont été catégorisées selon leur taille et les volumes d'eau brute ou traitée livrée aux réseaux de distribution municipaux ont pu être estimés par région du Québec à l'étude. Le Tableau 3-4 résume les données ajustées pour le Québec. Cependant, selon la nature des régions, l'information qui y est présentée, principalement pour la région de Montréal, n'est pas toujours précise. Par exemple, on estime pour la seule ville de Montréal les pertes dans les réseaux de distribution à entre 40% et 50%. Ainsi, appliquer un pourcentage moyen de 19,1% à la région de Montréal s'avère plus ou moins réaliste. Les totaux régionaux et par catégorie d'utilisation sont des estimations plus justes des volumes d'eau municipale.

Tableau 3-4. Quantité d'eau brute ou traitée livrée aux réseaux de distribution publics, par région du Québec à l'étude, en 2010 (MDDEP, 2011b; Ressources naturelles Canada, 2011).

Région	Code régional	Volume total ¹ d'eau	Volume résidentiel d'eau	Volume commercial d'eau	Volume industriel d'eau	Volume des pertes du réseau
(millions de m ³ par an)						
Bas-Saint-Laurent	01	63,4	34,6	10,2	7,4	12,1
Capitale-Nationale	03	175,2	95,7	28,2	20,3	33,5
Mauricie	04	65,7	35,9	10,6	7,6	12,6
Estrie	05	83,6	45,8	13,5	9,7	16,0
Montréal	06	459,3	250,8	73,9	53,3	87,7
Outaouais	07	90,7	49,5	14,6	10,5	17,3
Abitibi-Témis.	08	45,5	24,8	7,3	5,3	8,7
Chaud.-Appal.	12	116,8	63,7	18,8	13,5	22,3
Laval	13	86,7	47,3	14,0	10,1	16,6
Lanaudière	14	125,3	68,4	20,2	14,5	23,9
Laurentides	15	152,3	83,2	24,5	17,7	29,1
Montérégie	16	383,2	209,2	61,7	44,5	73,2
Centre-du-Québec	17	66,8	36,5	10,8	7,7	12,8
Pourcentage		100%	54,6%	16,1%	11,6%	19,1%
Total ¹		1 914,7	1 045,4	308,3	222,1	365,7

¹ La somme des colonnes et des lignes est inférieure ou égale aux totaux inscrits dans le tableau. Cette somme exclut les volumes d'eau hors bassin, soit des régions administratives du Saguenay-Lac-Saint-Jean, du Nord-du-Québec, de la Côte-Nord et de Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

L'estimation présentée par le MAMROT est très près de celle présentée au Tableau 3-4 (MAMROT, 2011). En effet, le volume d'eau distribué moyen pour le Québec était de 795 litres par personne par jour (696, si on omet Montréal), pour un total de 2 148 millions de mètres cube par an. Pour Montréal seulement, ce sont 729,9 millions de mètres cube par an, dont 40%, ou environ 292,0 millions de mètres cube, sont perdus dans le réseau chaque année.

3.2.3 Vulnérabilité aux changements climatiques

La vulnérabilité d'une municipalité aux changements climatiques est très variable. Le Gouvernement du Québec a pré-publié en décembre 2011 un projet de *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* et en avril 2012 un projet de *Stratégie de protection et de conservation des sources d'alimentation en eau potable* qui prévoient rendre obligatoire l'analyse de la vulnérabilité des prises d'eau de surface selon 6 indicateurs dont le premier concerne l'intégrité de la prise d'eau. La municipalité doit notamment s'assurer que la prise d'eau restera immergée en tout temps et que les quantités d'eau disponibles répondront à ses besoins futurs sans hypothéquer les autres usages. Les municipalités doivent donc dans un premier temps connaître la vulnérabilité de leur prise d'eau qui est propre à chaque captage et être en mesure d'adopter un plan d'actions et des mesures d'urgence qui leur permettront de s'adapter notamment aux changements climatiques. Soulignons que l'approvisionnement en eau est un élément clé dans le processus d'adaptation aux changements climatiques de plusieurs secteurs d'activités, notamment l'approvisionnement municipal, tout en étant essentiel à la santé humaine et au maintien des écosystèmes.

La vulnérabilité d'une municipalité en ce qui concerne l'approvisionnement en eau dépend principalement de ces facteurs (Ouranos, 2010) : 1) la nature et l'ampleur des événements climatiques auxquels elle est exposée, 2) la nature de sa ou ses sources d'approvisionnement (Théberge, 2012), 3) la vulnérabilité de ses services, de ses équipements, de ses employés, de sa population, etc., 4) l'évolution de sa demande en eau, et 5) sa capacité d'adaptation dans ses modes de gestion. Concernant le premier facteur, l'exposition à des températures plus élevées, à des événements de précipitations ou au contraire, à des événements de sécheresse, ainsi que l'exposition de la prise d'eau à une baisse du niveau d'eau, sont autant d'éléments qui rendent l'approvisionnement en eau d'une municipalité plus vulnérable. Quant à la nature de l'approvisionnement, le prélèvement d'eau de plusieurs sources diminue la vulnérabilité d'une municipalité. Par exemple, une municipalité pourrait se montrer plus vulnérable si sa seule source d'approvisionnement en eau est affectée par des températures plus élevées (exposition grande et capacité d'adaptation faible). Par contre, cette même municipalité sera beaucoup moins vulnérable si elle a plus d'une source où puiser l'eau brute (l'exposition demeure grande mais sa capacité d'adaptation est plus élevée que dans le premier cas) (Ouranos, 2010). Également, une municipalité peut posséder une certaine capacité de réserve d'eau ou des ouvrages dont la gestion peut permettre de réduire l'ampleur des étiages (Bérubé, 2007). En ce

qui a trait à l'infrastructure de distribution de l'eau, plusieurs facteurs non climatiques tel que l'âge de l'infrastructure, l'aménagement du territoire et les caractéristiques sociodémographiques auront pour effet de limiter ou d'accentuer les impacts des changements climatiques appréhendés (Ouranos, 2010). Le rapport offre et demande se devant d'être maintenu, l'évolution de la demande en eau est un facteur clé de l'adaptation des municipalités sur la question de l'approvisionnement en eau (Environnement Canada, 2004b). Le climat jouant à la fois sur l'offre et sur la demande, l'équilibre en soi est un enjeu. C'est pourquoi des mesures de tarification, combinées avec des mesures dites « sans regret » comme la réduction, la réutilisation et le recyclage de l'eau municipale, sont essentielles à l'atteinte de cet équilibre. Enfin, la capacité d'adaptation des modes de gestion est fortement liée à l'exposition et à la probabilité de dépassement des seuils critiques. Ainsi, une municipalité déjà préparée à un type d'événement peut se montrer moins vulnérable à ce même événement. La précaution et la prévention sont des facteurs clés dans le développement des modes de gestion ainsi que l'est la flexibilité (les changements au climat demeurant incertains) dans le développement de plans d'utilisation de l'eau pour le secteur municipal.

Selon Environnement Canada (2001), environ 26% des municipalités canadiennes ont rapporté avoir manqué d'eau entre 1994 et 1999. Les principales raisons incluent la sécheresse, un problème d'infrastructure et une demande croissante. Certaines municipalités, telles que la Ville de Québec (rivière Saint-Charles) et la Ville de Rosemère (rivière des Mille-Îles), ont connu au cours des étés 2001 et 2002 des problèmes d'approvisionnement en eau en période de fort étiage (Rousseau *et al.*, 2004; Mailhot *et al.*, 2008). Par ailleurs, la sécheresse de 2002 s'est révélée l'un des événements climatiques les plus coûteux au Canada, soit 5 milliards de dollars (Ouranos, 2004), comparativement à la tempête du verglas qui a coûté près de 5,4 milliards de dollars aux Canadiens (Lemmen, 2008). Selon Mailhot *et al.* (2008), l'alimentation en eau potable au sud du Québec a été problématique pour plusieurs villes du Québec à l'été 2005 : Gatineau – secteur Aylmer (Duquette, 2005), Le Bic (Thériault, 2005), Laval (Champagne, 2005) et Shawinigan (Montminy, 2005) ont notamment connu des situations problématiques au cours de cette saison. À l'été 2010, l'approvisionnement en eau dans la rivière des Mille-Îles a été particulièrement problématique pour les municipalités, en raison de la sécheresse, ce qui a forcé le gouvernement à entreprendre des travaux urgents de creusage à l'entrée de la rivière.

L'approvisionnement en eau potable pompée à même un cours d'eau est fortement dépendant du niveau d'eau et du débit de celui-ci. On retrouve en février l'étiage le plus important, mais ce dernier survient alors que la demande en eau est faible. En période d'étiage estival, qui correspond plus ou moins aux mois de juillet et d'août, l'eau se fait plus rare au moment même où la demande en eau augmente. En ce qui concerne le fleuve Saint-Laurent, plus spécifiquement, une baisse du niveau des eaux est critique pour la qualité de l'eau de plusieurs prises d'eau potable. Lefavre (2005) rapporte que les niveaux d'eau, sous l'influence des changements climatiques, vont varier selon la situation le long du fleuve Saint-Laurent. Cette tendance se manifeste par une baisse moyenne annuelle marquée à la hauteur de la Jetée no1 de Montréal (entre -0,8 et -0,5 m) tandis qu'à la hauteur de Neuville, on parle d'une faible hausse de 0,1 m. De plus, la baisse envisagée à la Jetée no1 sera plus importante au printemps, le résultat de l'absence de crue printanière en raison de l'absence d'accumulation de neige (Lefavre, 2005). Selon Carrière *et al.* (2007), sur une trentaine de stations de traitement d'eau potable étudiées s'approvisionnant dans le fleuve Saint-Laurent dans la portion appartenant au bassin des Grands Lacs, trois se sont avérées plus vulnérables aux variations du niveau d'eau des cent dernières années, soit Candiac, La Prairie et la régie inter municipale de l'eau potable de Varennes, Sainte-Julie, Saint-Amable. Nantel (2006), puis Bérubé (2007), ont effectué des exercices similaires montrant que 7 des 122 stations de traitement d'eau potable ont été identifiées comme vulnérables, soit Québec (rivière Saint-Charles), Grand-Mère (Shawinigan), Thedford-Mines, Saguenay (Jonquière), Shawinigan, Sutton et Rouyn-Noranda. Un exemple est celui de la prise d'eau de Pointe-Claire (Environnement Canada, 2006). Dans le cas d'une baisse du niveau d'eau d'un demi-mètre, on assiste à des épisodes fréquents d'odeurs fétides et de mauvais goût. Le seuil économique est alors atteint et des investissements massifs doivent être entrepris dans le traitement de l'eau pour la rendre acceptable à la consommation. En-deçà de ce seuil, le réaménagement même des prises d'eau doit être envisagé, y compris leur relocalisation. À partir du seuil critique, des investissements entre 1 et 25 millions de dollars deviennent alors nécessaires pour ajuster les prises d'eau. Comme conséquence directe de l'élévation de la température, les usines de traitement d'eau auront une tâche augmentée pour rendre salubre une eau de moins bonne qualité. Les prises d'eau de Québec et de Lévis ne sont pas menacées à court terme par ce phénomène (Communauté métropolitaine de Québec, 2010).

Le Tableau 3-5 précise le nombre d'habitants s'approvisionnant dans les différentes sources d'eau, par région du Québec à l'étude. Cette information est utile lorsqu'on sait qu'une municipalité exploitant plusieurs sources d'eau pourrait être moins vulnérable en temps de crise, en plein étiage par exemple, qu'une municipalité exploitant une seule source dont la disponibilité de l'eau est variable ou soumise à d'autres risques, tels que sanitaires. Selon le MDDEP (2012a), 33% des municipalités utilisent une eau de surface pour la distribution de l'eau potable, 64 % s'approvisionnent en eau souterraine et 3% puisent des deux sources.

Tableau 3-5. Population répartie selon le type d'approvisionnement municipal en eau potable, par région du Québec à l'étude, en 2010 (MDDEP, 2010a).

Région	Code régional	Eau souterraine	Eau de surface	Eaux mixtes	Fleuve St-Laurent
(hab)					
Bas-Saint-Laurent	01	52 531	41 813	56 072	–
Capitale-Nationale	03	94 329	353 188	83 502	115 768
Mauricie	04	123 384	115 433	6 000	–
Estrie	05	50 401	177 440	1 751	–
Montréal	06	–	4 759	–	1 869 719
Outaouais	07	17 560	232 252	–	–
Abitibi-Témis.	08	76 544	35 390	–	–
Chaud.-Appal.	12	102 392	110 012	9 000	74 823
Laval	13	–	330 393	–	–
Lanaudière	14	65 938	214 787	27 708	20 982
Laurentides	15	82 472	317 709	17 917	–
Montérégie	16	163 797	348 669	54 955	620 409
Centre-du-Québec	17	40 222	99 282	28 490	9 302

Comme détaillé au Tableau 3-5, la plupart des régions du Québec à l'étude possèdent plusieurs sources d'approvisionnement pour leurs réseaux de distribution publics. Le Bas-Saint-Laurent, la Capitale-Nationale, Lanaudière, les Laurentides et le Centre-du-Québec ont des proportions plus élevées de leur population desservie par des sources mixtes, ce qui ne veut pas dire qu'aucune de ces régions n'est à risque. À l'inverse, les sources d'approvisionnement de Montréal, Laval, l'Outaouais et l'Abitibi-Témiscamingue sont peu ou pas diversifiées. Certaines informations tirées du rapport du BAPE (2000) ont permis de mettre en évidence certaines problématiques régionales soulevées par la population. À l'évidence, Montréal et la Montérégie sont fortement dépendantes du niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent. Laval a connu des variations importantes de qualité d'eau et d'un faible débit en période d'étiage de la rivière des Mille-Îles qui la

rendaient particulièrement vulnérable aux changements climatiques (Ville de Laval, 2011) avant son excavation en 2010-11. Les régions qui s’approvisionnent majoritairement en eau souterraine sont : le Bas-Saint-Laurent, la Mauricie, Chaudière-Appalaches et l’Abitibi-Témiscamingue. Par contre, l’eau de surface (lacs, rivières et ruisseaux) est la source principale de la majorité des régions. Dans la région de la Capitale-Nationale, l’approvisionnement se fait majoritairement via le lac et la rivière Saint-Charles (les autres sources sont : la rivière Montmorency et le fleuve Saint-Laurent), dont la quantité et la qualité de l’eau sont toutes deux menacées principalement en période d’été. On évoque comme cause, outre les changements climatiques, le développement domiciliaire intense. Déjà de nombreux conflits d’usages sont ressentis, par exemple : l’usage récréatif rivalise avec l’approvisionnement en eau potable. Les secteurs qui s’approvisionnent en eau municipale sont également menacés par le débordement des cours d’eau et les surverses. En Estrie, 75% de l’approvisionnement se fait à même les eaux de surface, généralement les lacs. Or, ces derniers sont soumis à une pollution d’origines diverses (villégiature, érosion des berges, agriculture, industries) menant à l’eutrophisation de certains plans d’eau. Enfin, l’exemple du Bas-Saint-Laurent nous rappelle que des conflits d’usages ponctuels apparaissent dans certaines municipalités et ce, bien que le portrait global de la région soit encourageant de par la diversité de ses sources d’approvisionnement. D’une part, la qualité de l’eau est un problème puisque les rejets agricoles et industriels (principalement des porcheries) à proximité d’une source d’approvisionnement font qu’un traitement plus important de l’eau pour la rendre potable – et plus onéreux – devient nécessaire. Le conflit que vit la municipalité de Sainte-Luce-sur-Mer en est un exemple. D’autre part, le captage de l’eau souterraine entre les municipalités adjacentes n’est pas encadré adéquatement si bien qu’une municipalité peut manquer d’eau tandis que sa voisine se porte bien. C’est le cas de la municipalité de Rivière-du-Loup versus ses voisines (BAPE, 2000). Dans la région de Chaudière-Appalaches, c’est manifestement la qualité de l’eau qui compromet l’approvisionnement public à même les nappes d’eau souterraines.

3.2.4 Stratégies d’adaptation

La demande totale en eau des réseaux de distribution publics québécois dépasse le milliard de mètres cube par année. Ce secteur d’activité est celui qui touche le plus de gens et est le deuxième en importance (46%) en ce qui a trait à l’utilisation de l’eau au Québec, après le secteur industriel (49%) et si l’on omet celui de la production hydroélectrique. Au Canada,

l'approvisionnement public se place au troisième rang, derrière l'industrie thermoélectrique et l'industrie manufacturière (Statistique Canada, 2010b). Pour cette raison, un plan de conservation et d'utilisation efficace de l'eau doit obligatoirement tenir compte de l'approvisionnement public dans l'élaboration de mesures d'adaptation aux changements climatiques. Les mesures de conservation de l'eau adoptées à l'échelon municipal s'avèrent moins coûteuses pour répondre à la demande croissante d'eau que la construction ou l'agrandissement d'installations de traitement de l'eau, par exemple.

Les facteurs socioéconomiques déterminants pour l'approvisionnement public en eau sont : 1) les pertes importantes dans les réseaux de distribution en raison des fuites auxquelles on associe des coûts élevés de traitement d'eau, principalement engendrés par la consommation énergétique des stations; 2) la demande en eau élevée et croissante, qui est la conséquence sans doute d'une surutilisation, du gaspillage et de l'esprit d'abondance de la ressource, conjugués à une démographie croissante. Ces facteurs socioéconomiques sont amplifiés par les facteurs climatiques identifiés : augmentation des températures, baisse du niveau d'eau, baisse des débits, périodes d'étiage et de sécheresse prolongées, etc. Les fuites ne sont pas nécessairement influencées par les changements climatiques, elles sont dues à la vétusté des infrastructures municipales et au manque d'entretien, mais diminuent sensiblement l'offre puisque l'eau perdue met un temps possiblement considérable avant d'être à nouveau disponible. Pour Montréal, où les fuites sont très importantes, l'offre est grandement diminuée. Les stratégies d'adaptation face au climat changeant doivent donc viser une réduction à la fois de la demande en eau (de façon épisodique ou en continu), mais également des pertes dans les réseaux. En effet, certaines stratégies de conservation de l'eau peuvent prendre effet pendant une certaine période de l'année, au moment où la disponibilité en eau est plus critique, et ne pas être déployées le reste de l'année. Par conséquent, les mesures d'adaptation pourraient se présenter à deux échelles : en continu ou de façon périodique. Les périodes critiques, par exemple en plein étiage et en situation de chaleur accablante, peuvent nécessiter des interventions d'urgence et requérir la priorisation des usages de l'eau. Bien que la priorité des usages soit identifiée au sein de la Loi (besoins de la population – santé, salubrité, sécurité civile, eau potable; protection des écosystèmes aquatiques; usages agricoles, industriels, énergétiques et récréotouristiques), il n'existe actuellement pas de plan d'intervention d'urgence pour gérer ces priorités parmi les usagers. Le MDDEP a publié en avril 2012 un projet de Stratégie de

protection et de conservation des sources d'alimentation en eau potable qui prévoit notamment la planification de mesures d'urgence.

3.2.4.1 Règlementation et programmes

Tous les programmes et les règlements décrits ci-après ont tout intérêt, de près ou de loin, à se montrer flexible aux changements du climat. Parmi les mesures de premier plan pour réduire la demande en eau, on présente souvent les mesures de contrôle à la source, par exemple les compteurs d'eau, comme les plus efficaces. La mise en œuvre de compteurs d'eau doit être encouragée dans le secteur industriel, un premier pas à franchir pour connaître le volume d'eau utilisé. Ensuite, il est plus facile de cibler des objectifs de réduction. Par ailleurs, on observe un parallélisme très net entre la température maximale journalière et la demande en eau. Selon une étude menée à Paris, le volume d'eau potable distribué varie de 1,6% par degré d'augmentation de la température (SMEGREG, 2010). Selon cette même étude, une baisse de la demande en eau est observée pour plusieurs grandes villes européennes depuis 2003. On associerait les facteurs suivants à cette baisse : l'économie d'eau des établissements publics et industriels, l'amélioration des équipements électroménagers (surtout relié à une réduction du volume des réservoirs), l'effet de l'augmentation du coût de la vie, de nouveaux comportements plus éco-citoyens et de la récupération de l'eau de pluie (SMERGREG, 2010). Les mesures de conservation à la source, comme les mesures énergétiques, ont démontré qu'elles contribuent à réduire l'utilisation de l'eau par les municipalités. Pareilles mesures dites « sans regret » peuvent soutenir les stratégies d'adaptation aux modifications au climat escomptées, comme la citation suivante le fait valoir : « Même s'il est démontré que la tarification en fonction du volume [d'eau] est associée à une moins grande utilisation de l'eau par les municipalités, une grande variété de facteurs peut également avoir une incidence sur l'utilisation, par exemple l'emplacement, le climat et les variables socioéconomiques » (Projet de recherche sur les politiques, 2004). Le *Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau* (2009) et le *Règlement sur la redevance exigible pour l'utilisation de l'eau* vont permettre d'avoir une meilleure connaissance des prélèvements.

Le Gouvernement du Québec a adopté, en mars 2011, suite à un engagement de la *Politique nationale de l'eau*, une *Stratégie québécoise d'économie d'eau potable* pour accompagner les municipalités dans le resserrement des politiques relatives à l'eau dans une perspective de développement durable (MAMROT, 2011). L'objectif double de la Stratégie est de réduire d'au

moins 20% la quantité moyenne d'eau distribuée par personne pour l'ensemble du Québec par rapport à l'année de référence 2001 et de réduire les pertes dans les réseaux à un maximum de 20% du volume d'eau distribué. Les bénéfices sont de natures diverses. Puisqu'un mètre cube d'eau coûte en moyenne 1,51\$ à produire, on prévoit une économie de deux milliards de dollars sur 20 ans. Les gains se feront également sentir à d'autres échelles, par exemple sur la préservation de la ressource et sur l'utilisation plus responsable de l'eau.

Il a été discuté que bien que la réduction des pertes d'eau dans les réseaux pourrait contribuer grandement aux objectifs de la gestion judicieuse de la demande (Environnement Canada, 2010b), elle n'est pas directement influencée par les changements climatiques sinon qu'elle affecte le rapport offre sur demande, lui-même appelé à diminuer au cours des prochaines décennies. Si les pertes dans les réseaux municipaux sont jugées consommées, c'est que cette eau met souvent un temps considérable à redevenir disponible. À cet effet, le *Programme de renouvellement des conduites d'eau potable et d'eaux usées* du Gouvernement du Québec (PRECO), en harmonie avec la *Stratégie québécoise d'économie d'eau potable*, vient à point pour combler cette déficience des réseaux de distribution publics.

Concernant la gestion des eaux pluviales, plusieurs outils, qui sont disponibles aux municipalités, permettent de favoriser la mise en place de mesures de gestion durable, par exemple : le schéma d'aménagement et de développement, le plan directeur de l'eau, le plan d'urbanisme et le programme particulier d'urbanisme (MAMROT, 2010).

Un autre règlement bien connu des citoyens des grandes villes et des banlieues est celui sur l'arrosage des pelouses. En effet, la restriction des arrosages résidentiels à certains jours de la semaine seulement ou lors des périodes non critiques en ce qui concerne l'utilisation de l'eau permet d'éviter une pointe de demande en eau qui dicte le dimensionnement des postes de pompage et conduites. Ces pointes surviennent surtout en période de température accablante (ces dernières étant appelées à augmenter) au moment où la disponibilité en eau de qualité est cruciale et où les besoins prioritaires (vitaux) doivent primer sur les autres de moindre importance. Le règlement sur l'arrosage des pelouses est le parfait exemple du chemin que parcourent pareilles mesures de conservation en termes d'évolution culturelle. S'il y a quelques années, un gazon devait être toujours bien arrosé, ce règlement a certainement contribué à en réduire l'arrosage si bien qu'il devient aujourd'hui contre coutume de le faire.

Les normes et les critères de conception des ouvrages souterrains ont intérêt à être révisés pour assurer non seulement la qualité de l'eau souterraine, mais également pour éviter la surponction des nappes. Comme les villes sont appelées à diversifier leurs sources d'approvisionnement en raison des faibles débits des cours d'eau ou encore des niveaux d'eau plus bas, l'eau souterraine sera de plus en plus sollicitée et une réglementation mieux définie concernant les ouvrages de prélèvement d'eau souterraine devient essentielle. Au Québec, la *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer sa protection* est un pas en ce sens. Le *Règlement sur le captage des eaux souterraines* fournit, depuis 2002, des repères aux municipalités pour effectuer un captage responsable de l'eau souterraine. Le *Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du Québec (2008)* permettra de tracer un portrait plus juste de la ressource souterraine disponible afin de ne pas dépasser sa capacité de recharge.

Une municipalité qui souhaite régler à plus long terme ses problèmes d'approvisionnement en eau pendant l'été peut mettre sur pied dès maintenant un programme d'économie d'eau selon des objectifs cependant plus ambitieux que ceux promus par la *Stratégie d'économie d'eau potable* qui se veut un plancher de référence pour toutes les municipalités du Québec. Ce faisant, elle réalisera des économies immédiates en matière de traitement des eaux et de consommation d'énergie, en plus de mieux gérer la ressource en eau dans le but de s'adapter à d'éventuels problèmes d'approvisionnement liés à des hausses de température et à de plus longues périodes sans précipitation (Ouranos, 2010).

Par ailleurs, l'Ontario, via la loi *Sustainable Water and Sewing systems (2002)*, exige maintenant que le vrai tarif soit refilé aux usagers de l'eau municipale. Cette loi oblige donc les municipalités à évaluer d'abord les coûts totaux réels du traitement et de la distribution de l'eau.

3.2.4.2 Gestion et conservation de la ressource en eau

La vulnérabilité des municipalités face à la ressource en eau est souvent liée à leur sensibilité aux sources d'approvisionnement en eau. De toute évidence, les changements climatiques ne font qu'aggraver les problèmes d'approvisionnement des municipalités les plus sensibles. Parmi les stratégies envisagées pour préserver les municipalités d'une insuffisance d'eau, la diversification des sources d'approvisionnement en est une de premier plan.

Toutefois, plutôt que de chercher de nouvelles sources d’approvisionnement, de nombreuses municipalités s’efforcent a priori de réduire la demande d’eau sur leur territoire ou du moins, d’en limiter la croissance. Leur stratégie pour contrôler la demande varie. Parmi les mesures de conservations adoptées par les municipalités canadiennes, on retrouve : les vérifications à domicile (35%); les règlements pour restreindre l’arrosage des pelouses (33%) – discutés précédemment; l’information aux clients industriels, commerciaux et institutionnels des moyens de réduire leur utilisation d’eau (12% des municipalités); la promotion publique de la conservation de l’eau (11%); la vente de trousse d’économie (8%) et l’installation de matériel pour économiser la ressource (6%). En général, les grandes municipalités sont plus actives en matière de conservation de l’eau (Environnement Canada, 2010b).

Les milieux urbains sont sujets à un ruissellement important en cas de précipitations intenses, principalement dû à la densité de surface imperméable (rues, toitures, stationnements, etc.) L’installation d’infrastructures urbaines de drainage qui imitent les processus naturels peut aider à réduire sensiblement le ruissellement et ses impacts connus, les inondations et le lessivage, par exemple, en plus d’encourager le stockage de l’eau vers les aquifères, de réduire l’évaporation et de protéger la qualité de l’eau (Environnement Canada, 2010b). Voici quelques exemples d’infrastructures naturelles de drainage qui visent le remplacement des surfaces imperméables par des surfaces perméables : dispositifs de collecte des eaux pluviales, filtres de bandes et baissières, dispositifs d’infiltration (puisards), toits verts, trottoirs perméables et pavements poreux. Dans son guide pour l’adaptation aux changements climatiques, le Gouvernement canadien propose une série de mesures qui s’appliquent principalement au secteur municipal (Environnement Canada, 2009). Les principales mesures d’encouragement pour économiser l’eau, atténuer les débits de pointe et inhiber les inondations dans les municipalités suggérées par le MDDEP (2012b), le MAMROT (2010) et Environnement Canada (2010b, 1994) concernent l’économie d’eau, la gestion des eaux de pluie et l’aménagement des zones urbaines. Les modalités sont principalement les suivantes : introduction de compteurs d’eau, développement et mise en œuvre de campagnes d’éducation, adoption de technologies d’économie d’eau (toilettes à faible débit, robinets et pommes de douche à débit économique), recyclage des eaux grises. En ce qui a trait à la gestion des eaux de pluie, les principales mesures sont les suivantes : débranchement de gouttières, baril de pluie pour réutilisation, réaménagement du terrain pour ralentir l’écoulement et favoriser l’infiltration, jardins de pluie, plantations et arbres, entrée d’auto perméable, puits d’infiltration, aménagement paysager plus

absorbant, toit vert, fossés aménagés, bassins d'infiltration et de marais filtrants. Pour ce qui est de l'aménagement des zones urbaines, les mesures suivantes sont proposées : espaces ouverts, espaces boisés, arbres de rue, champs, parcs, jardins communautaires et privés, l'introduction de mesures de conservation de l'eau et de systèmes de drainage durable pour tous projets de développement urbains. Il convient également de planifier la réponse à l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes en l'intégrant dans les différents outils d'aménagement et de gestion municipaux.

Par ailleurs, le site américain *Water Use It Wisely* (2012a) propose une série de mesures résidentielles pour économiser l'eau. L'environnement bâti est sensible aux changements climatiques, car les critères de conception sont basés sur des données climatiques historiques et la durée de vie des infrastructures est souvent de plusieurs décennies. Ainsi, les services responsables devront prendre des décisions qui assureront la pérennité des infrastructures. Pour celles déjà existantes, particulièrement les infrastructures liées aux services essentiels comme l'approvisionnement en eau et la gestion des eaux usées, il faudra adopter des mesures qui contribueront à limiter les risques associés aux changements climatiques, comme les débordements ou les fluctuations importantes des niveaux d'eau (Ouranos, 2010). Autrement, la valorisation de l'eau, de façon générale, peut aider à réduire les rejets d'eaux usées et les frais qui en découlent.

3.3 L'approvisionnement autonome commercial et institutionnel

Les commerces et les institutions visés par cette catégorie sont uniquement ceux qui s'approvisionnent de façon autonome, donc non liés au réseau de distribution d'eau municipal. Ce secteur d'activités regroupe les entreprises et les consommateurs institutionnels tels que les organismes publics, les écoles et les hôpitaux. Il englobe également l'eau consommée dans certains quartiers d'habitation, notamment les immeubles résidentiels qui sont habituellement exploités par des entreprises. De façon spécifique, on inclut dans cette catégorie l'eau utilisée par les motels, les hôtels, les restaurants, les immeubles à bureaux, les établissements civils et militaires, les maisons mobiles, les hôpitaux, les écoles, les systèmes de climatisation, les usages à des fins récréatives (fabrication de neige artificielle et glissades d'eau) et toute autre utilisation similaire qui n'entre pas dans la catégorie de l'approvisionnement public en eau. Nous ne ferons qu'effleurer cette catégorie d'industrie puisqu'au Québec la plupart des prélèvements du

secteur commercial et institutionnel sont effectués à même le réseau municipal. La similitude entre ce secteur d'activités et celui de l'approvisionnement municipal se reflète dans leurs coefficients de consommation, qui sont pratiquement les mêmes pour ces deux catégories.

Au Québec, l'utilisation de l'eau pour des fins commerciales est de 308,3 millions de mètres cube par an (MDDEP, 2011b; Ressources naturelles Canada, 2011). Cette donnée n'est pas exclusive à cette catégorie puisqu'elle regroupe les commerces qui utilisent l'eau à la fois du réseau public et de sources autonomes. La base de données GPE rapporte que les commerces prélèvent 9,05 millions de mètres cube d'eau par an de façon autonome (MDDEP, 2011a).

3.4 L'approvisionnement autonome pour des fins d'irrigation et d'élevage

L'approvisionnement autonome pour des fins d'irrigation et celui pour des fins d'élevage ont été regroupés sous une seule et même section pour faciliter la description et la présentation des résultats. Les prélèvements pour l'irrigation destinée à l'agriculture sont présentés distinctement de ceux pour l'irrigation destinée aux terrains de golf.

Le secteur agricole, incluant les productions végétale, animale et aquicole, représente une demande en eau totale de 190,2 millions de mètres cube par an au Québec. Le Tableau 3-6 détaille les besoins en eau pour chaque type de production et pour chaque région administrative québécoise, donc de façon plus étendue que les régions ciblées initialement par la courante étude. La production aquicole (poissons) exploite 39 % du volume total d'eau, contre 32 % pour la production animale (animaux terrestres) et quelques 29 % pour la production végétale. La production végétale, qui prélève plus de 50 millions de mètres cube d'eau par an, comprend 1) l'eau utilisée pour l'irrigation de différentes productions: la production maraîchère (34%), la pomme de terre (8%), les petits fruits (6%), la culture en serre (5%) et la pomme (4%), 2) la production (irrigation et récolte) de la canneberge (39%), et 3) la pratique de la pulvérisation (<1%). Sur le plan régional, une proportion élevée des besoins en eau surviennent en Estrie (23%), qui surpasse toutes les autres régions en raison de l'intensité de ses activités aquicoles. Au deuxième rang, le Centre-du-Québec voit ses besoins en eau propulsés par une importante production de canneberges et ce, même si une faible superficie de son territoire y est affectée. On retrouve la Montérégie, qui dédie une grande quantité d'eau à l'irrigation de sa production maraîchère, au troisième rang des plus grands utilisateurs d'eau pour l'agriculture.

Les piscicultures monopolisent 80% des usages agricoles de l'eau en Mauricie, ce qui la place au quatrième rang. Vient ensuite la région de Chaudière-Appalaches dont les besoins en eau sont amplifiés par une concentration élevée en cheptels bovins et porcins. Les besoins en eau des régions de Lanaudière et des Laurentides sont équivalents, bien que de sources différentes : tandis que la première fait usage de cette eau principalement pour la production végétale, la seconde l'exploite majoritairement pour la production aquicole. Pour ce qui est de Lanaudière, les besoins en eau sont fortement liés à la production maraîchère (la seconde en importance au Québec) et à la production de pommes de terre irriguée (la plus importante au Québec) où l'on pratique l'irrigation principalement en vue d'obtenir les rendements exigés par les entreprises de transformation. Les autres régions demeurent de faibles utilisateurs d'eau pour des fins agricoles. Quant aux besoins en eau pour l'irrigation des terrains de golf, ce sont l'Abitibi-Témiscamingue (incluant le Nord-du-Québec) et la Montérégie qui la pratiquent le plus.

Tableau 3-6. Quantité d'eau nécessaire pour la production agricole au Québec, en 2001 (BPR, 2003). 2003).

Région	Code régional	Agriculture				Terrains de golf	Total
		Production végétale	Production animale	Production aquicole	Total		
(milliers de m ³)							
Bas-St-Laur.	01	841,2	3 790,5	3 205,8	7 760,3	0	7 760,3
Capitale-Nat.	03	1 673,9	1 481,4	1 424,7	3 032,8	1 380,0	4 412,8
Mauricie	04	524,7	2 422,3	11 394,8	14 266,2	119,0	14 385,2
Estrie	05	1 011,5	4 763,3	33 941,0	39 567,0	84,4	39 651,4
Montréal/Laval	06/13	2 506,1	41,1	x	2 068,9	269,7	2 338,6
Outaouais	07	866,1	1 491,7	416,0	2 882,9	1 195,3	4 078,2
A.-Té./N.-d.-Q.	08/10	172,8	1 426,7	5 540,3	7 106,1	60,61	7 166,7
Chaud.-Appal.	12	2 055,6	12 203,9	x	13 893,0	8 534,7	22 427,7
Lanaudière	14	9 757,0	2 962,5	x	11 722,7	820,9	12 543,6
Laurentides	15	3 282,3	1 365,2	7 079,3	10 536,5	1 023,9	11 560,4
Montérégie	16	15 722,2	13 741,5	2 586,2	30 886,3	7 719,5	38 605,8
C.-du-Qué.	17	12 500,1	8 171,0	1 453,2	35 559,1	126,7	35 685,8
Autres		1 187,7	2 015,1	x	x	x	x
Total		52 555,3	56 036,7	73 463,3	190 161,0	20 395,8	202 451,0

x : données non disponibles.

3.4.1.1 Statistiques générales

L'approvisionnement autonome pour des fins d'irrigation concerne uniquement l'eau utilisée pour l'arrosage artificiel (l'eau qui ne provient pas de la pluie) de terres cultivées ou de pâturages ou pour entretenir des terrains à vocation récréatives, par exemple des parcs et des terrains de golf (Council of Great Lakes Governors, 1985). Le secteur de l'irrigation concerne de manière non exclusive les usages de l'eau pour des fins d'irrigation des cultures végétales puisque tous les usages de l'eau destinée à la production végétale sont considérés (pulvérisation, remplissage de bassins). Au Québec, l'irrigation ne se pratique que sur 1% des superficies en culture. Elle est employée pour plusieurs raisons : pour combler les manques d'eau entre les événements de précipitation; pour combattre le gel (et la chaleur intense) dans les cultures à risque (par exemple, les cultures de la fraise et de la canneberge); pour améliorer l'efficacité des herbicides incorporés au sol; pour améliorer la reprise des transplants; pour fertiliser les cultures. Parmi les principales motivations pour l'irrigation des cultures, on retrouve également les productions à haut standard de qualité et de quantité qui doivent répondre aux objectifs des grands transformateurs d'aliments (par exemple, la culture de la pomme de terre irriguée). Les cultures irriguées pratiquées au Québec se regroupent essentiellement en cinq catégories, soit la culture maraîchère (légumes), la culture de la pomme de terre, la culture des petits fruits (bleuets, fraises et framboises), la pomiculture et la culture en serre. Au Québec, 89% des superficies cultivées pour la production de petits fruits sont irriguées, contre 35% pour la production maraîchère et 16% pour la pomme de terre (Ferland, 2006). La plus grande superficie en production irriguée provient de la production maraîchère, dont près de la moitié (7 000 ha) se trouve en Montérégie et le quart (3 500 ha) dans Lanaudière. Par ailleurs, la région de Lanaudière cultive la plus grande superficie de pommes de terre irriguées au Québec, soit près de 60% (2 000 ha). Outre l'irrigation des cultures, environ un million d'hectares au Québec sont soumis à des usages de l'eau autres. Ces pratiques se regroupent sous quatre catégories : la pulvérisation des pesticides, des insecticides, des fongicides et la culture de la canneberge. La culture de la canneberge nécessite de grandes quantités d'eau pour remplir les bassins en vue de la récolte ainsi que pour prévenir la chaleur extrême l'été et le gel l'hiver. Par exemple, si la température maximale de jour est supérieure à 28°C, on considère 1 heure d'arrosage appliqué le jour suivant (CEHQ, 2008). Ces pratiques ne sont donc pas strictement liées à l'irrigation mais aux techniques de production. Les besoins en eau de la canneberge varient sensiblement au cours d'une année : au printemps et à l'automne, l'eau est utilisée en prévention du gel, et à

l'automne, pour la récolte (CEHQ, 2008). Le coefficient de consommation de la production de la canneberge est de 25%. Les données qui ont servies à déterminer la demande en eau proviennent majoritairement de l'*Analyse des questions d'approvisionnement en eau pour le secteur de l'agriculture* de BPR (2003) menée dans le cadre du *Plan national d'approvisionnement en eau* pour Agriculture et agroalimentaire Canada, dont les données sources sont celles du recensement agricole de 2001 de Statistique Canada (2006). Nous croyons cependant que les superficies en culture de la canneberge ont été sous-estimées (Parent, 2012), c'est pourquoi nous avons préféré utiliser les superficies provenant de Poirier (2010), d'après les fiches d'enregistrement du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation de 2009. Les technologies d'irrigation varient selon la région du Québec à l'étude. Au Québec, un peu plus de la moitié des producteurs pratiquant l'irrigation utilisent des systèmes d'irrigation par gicleur, tandis qu'un quart sont munis de systèmes à canon. Les régions où on valorise la technologie du goutte-à-goutte sont Montréal/Laval et la Montérégie. Cette technologie permet d'économiser une grande quantité d'eau puisqu'elle limite les pertes par évaporation. Tandis que les techniques par aspersion (canon et gicleur) on une moyenne d'efficacité de 75%, la technique du goutte-à-goutte est efficace à 95% (Aure *et al.*, 2010). Le Tableau 3-7 présente différentes les technologies d'irrigation et en quelle proportion elles sont utilisées pour chaque région du Québec à l'étude.

Tableau 3-7. Systèmes d'irrigation des productions végétales par région du Québec à l'étude, en 2001 (Ferland, 2006).

Région	Code régional	Canon	Gicleur	Goutte-à-goutte	Souterrain	Autres
Bas-Saint-Laurent	01	50	42	8	–	–
Capitale-Nationale	03	52	34	9	3	2
Mauricie	04	18	68	9	–	5
Estrie	05	15	46	–	8	–
Montréal/Laval	06/13	–	70	30	–	–
Outaouais	07	33	59	8	–	–
Abitibi-Témiscamingue	08	–	–	–	–	–
Chaudière-Appalaches	12	13	64	13	3	7
Lanaudière	14	39	59	–	1	1
Laurentides	15	16	74	6	3	1
Montérégie	16	16	40	37	6	1
Centre-du-Québec	17	19	50	22	–	–
Moyenne		25	55	12	2	6

L'approvisionnement autonome pour des fins d'élevage comprend l'abreuvement et le nettoyage des animaux et l'aquaculture. Plus précisément, ce secteur concerne l'eau utilisée pour l'élevage d'animaux tels que les chevaux, le bétail (bœuf, vache laitière), les moutons, les chèvres, les porcs et les volailles, ainsi que l'exploitation aquicole (essentiellement, les poissons). L'eau utilisée pour l'abreuvement des animaux est en grande partie irrécupérable. Dans le cas de l'industrie laitière, une partie de l'eau est incorporée au produit. L'eau contenue dans les excréments, qui demeurent sur place ou qui sont exportés sur les terres cultivables, n'est pas nécessairement récupérée à l'intérieur du bassin d'origine suite à son évapotranspiration ou à son infiltration. Une partie est également transmise aux plantes. De même, l'exportation des animaux ou des produits animaliers pour l'alimentation consiste en une perte nette d'eau pour le bassin versant ou la région. Tel que dit plus haut, cette eau peut être comptabilisée lorsque le produit est vendu. Une quantité d'eau est également nécessaire aux pratiques liées à l'élevage telles que le nettoyage des bâtiments et la dilution du fumier. Selon Pebbles (2003), le coefficient de consommation pour l'élevage se situe autour de 83%. Le cas des piscicultures est particulier puisqu'un faible pourcentage de l'eau utilisée est consommé, pour un coefficient de consommation de moins d'un pourcent (Théberge, 2012). Nous traiterons distinctement la demande en eau selon qu'elle soit destinée à l'élevage d'animaux terrestres, que nous nommons production animale, ou à l'élevage de poissons, que nous nommons

production aquicole. L'abreuvement des animaux compte pour 79% des approvisionnements en eau de cette catégorie d'industrie. Au palmarès des besoins en eau pour l'abreuvement et les autres utilisations liées à la production animale, la production bovine vient en tête avec 56% de l'utilisation totale, suivie des productions porcine (36%), avicole (5%), ovine (2%) et autres (1%). Par contre, la production porcine est celle qui utilise le plus d'eau pour d'autres fins que l'abreuvement des animaux avec 70%, contre 24% pour la production bovine (BPR, 2003). Cette eau est principalement destinée au lavage. Pour la production aquicole, une proportion de 57% de l'eau provient des eaux de surface contre 43% de sources souterraines (BPR, 2003). Les besoins en eau de qualité, de température contrôlée et accessible à l'année favorisent nettement l'approvisionnement en eau souterraine pour cette industrie.

3.4.1.2 Demande en eau

Le Tableau 3-8 résume les quantités d'eau appliquée pour l'irrigation des cultures agricoles, par région du Québec à l'étude.

Tableau 3-8. Quantité d'eau prélevée pour l'irrigation de la production végétale par région du Québec à l'étude, en 2001 (Institut de la statistique du Québec, 2008; Poirier, 2010; BPR, 2003).

Région	Code régional	Production maraîchère	Pomme de terre	Petits fruits	Pomme	Culture en serre	Total ¹
(milliers de m ³ /an)							
Bas-St-Laur.	01	93,0	471,0	123,0	0	60,8	824,9
Capitale-Nat.	03	570,0	247,5	564,0	39,0	92,9	1 640,1
Mauricie	04	220,5	0	138,0	15,0	62,8	511,9
Estrie	05	21,0	x	288,0	x	135,1	997,9
Montréal/Lav.	06/13	1 437,0	0	112,5	0	474,9	2 502,7
Outaouais	07	x	109,5	x	x	63,8	861,3
Ab.-T./N.-Q.	08/10	x	0	x	x	48,5	170,2
Chaud.-Appal.	12	687,0	561,0	390,0	94,5	141,1	2 035,2
Lanaudière	14	5 253,0	2 967,0	294,0	0	186,9	8 947,1
Laurentides	15	1 351,5	26,0	412,5	139,5	647,7	3 254,1
Montérégie	16	10 452,0	268,5	739,5	1 935,0	962,2	15 520,8
C.-du-Qué.	17	435,0	133,5	352,5	165,0	304,8	1 735,6
Autres ²		x	x	x	x	153,0	971,9
Total ³		20 872,5	5 421,0	4 300,5	2 400,0	3 334,7	39 976,7

¹ La somme des colonnes et des lignes est inférieure ou égale aux totaux inscrits dans le tableau car les totaux incluent des valeurs qui ne sont pas présentées dans la base de données du recensement fédéral 2001 pour des fins de confidentialité.

² Les autres régions sont le Saguenay-Lac-Saint-Jean, la Côte-Nord et Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

³ Le total inclut toutes les régions du Québec.

x : données non disponibles.

Les besoins en eau pour l'irrigation des cultures sont dominés par la production maraîchère (52%), dont 39% se retrouve en Montérégie et 22% dans Lanaudière. Lanaudière détient 55% des prélèvements en eau pour l'irrigation de la pomme de terre, tandis que la Montérégie est responsable de 81% des prélèvements d'eau pour l'irrigation des pommes. Le Tableau 3-9 résume les quantités d'eau appliquée pour les usages de l'eau autres que pour l'irrigation des cultures agricoles, par région du Québec à l'étude.

Tableau 3-9. Quantité d'eau prélevée pour des fins autres que l'irrigation, par région du Québec à l'étude, en 2001 (BPR, 2003; Poirier, 2010).

Région	Code rég.	Pulvérisation				Canneberge	Total ¹
		Herbicides	Insecticides	Fongicides	Total		
(milliers de m ³ /an)							
Bas-St-Laur.	01	7,3	3,2	5,8	16,3	0	16,3
Cap.-Nat.	03	6,0	10,3	17,5	33,8	0	33,8
Mauricie	04	8,1	1,2	3,5	12,8	0	12,8
Estrie	05	4,9	4,3	4,4	13,6	0	13,6
Mtl/Laval	06/13	1,2	1,3	0,9	3,4	0	3,4
Outaouais	07	1,9	1,1	1,8	4,8	0	4,8
Ab.-T./N.-Q.	08/10	1,7	0,4	0,5	2,6	0	2,6
Chaud.-App.	12	10,2	3,5	6,7	20,4	0	20,4
Lanaudière	14	17,7	13,8	27,8	59,3	750,6	809,9
Laurentides	15	7,4	7,3	13,5	28,2	0	28,2
Montérégie	16	91,6	41,2	68,6	201,4	0	201,4
C.-du-Qué.	17	24,0	4,4	11,7	40,1	10 724,4	10 764,5
Autres ²		9,8	6,4	10,9	26,8	189,0	215,8
Total ³		191,9	98,4	173,3	463,6	12 115,0	12 578,6

¹ La somme des colonnes et des lignes est inférieure ou égale aux totaux inscrits dans le tableau car les totaux incluent des valeurs qui ne sont pas présentées dans la base de données du recensement fédéral 2001 pour des fins de confidentialité.

² Les autres régions sont le Saguenay-Lac-Saint-Jean, la Côte-Nord et Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

³ Le total inclut toutes les régions du Québec.

Les pratiques de pulvérisation demeurent somme toute marginales. La culture de la canneberge représente à elle seule 24% des besoins en eau pour l'agriculture et est concentrée dans le Centre-du-Québec.

Le Tableau 3-10 détaille les volumes d'eau prélevés par source d'approvisionnement, par région du Québec à l'étude. L'eau utilisée pour les pratiques agricoles provient en grande partie des étangs de ferme (40,6%) et des rivières et des lacs (35,4%). Les autres sources sont les puits, l'aqueduc ou autres. Les eaux souterraines sont la source d'approvisionnement des puits (14%).

Les eaux de surface représentent celles des lacs et rivières (35%). On ne peut faire de distinction quant à la source d’approvisionnement de l’aqueduc (4%) et des étangs de ferme (40%), qui est soit de l’eau souterraine, de l’eau de pluie ou de l’eau de surface. L’Estrie est la région qui utilise le plus le puits de ferme comme source d’approvisionnement pour l’irrigation (35,3%) et l’eau de l’aqueduc en second lieu (17,6%). L’Abitibi-Témiscamingue/Nord-du-Québec, l’Outaouais, la Mauricie, le Centre-du-Québec et Chaudière-Appalaches s’approvisionnent majoritairement à même les cours d’eau (rivière ou lac) tandis que les régions de Lanaudière, Laurentides, Montérégie, Capitale-Nationale et Bas-Saint-Laurent privilégient les étangs de ferme (eaux de surface, eaux souterraines) comme source principale d’approvisionnement.

Tableau 3-10. Quantité d’eau prélevée selon les sources d’approvisionnement en eau pour l’irrigation des productions végétales par région du Québec à l’étude, en 2001 (BPR, 2003).

Région	Code régional	Puits de ferme	Aqueduc	Rivière ou lac	Étang de ferme	Autres
Bas-Saint-Laurent	01	4,1	4,1	20,2	36,3	4,1
Capitale-Nationale	03	12,1	7,2	19,3	101,1	2,4
Mauricie	04	1,6	3,2	24,4	8,1	0,0
Estrie	05	25,2	12,6	12,6	12,6	8,4
Montréal/Laval	06/13	12,9	12,9	25,9	103,4	0,0
Outaouais	07	5,2	5,2	36,5	26,0	0,0
Abitibi-Témiscamingue	08	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0
Chaudière-Appalaches	12	24,1	4,8	91,6	33,7	9,7
Lanaudière	14	33,2	16,2	555,1	197,5	49,3
Laurentides	15	21,4	0,0	57,1	107,3	7,1
Montérégie	16	298,7	53,6	316,1	582,7	88,4
Centre-du-Québec	17	9,6	12,8	51,2	28,8	6,1
Total ¹		475,1	135,3	1 082,7	1 285,6	169,3

¹ La somme des colonnes et des lignes est inférieure ou égale aux totaux inscrits dans le tableau car les totaux incluent des valeurs qui ne sont pas présentées dans la base de données du recensement fédéral 2001 pour des fins de confidentialité.

Au total, les besoins en eau pour la production animale s’élèvent à plus de 54 millions de mètres cube par an; ceux pour la production aquicole s’élèvent à près de 72,5 millions de mètres cubes par an, soit une fois et demie les besoins de la production animale. Le Tableau 3-11 résume les quantités d’eau utilisées pour fins d’élevage par région du Québec à l’étude.

Tableau 3-11. Quantité d'eau nécessaire par type d'élevage par région du Québec à l'étude, en 2001 (BPR, 2003).

Région	Code rég.	Production animale					Production aquicole	
		Ovin	Bovin	Porcin	Avicole	Autres	Total ¹	Total
(milliers de m ³ /an)								
Bas-St-Laur.	01	312,0	2 842,0	599,5	9,3	28,6	3 790,5	3 205,8
Cap.-Nat.	03	17,2	932,0	373,5	139,0	19,8	1 481,4	1 424,7
Mauricie	04	21,6	1 457,8	775,3	139,8	27,7	2 422,3	11 394,8
Estrie	05	103,3	3 259,2	1 321,1	18,7	61,0	4 763,3	33 941,0
Mont./Lav.	06/13	1,6	35,2	x	0,0	4,2	41,1	x
Outaouais	07	38,6	1 383,0	27,0	1,1	41,9	1 491,7	5 540,3
Abit-Témis.	08	89,8	1 280,8	37,0	0,0	19,1	1 426,7	x
Chaud.-App.	12	72,2	5 667,3	5 869,9	516,3	74,3	12 203,9	7 079,3
Lanaudière	14	24,3	1 111,2	1 339,0	447,4	40,5	2 962,5	416,0
Laurentides	15	15,6	1 075,3	161,9	42,4	69,0	1 365,2	5 493,7
Montérégie	16	99,4	5 899,8	6 757,7	829,1	155,4	13 741,5	2 586,2
C.-du-Qué.	17	77,8	4 596,8	2 998,5	402,5	95,4	8 171,0	1 453,2
Total ¹		914,7	29 540,5	20 273,2	2 523,1	675,0	54 024,6	72 535,0

¹ La somme des colonnes et des lignes est inférieure ou égale aux totaux inscrits dans le tableau car les totaux incluent des valeurs qui ne sont pas présentées dans la base de données du recensement fédéral 2001 pour des fins de confidentialité.

3.4.1.3 Vulnérabilité aux changements climatiques

La vulnérabilité du secteur agricole aux changements climatiques est complexe, puisque ce secteur dépend à la fois des variables climatiques directes et indirectes, des variables économiques (le marché), des technologies et de la capacité d'adaptation. L'effet des changements climatiques se fait déjà sentir au sein de la communauté agricole, d'autant plus que l'agriculture est extrêmement sensible aux variations climatiques de température et de précipitation. Face à des températures plus chaudes, des conditions plus sèches ou plus humides, une augmentation de la fréquence des événements extrêmes et des conditions du marché changeantes, les impacts du climat projeté sont tantôt positifs, tantôt négatifs. Le Tableau 3-12 énumère les avantages et les inconvénients des changements climatiques sur l'agriculture et les impacts sur la demande en eau.

Tableau 3-12. Avantages et les inconvénients des changements climatiques sur l'agriculture et les impacts sur la demande en eau (Gouvernement du Canada, 2004).

	Facteurs climatiques	Impacts sur la demande en eau
Avantages		
Augmentation de la productivité	Températures plus chaudes; Augmentation du CO ₂ dans l'atmosphère	Pertes d'eau via les aliments exportés;
Prolongation de la saison de croissance	Températures plus chaudes; Couvert nival moins épais; Fonte hâtive	Besoins en eau sur une plus longue période
Inconvénients		
Augmentation des infestations d'insectes, des mauvaises herbes	Températures plus chaudes	Augmentation des arrosages (pesticides, herbicides)
Dommages causés aux cultures	Températures extrêmes; Chaleur intense, prolongée	Nécessité de passer à l'irrigation pour combler le déficit hydrique

Si les superficies totales destinées aux usages agricoles ont légèrement diminué entre 1986 et 2006, leur proportion en culture a augmenté, tel que décrit au Tableau 3-13. On assiste depuis quelques années à une utilisation accrue des terres pour la production agricole au détriment des pâturages et cette tendance pourrait se poursuivre.

Tableau 3-13. Évolution de la superficie agricole totale et de la superficie agricole cultivée au Québec, entre 1986 et 2006 (Statistique Canada, 2006).

	1986	1991	1996	2001	2006
Superficie irriguée (ha)		21 864	33 991	21 998	24 849
Superficie agricole totale (ha)	3 638 801	3 429 610	3 456 213	3 417 026	3 462 935
Superficie agricole cultivée (ha)	1 744 396	1 638 453	1 738 811	1 849 938	1 933 274

Le développement de l'agriculture dépend beaucoup de la disponibilité et de la qualité de l'eau. Face à la compétitivité accrue des marchés mondiaux et face aux changements climatiques, l'irrigation demeure une nécessité pour plusieurs entreprises agricoles qui doivent atteindre les rendements escomptés tout en composant avec les aléas du climat. L'industrie de la transformation est de plus en plus exigeante en termes de quantité et de qualité ce qui pousse les producteurs à recourir à l'irrigation pour mieux satisfaire à la demande. Le climat est un facteur déterminant pour l'agriculture; une augmentation des températures joue directement

sur les pratiques culturales. Au Québec, le nombre de producteurs qui irriguent augmente tout comme le nombre de forage de puits, de creusages d'étangs de ferme et de barrages sur les cours d'eau (Sauriol, 2003). Les superficies en cultures irriguées augmentent à l'instar des doses requises pour l'irrigation, pour une même culture (BPR, 2003). Une demande accrue au niveau de la salubrité des aliments génère une pression plus forte sur l'approvisionnement en eau souterraine, reconnue de meilleure qualité que l'eau de surface. Par conséquent, les besoins en eau, tant en quantité qu'en qualité, s'intensifient avec la propagation de cette pratique culturale.

Des conflits d'usages surgissent nécessairement, particulièrement en été au moment où la disponibilité en eau baisse tandis que la demande augmente. L'incidence possible des étiages prolongés sur les réserves d'eau est accrue, laissant vulnérables les utilisateurs dépendant davantage des eaux de surface ou, à plus long terme, des aquifères pour s'approvisionner en eau. Par exemple, les exploitants de l'aquifère du secteur résidentiel rivalisent avec ceux du secteur agricole sur la question de l'approvisionnement en eau potable. Un autre exemple est celui de la pollution diffuse provenant de la sur-fertilisation agricole, qui rappelle qu'une municipalité s'approvisionnant à même une réserve d'eau polluée par l'activité agricole intense devra traiter davantage son eau pour rencontrer les exigences de salubrité et aussi, assumer le coût supplémentaire de ces traitements pour répondre à la demande en eau. Plusieurs exemples de conflits d'usage, d'origine agricole ou autre, sont observés dans les différentes régions du Québec et résumés plus loin, au Chapitre 4.

La sécheresse et la chaleur extrême nuisent aux exploitations d'élevage. Malgré l'importance de ce secteur d'activité, peu d'études ont été menées pour connaître l'impact des changements climatiques sur la production animale. Les températures chaudes sont évidemment un avantage en saison hivernale, réduisant les frais de chauffage des bâtiments, diminuant les besoins en nourriture et améliorant la survie des jeunes. Par contre, on anticipe des difficultés majeures en été tandis que la chaleur accablante causerait la mort de plusieurs bêtes. La production laitière est fortement affectée par les hautes températures. En effet, le bétail a moins d'appétit et produit moins de lait. Par contre, avec les augmentations de CO₂ envisagées, des études ont démontré une augmentation significative de la production dans les pâturages (Gouvernement du Canada, 2004). On est généralement optimiste sur la capacité de la production animale à s'adapter aux changements climatiques, particulièrement à la hausse des températures.

L'étendue de la production à travers la province démontre bien qu'il est possible de faire l'élevage sous différentes conditions climatiques (Gouvernement du Canada, 2004).

3.4.1.4 Stratégies d'adaptation

Certaines espèces de plantes, certaines pratiques agricoles et certaines fermes sont plus vulnérables que d'autres aux changements climatiques. La robustesse d'une production agricole repose sans doute dans sa capacité à s'adapter, à changer de culture ou de mode de production ou à modifier son équipement agricole en fonction de nouveaux besoins, par exemple. Environnement Canada (2004c) propose quatre mesures pour atténuer la menace des changements climatiques sur l'utilisation de l'eau à des fins agricoles : 1) incorporer les pratiques agricoles pertinentes aux plans de gestion intégrée des bassins hydrographiques pour tenir compte des nombreuses utilisations; 2) promouvoir la réutilisation de l'eau lorsque c'est possible, y compris l'utilisation des eaux usées urbaines par l'agriculture, notamment les eaux provenant des industries de la transformation et de la conserve; 3) élaborer des systèmes d'aide à la décision ainsi que pour le traitement de l'information afin d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau ainsi que la compréhension de la disponibilité des eaux souterraines et de leur vulnérabilité aux pratiques agricoles; 4) incorporer des processus pour réduire les effets de la variabilité climatique sur les besoins en eau.

La gestion de l'eau figure donc en tête des stratégies d'adaptation les plus intéressantes suggérées par les agriculteurs, après quoi suit l'identification de cultures ou variétés mieux adaptées aux conditions actuelles et futures. La disponibilité de l'eau, sa répartition, l'intensité des précipitations et leur forme sont autant de facteurs qui affectent l'industrie agricole. L'eau est responsable de 51% des réclamations à la Financière agricole du Québec : déficit en eau (15%), surplus d'eau (14%), grêle (14%), fréquence et intensité des précipitations (8%) (Bryant *et al.*, 2007). La température, ses extrêmes et sa distribution au cours de l'année sont responsables de 40% dégâts : gel précoce et tardif (25%), température excessivement chaude (9%), température anormalement froide (4%), absence de période prolongée de températures chaudes (2%). Les autres réclamations sont liées au vent (6%) et au faible niveau de radiation solaire (3%). Les réclamations sont liées fortement au climat et pourraient aller en augmentant en fonction des changements prévus au climat, dû aux événements extrêmes : déficit en eau, grêle, surplus d'eau, température excessivement chaude, fréquence et intensité des précipitations. L'élévation de la température pourrait faire grimper les réclamations au niveau

de l'excès de température chaude, mais ferait certainement baisser d'autres types de réclamation liées au froid. Il n'y a pas lieu de penser que les réclamations de gel précoce et tardif changent puisque si la saison de croissance s'allonge, les risques encourus au début et à la fin de celle-ci demeurent. Au chapitre des préoccupations des agriculteurs, les faibles températures, le gel précoce ou encore tardif, les aléas de la température et la chaleur extrême comptent pour respectivement 15 %, 10%, 9% et 6% (Bryant *et al.*, 2007). Les producteurs agricoles ont déjà commencé à s'adapter aux conditions climatiques en changeant le type de culture, le type et la densité du semis, les techniques de drainage pour conserver l'eau. Cependant, l'irrigation ne figure pas sur la liste des mesures d'adaptation (Bryant *et al.*, 2007). L'intérêt de développer des stratégies d'adaptation varie également d'une région à l'autre. Tandis que les agriculteurs de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, plus marginale, reconnaissent le besoin de développer une stratégie d'adaptation aux conditions climatiques extrêmes, ceux des régions du Centre-du-Québec et de la Montérégie ont des préoccupations différentes, d'ordre plutôt économique. Quant aux effets perçus des changements climatiques, les producteurs anticipent des conflits avec leurs voisins sur la question de l'usage de l'eau. La Financière agricole du Québec, quant à elle, entrevoit la possibilité de délaissier l'assurance de certaines espèces plus sensibles à l'apport en eau et aux variations de températures menant éventuellement à leur abandon.

3.4.1.4.1 Réglementation et programmes

Une réglementation sur les prélèvements d'eau par l'octroi de permis est un pas vers l'accroissement des connaissances et de la mise en valeur de l'eau en ce qui a trait aux prélèvements effectués par les différents utilisateurs. Au Québec, les grands préleveurs sont ciblés dans un premier temps par le *Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau*. Il s'agit d'une première étape vers une gestion efficace de l'utilisation de l'eau. Toutefois, le secteur agricole échappe à cette réglementation, étant exclue de ce recensement. Pourtant, les quantités d'eau utilisées à des fins agricoles sont considérables et le retour d'eau au bassin versant, faible. Les études effectuées par Statistique Canada (2001) démontrent le poids de cette industrie dans l'utilisation de l'eau. D'un autre côté, le secteur agricole est tenu de rendre des comptes dans le cadre de l'*Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent* (Conseil des gouverneurs des Grands Lacs, 2005) et devra obligatoirement fournir un état de ses prélèvements.

Les plans d'accompagnement en agroenvironnement comportent un volet sur l'utilisation efficace de l'eau. Ces programmes, financés par l'entente fédérale-provinciale *Cultivons l'Avenir* et mis en application par les consultants des clubs agroenvironnementaux, ont l'avantage d'informer directement les producteurs membres des technologies et des pratiques culturales conservatrices qui sont appropriées à leur région. Par conséquent, ce mécanisme permet la mise en place de mesures adaptées à une région donnée pour en améliorer efficacement les conditions environnementales.

À l'inverse, des mesures de soutien à l'agriculture fondées sur la production sont susceptibles d'encourager une utilisation moins efficace de l'eau, d'engendrer la pollution diffuse et d'aggraver les inondations. À titre d'exemple, les pays de l'OCDE ont dans une certaine mesure réduit le niveau du soutien et découplé celui-ci de la production et de l'utilisation d'intrants (dont l'eau et l'énergie). Ces réformes se traduisent par une utilisation plus efficace de l'eau, une meilleure adaptation à la rareté de l'eau et une diminution de la pollution en dehors des exploitations (OCDE, 2010). Parmi les mesures proposées par la *Stratégie d'adaptation aux changements climatiques du Québec 2013-2020* (Gouvernement du Québec, 2012), à l'objectif 12, une aide financière est offerte à des projets contribuant à l'amélioration de la résilience du secteur agricole et à la conservation des ressources en lien avec les changements climatiques. Les programmes d'assurances tiendront compte des mesures mises en place favorisant l'adaptation aux changements climatiques.

En ce qui a trait à la production aquicole, des normes resserrées, notamment sur l'utilisation de l'eau souterraine et une surveillance accrue des piscicultures devraient garantir la stabilisation de cette activité et permettre une meilleure utilisation de l'eau.

3.4.1.4.2 Gestion et conservation de la ressource en eau

Certaines mesures d'adaptation favorisent l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour atténuer l'impact des changements climatiques sur les besoins en eau de notre agriculture, par exemple : l'accès à des technologies plus conservatrices de l'eau (systèmes d'irrigation optimisés; construction de réservoirs privés ou communautaires alimentés à l'eau de pluie, l'eau de rivière ou l'eau souterraine pour subvenir à la demande; stockage de l'eau de drainage), des pratiques culturales qui utilisent moins d'eau (pratiques de conservation du sol, donc moins de travail du sol; monitoring du déficit en eau pour l'irrigation selon les besoins; meilleurs outils de prévision

météo pour procéder à l'irrigation en prévention du gel; meilleure connaissance des seuils climatiques) et l'accès à l'eau souterraine pour pallier aux manques d'eau en surface. Une autre mesure nous paraît fort pertinente, c'est la prévision de l'eau disponible.

Certaines régions du Québec présentent des problématiques d'approvisionnement en eau, principalement liées aux besoins d'irrigation des cultures de plein champ (BPR, 2003), par exemple : la MRC de Kamouraska dans le Bas-Saint-Laurent, l'Île d'Orléans dans la Capitale-Nationale, les MRC de l'Islet et de Bellechasse dans Chaudière-Appalaches, les régions de Lanaudière et de la Montérégie. Ces problématiques sont amplifiées dans les régions pratiquant la culture maraîchère de façon intensive..

Pour conserver une disponibilité d'eau en tout temps et à proximité, plusieurs producteurs aménagent des réserves d'eau à la ferme plutôt que de prélever l'eau à même les eaux de surface ou les eaux souterraines de leur propriété. L'incidence de ces réservoirs sur l'environnement est mineure. Cependant, leur gestion n'est souvent pas optimale, tant au niveau du dimensionnement, de la configuration, de l'imperméabilisation et du contrôle des pertes (BPR, 2003). De plus, une gestion locale des réserves d'eau, c'est-à-dire par l'aménagement d'un étang pour chaque ferme, est loin d'être optimale. Afin d'augmenter la réserve d'eau disponible et de creuser moins de puits, il faut songer à utiliser des sites collectifs comme des carrières désaffectées ou des zones plus basses où l'on pourrait stocker le surplus d'eau (Sauriol, 2003) et ainsi desservir un plus grand nombre de fermes à coûts moindres. En Ontario, on rapporte que certains systèmes d'irrigation communautaires sont déjà en place. Les systèmes d'irrigation communautaires constituent des mécanismes de gestion de l'eau qui permettent à des groupes d'agriculteurs d'accéder à des sources d'eau plus disponibles plutôt qu'à des sources plus vulnérables ou à des sources d'eau plus petites se trouvant sur leur propriété (MRN, 2003). Si l'aménagement des étangs de ferme permet de conserver l'eau et de la rendre disponible sur demande, leur recharge se fait majoritairement depuis la nappe d'eau souterraine, via un puits.

Si au printemps les producteurs tentent d'évacuer le plus rapidement possible l'eau afin de travailler leur terrain, cette eau devient un bien précieux au milieu de l'été, lorsque la plante achève sa croissance. Pour assurer une disponibilité d'eau dans ces périodes critiques, des barrages sont érigés sur les rivières afin de ralentir leur débit et d'augmenter les réserves d'eau. Un autre moyen consiste à garder l'eau dans le sol en faisant du drainage contrôlé : au lieu

d'évacuer toute l'eau du champ, on évacue seulement le surplus d'eau dans le premier mètre du sol. Des réserves d'eau existent naturellement dans les boisés, mais elles sont sacrifiées au profit de superficies cultivables. Selon Luc Brodeur, agronome, « *certaines zones déboisées retenaient l'eau comme une éponge et la rendaient progressivement durant l'été. Maintenant, ces terres sont cultivées.* » (Radio-Canada, 2003). Notons que depuis 2004, on interdit l'augmentation des superficies cultivées en bassin versants dégradés (*Règlement sur les exploitations agricoles*, article 50.3).

Une gestion efficace du dosage de l'eau destinée à l'irrigation des productions agricoles permettant d'appliquer la bonne quantité d'eau au bon moment est garante d'une meilleure utilisation de la ressource en eau. Cela passe nécessairement par des systèmes d'irrigation de grande précision, tels que le système goutte-à-goutte dont les installations sont au ras du sol et réduisent de près de 30% les pertes d'eau, ou encore la micro-aspersion, un nouveau système qui fait le compromis entre l'aspersion et le goutte-à-goutte. De plus en plus de producteurs qui irriguent se dotent de systèmes goutte-à-goutte, bien que la majorité irrigue par aspersion (canon ou gicleur). Peu importe le système d'irrigation utilisé, les gaspillages sont limités par des canalisations efficaces qui engendrent peu ou pas de pertes. Les contraintes d'ordre économique (coûts énergétiques, de la main d'œuvre et des réserves d'eau) forcent les utilisateurs d'eau pour des fins d'irrigation à en limiter l'usage. Bien que certains producteurs s'en remettent à une interprétation empirique des éléments du climat pour démarrer un processus d'irrigation – par exemple en tâtant une poignée de terre, en surveillant les signes visibles tels que les taches ou l'assèchement des feuilles, tout en s'appuyant sur les événements pluvieux précédents et à venir – plusieurs producteurs se tournent vers l'instrumentation de surveillance pour déterminer plus précisément les besoins en eau des cultures et ainsi faire un usage efficace des systèmes d'irrigation et de l'eau disponible. En établissant le bilan hydrique du système sol/plante à l'aide d'une instrumentation adéquate, les besoins en eau peuvent être définis sur une base aussi fine qu'intra-journalière. Les technologies d'instrumentation utilisées conjointement avec des systèmes d'irrigation efficaces sont garants d'une meilleure utilisation de la ressource en eau pour des fins d'irrigation.

D'autres stratégies ont été proposées pour conserver davantage la ressource en eau. Le recyclage de l'eau, par exemple l'eau de drainage au printemps qui est entreposée pour l'été, est une avenue qui permet de réduire l'utilisation d'eau tout en la filtrant pour éliminer les

rejets de fertilisants dans l'environnement. Actuellement, on déplore le manque d'information des producteurs qui irriguent. Cette carence est malheureusement la source d'un important gaspillage d'eau dans ce secteur d'activités parce que la pratique de l'irrigation préconise souvent l'abondance (en mettre plus que pas assez), ce qui laisse place à une grande perte.

Étant donné la hausse des températures, certaines mesures peuvent être adoptées pour réduire l'utilisation d'eau à des fins d'élevage, notamment pour l'abreuvement des animaux. Pour améliorer le confort des animaux et des humains vivant sur la ferme, on suggère dans la littérature la plantation d'arbres pour apporter de l'ombre près des bâtiments et des habitations de fermes (Clément, 2005) et l'isolation des bâtiments. De la problématique agricole liée à l'élevage apparaît la nécessité de produire de la nourriture via les pâturages et les grandes cultures. Avec les changements climatiques en cours, certaines cultures pourraient être délaissées au profit d'autres, plus résistantes aux températures accrues et aux périodes de sécheresse intensifiées. Des cultures ayant de meilleurs rendements sous les conditions climatiques attendues garantissent une source de nourriture adéquate pour les animaux d'élevage. L'adaptation par des choix de cultures plus résistantes peut se faire en fonction de différents indicateurs bioclimatiques, tels que les Unités thermiques du maïs (UTM). Par exemple, on peut faire la culture du maïs, du sorgho et du millet (C4) qui ont de meilleurs rendements que les graminées vivaces (C3) traditionnelles (Clément, 2005). Un choix éclairé permettrait, du moins à moyen terme, de ne pas avoir recours à l'irrigation des cultures de plein champ destinées aux animaux. La sélection des espèces doit dorénavant reposer sur leur exigence moindre en eau par kilogramme de matière sèche produite et un enracinement plus profond pour utiliser au maximum l'eau du profil du sol. Le Tableau 3-14 présente les principales cultures utilisées pour la production de nourriture destinée aux animaux d'élevage par ordre croissant de quantité d'eau nécessaire pour produire 1 kg de matière sèche.

Tableau 3-14. Quantité d'eau nécessaire pour produire 1 kg de matière sèche (CPVQ, 1993).

Culture	Besoins en eau
Sarrasin	0.240
Blé	0.245
Millet	0.280
Sorgho	0.305
Maïs	0.349
Orge	0.517
Pomme de terre	0.575
Avoine	0.583
Seigle	0.634
Soya	0.646
Luzerne	0.849

Toujours en vue d'augmenter les rendements, en même temps qu'on essaie d'éviter le passage au mode d'irrigation, les pratiques suivantes sont à considérer pour une meilleure gestion de l'eau : rotation des cultures longues (foin et pâturages), respect des périodes de repos, diversification des cultures, semis hâtif des céréales. Finalement, en réduisant la vitesse du vent, on peut possiblement réduire l'évapotranspiration. Une façon d'y parvenir est de planter des brise-vent et des lignes de boisés aux abords des champs.

On connaît mal le développement de l'industrie des terrains de golf et si les changements au climat feront grimper cette activité au Québec, entraînant ainsi une hausse des besoins en eau pour l'irrigation et la fertilisation.

3.5 L'approvisionnement autonome industriel

L'approvisionnement autonome industriel concerne les industries des secteurs primaire et secondaire : les mines, les manufactures, la métallurgie, le pétrole, l'industrie chimique, etc. L'utilisation de l'eau est plus ou moins élevée selon la nature de l'industrie et les technologies sélectionnées. La demande en eau du secteur industriel présentée dans cette section considère uniquement les industries ayant leur propre système d'approvisionnement en eau. Les industries qui sont branchées aux réserves municipales d'eau ne sont pas prises en compte ici et ont plutôt été traitées à la Section 3.2. De manière générale, la distribution de l'utilisation faite de l'eau correspond, jusqu'à un certain point, à la répartition de la population. Cependant, les valeurs élevées observées dans certains bassins hydrographiques situés loin des grands centres s'expliquent par la présence d'une industrie de la transformation, grande consommatrice d'eau.

3.5.1 Statistiques générales

Ce secteur d'activités, pour des raisons économiques, connaît précisément ses besoins en eau. En effet, les entreprises qui utilisent l'eau encourent nécessairement des frais pour le fonctionnement de leurs installations qui prélèvent, traitent, filtrent l'eau (Rousseau, 2009). Bien qu'ayant les outils nécessaires pour évaluer leur utilisation de l'eau, ces industries sont parfois réticentes à divulguer l'information sur leur volume d'eau utilisé.

L'utilisation industrielle de l'eau est souvent associée à celle des industries de la fabrication (manufactures) qui constituent l'une des principales catégories d'utilisateurs industriels au Canada puisqu'elles représentent environ 91 % de l'utilisation industrielle d'eau. Les 9% restants vont à l'utilisation pour l'industrie minière (Statistique Canada, 2010b). Dans la littérature, on divise l'industrie en trois catégories pour faciliter la compilation des statistiques, soit l'industrie de la fabrication (manufactures), l'industrie minière et les centrales thermoélectriques parmi lesquelles on range également les centrales nucléaires. Selon la classification SCIAN de Statistique Canada, on peut fractionner l'industrie manufacturière en onze sous-catégories (voir Annexes A et C) : agroalimentaire, boissons, minéraux, produits chimiques, papiers et produits connexes, bois, textile, produits électriques, machines, raffineries et autres manufactures (Rousseau, 2009).

D'après Ressources naturelles Canada (1999), l'utilisation de l'eau par l'industrie est de 0,056 mètre cube (56 litres) par personne par jour, pour le bassin de drainage océanique de

l'Atlantique qui couvre le territoire de l'est du Canada jusqu'au nord des Grands Lacs. Cela représente environ 151 millions de mètres cubes par an. Cette donnée n'est pas exclusive à la catégorie dont il est question dans ce rapport puisqu'elle regroupe les industries qui utilisent l'eau à la fois du réseau public et de sources autonomes. À titre de comparaison, l'utilisation d'eau municipale est de 0,591 mètre cube par personne par jour (Maillot, 2008). Nous verrons dans la prochaine section qu'il en est autrement pour les régions ciblées par cette étude.

Au Canada, 20,1 % des prélèvements d'eau pour l'industrie de la fabrication sont effectués au Québec, tandis que l'Ontario consomme la plus grande part de cette eau, soit 46,0 %. Par bassin de drainage, les plus grands prélèvements se font dans le bassin des Grands-Lacs et du fleuve Saint-Laurent (59,9 %). Les industries les plus grandes utilisatrices d'eau sont les industries des métaux de première transformation (33,3 %); ensuite, viennent les industries chimiques (20,0 %) et les industries du papier (18,1 %) (Statistique Canada, 2010). Le coefficient de consommation moyen des industries canadiennes est de 9,5 %. Celui des industries québécoises est de 3,2 %. En ce qui a trait spécifiquement à l'industrie manufacturière du Québec, c'est l'industrie du papier qui prélève la plus grande quantité d'eau (37,7 %), suivies des industries de première transformation des métaux (33,2 %), des industries chimiques (9,2 %), des industries du pétrole et du charbon (8,0 %) et des industries des aliments (5,8 %).

En ce qui a trait à l'industrie minière, les prélèvements d'eau sont effectués majoritairement par les mines métalliques. L'eau d'évacuation est supérieure au prélèvement puisque de nombreux établissements doivent drainer l'eau souterraine de leurs mines avant de pouvoir exploiter celles-ci. Selon l'étude menée par l'USGS (Shaffer and Runkle, 2007), le coefficient de consommation de l'industrie minière pour les états américains du bassin des Grands Lacs et les provinces et les états climatiquement similaires se situe autour de 10 à 14 %. Celui du Québec est plus près de 14 %. La consommation d'eau dépend du type d'exploitation minière. Le Tableau 3-15 présente les principaux minerais exploités au Québec.

Tableau 3-15. Mines en production au Québec, sur le territoire de l'Entente (Institut de la statistique du Québec, 2011).

Région	Code régional	Exploitation	Type
Mauricie	04	Mica	Mine à ciel ouvert
Estrie	05	Chrysotile ¹	Mine à ciel ouvert
Montérégie		Bioxyde de titane et fer de refonte	Usine de traitement
		Mica	Usine de traitement
Outaouais	07	Graphite	Mine à ciel ouvert
Abitibi-Témiscamingue	08	Or et argent	Mine souterraine
		Or et argent	Mine à ciel ouvert
		Or, argent, zinc, cuivre	Mine souterraine
Chaudière-Appalaches	12	Chrysotile ¹	Mine à ciel ouvert

¹ Ces mines ne sont plus en exploitation au Québec.

3.5.2 Demande en eau

Le Tableau 3-16 présente les paramètres de l'utilisation de l'eau par l'industrie manufacturière par territoire, selon l'utilisation faite de l'eau et la source d'approvisionnement. Le rejet désigne l'eau remise au bassin après avoir été exploitée par l'établissement. La consommation (l'eau prélevée moins l'eau évacuée) donne une indication de la quantité d'eau perdue en cours de production, le plus souvent parce qu'elle a été incluse dans les produits ou qu'elle s'est évaporée. Le coefficient de consommation (CC) correspond au volume d'eau consommée exprimé en pourcentage de l'eau prélevée.

Tableau 3-16. Paramètres de l'utilisation de l'eau dans l'industrie manufacturière par territoire, en 2007 (Statistique Canada, 2010b).

Région	Prélèvement	Rejet	Consommation ¹	CC (%)
	(millions de m ³ /an)			
Canada	5 219,0	4 725,0	494,0	9,5
Grands-Lacs Saint-Laurent	3 126,5	2 870,1	256,4	8,2
Québec	1 046,8	1 013,7	33,1	3,2
Ontario	2 402,7	2 177,9	224,8	9,4

¹ Consommation : prélèvement moins rejet.

Le Tableau 3-17 présente la demande en eau pour chacun des sous-secteurs manufacturiers au Canada, en 2007. Au Canada, les prélèvements totaux du secteur manufacturier, excluant la production thermoélectrique, étaient de 5 219,0 millions de mètres cube en 2007 (Statistique Canada, 2010b). Pour le Québec seulement, les prélèvements totalisaient 1 833,1 millions de mètres cube en 2005 (Environnement Canada, 2010a). L'intensité d'utilisation de l'eau a

diminué dans tous les sous-secteurs manufacturiers jusqu'en 2005 et devrait continuer ainsi jusqu'en 2030. Dans le sous-secteur des pâtes et papier, elle a diminué entre 1981 et 1996 et devrait demeurer stable jusqu'en 2030 (Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 2011). Une analyse plus fine au niveau des régions du Québec à l'étude est présentée plus loin.

Tableau 3-17. Paramètres de l'utilisation de l'eau dans l'industrie manufacturière par type industrie¹ au Canada (Statistique Canada, 2010b).

Secteur	Prélèvement		Rejet		Coefficient de consommation (%)	
	(millions de m ³ par an)				1996	2007
	1996	2007	1996	2007		
ALI	269,5	302,1	240,0	265,2	10,9	12,2
BPT	73,1	65,2	56,2	48,8	23,1	25,2
UTE	86,7	5,0	84,6	4,5	2,1	10,0
UPT	15,0	2,8	12,9	2,3	14,1	17,9
PBO	45,1	88,7	33,0	74,7	12,1	15,8
PAP	2 241,3	1 966,7	2 207,0	1 877,1	8,9	4,6
PPC	370,5	416,0	348,0	372,6	8,1	10,4
PCP	25,6	505,7	23,3	403,3	8,9	20,2
PMN	102,3	39,8	83,1	26,3	18,7	33,9
PME	19,4	27,0	18,4	24,5	5,6	9,3
PTM	1 423,0	1 731,8	1 303,0	1 567,3	8,4	9,5
MAC	–	5,0	–	4,2	–	16,0
PIE	–	6,6	–	6,2	–	6,1
MAE	–	4,8	–	2,4	–	50,0
MTR	65,4	23,2	46,4	21,2	29,0	8,6
ADF	–	5,5	–	5,1	–	7,3
TOM	6 038,3	5 219,0	5 486,7	4 725,0	9,1	9,5
TOT ²	28 749,0	–	28 241,0	–	1,8	–

¹ Les abréviations sont décrites à l'Annexe C.

² Le dernier total inclut la production thermoélectrique.

L'approvisionnement est assuré principalement par des réseaux privés d'eau douce de surface. C'est particulièrement le cas pour les grands utilisateurs. Les plus petits établissements, qui constituent la majorité des établissements manufacturiers au Canada, s'approvisionnent principalement auprès des services publics en grande partie parce que les économies d'échelle ne justifient pas la construction d'installations d'approvisionnement en eau privées à l'extérieur du réseau municipal. Le Tableau 3-18 décrit la source d'alimentation des industries du secteur manufacturier au Canada.

Tableau 3-18. Source de l'eau prélevée par l'industrie manufacturière par territoire, en 2007 (Statistique Canada, 2010b).

Région	Aqueduc	Auto-alimentation			Total
		Eau de surface	Eau souterraine	Total	
		(millions de m ³ /an)			
Grands-Lacs Saint-Laurent	363,2	2 698,1	34,4	2 763,3	3 126,5
Québec	159,4	850,4	37,0	887,4	1 046,8
Ontario	222,6	2 135,0	19,9	2 154,9	2 402,7

Les besoins en eau du secteur industriel sont difficiles à quantifier puisque si les industries, pour des raisons économiques, connaissent bien leurs besoins en eau, elles ne sont tenues de divulguer leurs prélèvements que depuis l'entrée en vigueur du *Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau* (2009). De plus, ce règlement vise des prélèvements dont le volume moyen est supérieur à 75 mètres cubes par jour. Le portrait socio-économique de chacune des régions à l'étude permet de donner un aperçu des industries qui sont priorisées ainsi que l'utilisation faite de l'eau. Ce portrait ne fait cependant pas la distinction de la source d'eau, à savoir municipal ou autonome. Un portrait de la diversité économique des régions à l'étude est dressé dans les cinq prochains tableaux. Ces tableaux (3-19 à 3-23) décrivent les secteurs économiques, le nombre d'établissements, l'indice de développement économique et la répartition des établissements manufacturiers des régions du Québec à l'étude.

Tableau 3-19. Portrait économique par région du Québec à l'étude (Développement économique, innovation et exportation Québec, 2010).

Région	No	Poids économique (%)	Secteur primaire (%)	Secteur construction (%)	Secteur fabrication (%)	Secteur tertiaire (%)	Type de région
Bas-St-Laur.	01	2,1	16,0	8,3	5,0	70,7	Ressource
Cap.-Nation.	03	9,6	3,1	10,2	5,4	81,3	Urbaine
Mauricie	04	2,7	7,3	11,0	6,7	74,9	Manufacturière
Estrie	05	3,2	8,1	12,2	7,4	72,3	Urbaine
Montréal	06	35,1	0,3	5,3	6,6	87,8	Urbaine
Outaouais	07	5,4	3,4	15,6	3,4	77,6	Urbaine
Abitibi-Témis.	08	1,8	11,9	8,0	4,7	75,4	Ressource
Chaud.-App.	12	4,4	13,9	13,0	8,2	64,9	Manufacturière
Laval	13	4,1	0,9	13,6	6,4	79,0	Urbaine
Lanaudière	14	3,5	5,7	20,2	6,3	67,8	Manufacturière
Laurentides	15	5,4	3,5	18,5	5,9	72,2	Manufacturière
Montérégie	16	15,4	5,9	14,1	6,6	73,5	Manufacturière
C.-du-Qué.	17	2,7	15,4	11,2	9,4	63,9	Manufacturière

Tableau 3-20. Nombre d'établissements et proportion du total par taille, par région du Québec à l'étude (Développement économique, innovation et exportation Québec, 2010).

Région	No	Nombre d'établissements	De 1 à 4 employés (%)	De 5 à 49 employés (%)	De 50 à 199 employés (%)	200 et + employés (%)
Bas-St-Laur.	01	7 945	54,0	42,8	2,7	0,5
Cap.-Nation.	03	20 080	46,6	47,5	4,8	1,1
Mauricie	04	7 814	48,7	46,9	3,7	0,7
Estrie	05	9 704	51,4	44,4	3,5	0,7
Montréal	06	60 456	49,2	44,4	5,0	1,4
Outaouais	07	7 384	52,5	43,6	3,2	0,7
Abitibi-Témis.	08	4 745	48,1	47,6	3,7	0,7
Chaud.-Appal.	12	14 095	55,0	41,0	3,4	0,6
Laval	13	10 814	51,5	43,7	4,0	0,8
Lanaudière	14	13 212	55,7	41,4	2,6	0,3
Laurentides	15	16 331	55,6	40,7	3,2	0,5
Montérégie	16	41 262	53,9	42,0	3,5	0,6
C.-du-Qué.	17	8 643	53,0	42,8	3,6	0,6

L'Abitibi-Témiscamingue est la seule région ressource touchée par l'Entente. C'est également celle qui comprend le moins d'établissements. La Montérégie est la région manufacturière au poids économique le plus élevé. Les régions manufacturières qui ont un poids économique plus faible sont : le Bas-Saint-Laurent, la Mauricie, le Centre-du-Québec, Lanaudière et les Laurentides. Les régions urbaines sont, par importance économique : Montréal, la Capitale-Nationale, l'Outaouais, Laval et l'Estrie. Après Montréal, avec ses 60 456 établissements, c'est la Montérégie qui accueille le plus d'établissements industriels (41 262).

L'indice de développement économique cerne la réalité des régions selon quatre thèmes : la démographie, le marché du travail, le revenu et la scolarité. Un indice supérieur à 100 signifie que la région présente un niveau de développement économique supérieur à la moyenne québécoise. Cet indice évoque dans quelle mesure les régions se développent sur le plan socio-économique par rapport aux autres. La probabilité de voir la demande en eau augmentée est fortement liée à son indice de développement économique. Les régions qui présentent des indices de développement économique élevés (entre 102,9 et 105,9) sont : l'Outaouais, Laval, la Capitale-Nationale et Montréal. À l'inverse, le Bas-Saint-Laurent, la Mauricie, l'Abitibi-Témiscamingue et le Centre-du-Québec ont des indices de développement économique faibles. Le rang économique au sein des régions à l'étude offre un potentiel pour évaluer l'accroissement de la demande en eau des régions selon le facteur économique.

Tableau 3-21. Indice de développement économique, par région du Québec à l'étude (Développement économique, innovation et exportation Québec, 2010).

Région administrative	No	Indice			Rang économique en 2009
		1999	2004	2009	
Bas-St-Laur.	01	90,8	90,8	89,5	13
Cap.-Nation.	03	100,1	101,7	103,3	3
Mauricie	04	90,4	89,3	92,7	12
Estrie	05	96,8	94,4	97,2	8
Montréal	06	105,7	103,9	102,9	4
Outaouais	07	101,7	103,5	105,9	1
Abitibi-Témis.	08	91,9	91,5	93,6	11
Chaud.-Appal.	12	96,3	96,9	97,0	9
Laval	13	102,8	100,7	104,0	2
Lanaudière	14	97,7	100,4	99,9	7
Laurentides	15	100,8	103,2	100,6	6
Montérégie	16	103,2	103,0	101,1	5
C.-du-Qué.	17	91,7	93,3	94,8	10

Le Tableau 3-22 répartit les industries manufacturières par type d'industrie. Le détail des abréviations est donné à l'Annexe C ainsi que les coefficients de consommation qui leur sont associés. Cette information permet de connaître davantage les besoins en eau de l'industrie manufacturière pour les régions à l'étude. Ces dernières peuvent être caractérisées selon le nombre d'entreprises et les coefficients de consommation rattachés à un type d'industrie pour déterminer leur potentiel de demande en eau, en supposant une certaine uniformité dans la taille des entreprises. Toutefois, cette analyse ne peut être faite qu'avec les coefficients de consommation moyens relevés par l'USGS (Shaffer and Runkle, 2007). Or, le Tableau 3-22 indique un coefficient de consommation pour le Québec (3,2%) inférieur aux moyennes décrites par le USGS qui se situent entre 9% et 50% (pour une moyenne de 12% à 15%). Néanmoins, une certaine classification des régions peut être avancée. Connaissant la répartition des industries dans chaque région (voir Tableau 3-20) et le coefficient de consommation relié à chacune (Annexe C), nous avons produit un coefficient de consommation propre à chaque région du Québec à l'étude pour le secteur manufacturier et nous leur avons attribué un rang. Avec l'information relative aux prélèvements rendue disponible, il est désormais possible de déterminer la quantité d'eau consommée pour chaque type d'industrie via les coefficients de consommation calculés. Le Tableau 3-23 en fait le résumé. Le coût de l'eau permet de montrer l'effet de la tarification de l'eau sur la compétitivité de certains secteurs, mais pas de tous (Table ronde sur l'environnement et l'économie, 2011).

Tableau 3-22. Nombre d'établissements, coût de l'eau en pourcentage de la production brute (%) et coefficient de consommation (%) des sous-secteurs manufacturiers¹, par région du Québec à l'étude (Institut de la statistique du Québec, 2008; Table ronde nationale sur l'économie et l'environnement, 2011).

Région	Code rég.	ALI	BPT	UTE	UPT	VET	PCU	PBO	PAP	IMP	PPC	PCH	PCP	PMN	PTM	PME	MAC	PIE	MAE	MTR	MEP	ADF	TOM
Bas-St-Laur.	01	43	4	1	8	6	4	80	5	23	5	7	5	27	2	37	27	4	3	20	41	21	373
Cap.-Nat.	03	127	6	11	20	38	11	58	21	127	5	45	35	53	7	151	78	61	27	32	113	141	1167
Mauricie	04	45	6	4	7	22	4	58	16	33	3	16	11	28	10	76	39	10	10	23	86	–	546
Estrie	05	56	2	10	9	39	6	107	17	36	6	33	46	45	9	103	76	16	8	29	75	76	804
Montréal	06	746	53	191	192	1 223	120	373	111	908	29	285	256	194	82	918	487	321	194	222	1 365	1 159	9429
Outaouais	07	19	–	3	1	6	–	38	8	30	2	6	4	16	3	22	10	12	1	11	36	–	253
Abit.-Témis.	08	13	2	–	–	5	–	36	5	13	4	7	4	15	5	35	30	5	1	7	18	1	216
Chaud.-App.	12	122	12	16	14	49	8	184	8	71	8	39	62	41	18	194	115	20	11	50	166	95	1303
Laval	13	64	7	7	16	56	8	28	7	95	4	37	35	18	6	99	78	31	23	23	87	98	827
Lanaudière	14	71	7	6	16	42	8	72	14	53	2	22	50	42	10	141	66	18	16	35	148	98	937
Laurentides	15	107	4	5	16	29	5	113	8	73	10	56	35	62	16	144	60	37	24	55	160	99	1118
Montérégie	16	292	25	48	35	89	14	156	41	232	17	171	147	121	57	504	311	97	94	144	320	287	3202
C.-du-Qué.	17	79	4	16	18	42	4	91	23	41	8	30	32	31	19	121	91	13	16	37	115	64	895
Coût de l'eau		0,2	–	–	–	–	–	–	1,5	–	0,4	0,2	–	0,1	0,4	–	–	–	–	–	–	–	–
Coeff. cons. (%)		12	25	10	18	17	17	16	5	17	10	21	15	34	10	10	16	6	50	9	17	17	10

¹ Les abréviations sont décrites à l'Annexe C.

Tableau 3-23. Coefficient de consommation moyen pour l'industrie manufacturière, par région du Québec à l'étude, et rang.

Région administrative	No	Coefficient de consommation (%)	Rang ¹
Bas-Saint-Laurent	01	12,8	3
Capitale-Nationale	03	12,7	5
Mauricie	04	12,5	9
Estrie	05	12,6	8
Montréal	06	12,7	4
Outaouais	07	12,3	13
Abitibi-Témiscamingue	08	12,4	11
Chaudière-Appalaches	12	12,4	12
Laval	13	12,8	1
Lanaudière	14	12,7	6
Laurentides	15	12,8	2
Montérégie	16	12,7	7
Centre-du-Québec	17	12,5	10

¹Le rang classe les régions du Québec à l'étude selon l'importance du coefficient de consommation : [1] étant le plus coefficient de consommation le plus élevé et [13] étant le plus faible.

3.5.3 Vulnérabilité aux changements climatiques

Peu de recherches ont été faites pour connaître l'impact des changements climatiques sur la demande en eau du secteur industriel. L'effet des changements climatiques sur le secteur industriel est pourtant tangible. Par exemple, l'augmentation des températures pourrait se traduire par un besoin accru pour le refroidissement dans les installations industrielles, ce qui pourrait, bien que d'autres méthodes existent (réfrigérants, tours de refroidissement, etc.), faire augmenter la demande en eau en particulier en période estivale. Une demande accrue peut mener à des conflits entre les différents usagers de la ressource en eau. Et si les changements climatiques entraînent une baisse des débits ou des niveaux d'eau, alors le problème risque de s'aggraver. Toutefois, la plupart des industries manufacturières ont des besoins en eau réguliers tout au long de l'année.

Le rapport de la demande sur l'offre en eau demeure un enjeu plus important que la consommation d'eau en tant que telle faite par le secteur d'activités industriel. D'une part, l'eau doit demeurer disponible en tout temps aux industries pour leur permettre de fonctionner et les volumes d'eau prélevés sont souvent connus à l'avance. D'autre part, les coefficients de consommation sont plus faibles et les technologies évoluent rapidement pour réduire les pertes d'eau. D'autres facteurs tels que la disponibilité en eau de qualité et l'usage conflictuel de la ressource entre les différents préleveurs sont appelés à devenir plus problématiques.

3.5.4 Stratégies d'adaptation

Les activités et les procédés commerciaux, industriels et agricoles qui font usage de l'eau utilisent également de l'énergie et d'autres matières premières. Bien que ce ne soit pas toujours le cas, on peut envisager qu'une réduction de la consommation d'eau passe par une réduction de la consommation d'énergie. Par exemple, une réduction de la demande exercée sur le matériel (pompes à eau, systèmes de chaudières, etc.) permet à celui-ci de fonctionner plus efficacement et réduit les coûts associés à l'usure. Également, les avantages d'une économie d'eau, par exemple, vont au-delà des aspects financiers liés à une réduction même des processus liés à l'eau. En effet, pareilles mesures pourront entraîner des gains environnementaux sur la quantité d'eau disponible et sur la qualité de celle-ci (MAMROT, 2011). Les régions à l'étude ont une vulnérabilité variable selon plusieurs facteurs. Les régions qui ont un coefficient de consommation plus élevé retournent moins d'eau à leur environnement. Par exemple, les régions du Bas-Saint-Laurent, de Laval et des Laurentides, qui ont des coefficients de consommation plus élevés, pourraient entreprendre des moyens pour réduire leur consommation d'eau. Cependant, dans les régions où les conflits d'usages dominent, en Montérégie par exemple, des stratégies différentes sont à prévoir, comme le partage de l'eau. Il pourrait s'agir de mettre en place un programme d'intervention en cas de manque d'eau à l'instar du *Plan d'intervention en cas de baisse du niveau des eaux en Ontario* (MRN, 2003), instauré à l'origine pour des raisons agricoles.

3.5.4.1 Règlements et programmes

Les changements climatiques influenceront à la fois la demande et la disponibilité en eau, ce qui accroît forcément la nécessité d'avoir des règlements et des programmes à la fois flexibles et efficaces pour assurer la répartition de l'eau en cas de déficit. Actuellement, seule la Loi 27, *Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection* (Assemblée Nationale, 2009), traite de la question des priorités d'usage à l'article 31.76 : « ...toute décision que prend le ministre dans l'exercice de ce pouvoir [d'autorisation] doit viser à satisfaire en priorité les besoins de la population en matière de santé, de salubrité, de sécurité civile et d'alimentation en eau potable. Elle doit également viser à concilier les besoins : 1° des écosystèmes aquatiques, à des fins de protection; 2° de l'agriculture, de l'aquaculture, de l'industrie, de la production d'énergie et des autres activités humaines, dont celles liées aux loisirs et au tourisme.

Le guide pour l'adaptation aux changements climatiques publié par Environnement Canada (2009) présente une liste de mesures d'adaptation pour le secteur industriel. Celles qui concernent la conservation de l'eau sont les suivantes : utiliser l'eau souterraine (de température plus basse) pour le refroidissement; effectuer le recyclage de l'eau grise (usée) pour réduire les coûts d'énergie et les coûts environnementaux; employer des technologies innovantes pour minimiser la consommation d'énergie, comme le refroidissement au fil de l'eau.

3.5.4.2 Gestion et conservation de l'eau

Un enjeu qui a nécessairement un impact sur l'eau est celui de la consommation d'énergie. Si les débits en cours d'eau sont plus faibles et viennent à menacer à plus ou moins grande échelle la production hydroélectrique et qu'on entreprend des mesures économiques pour la réduction de la consommation énergétique, alors l'industrie devra s'adapter rapidement à cette nouvelle réalité en réduisant son utilisation d'eau, une activité qui consomme beaucoup d'énergie.

Le recyclage et la récupération de l'eau sont d'autres options permettant de réduire la consommation industrielle d'eau. Par contre, elles contribuent à augmenter les concentrations en déchets et en substances nuisibles, ce qui rend certainement le traitement plus coûteux. Également, la réutilisation de l'eau peut nécessiter certains traitements supplémentaires comme le traitement des purges des tours de refroidissement avant le rejet (Poirier, 2012). Si aucun traitement de l'eau n'est déjà fait, les eaux usées rejetées à même les cours d'eau deviennent rapidement une source importante de pollution. Des moyens concrets permettent de contrôler la consommation en eau dans les industries, par exemple : réemployer les condensats, installer des vannes à fermeture automatique, laver à haute pression et faible débit, asservir les débits à des thermostats ou à des cellules de conductivité, laver à contre-courant, utiliser l'eau contaminée à des tâches moins nobles, etc. (Poirier, 2012). Il y a lieu également de promouvoir la mise en place de technologies propres.

3.6 Production d'énergie thermoélectrique

Peu d'industries font partie de la catégorie d'approvisionnement autonome pour la production d'énergie thermoélectrique, selon que l'eau de refroidissement soit recyclée ou non. À l'heure actuelle, au Québec, quelques centrales thermiques sont en opération: Tracy (vapeur), Bécancour (turbines à gaz), La Citière (turbines à gaz), Cadillac (turbines à gaz) et environ une

vingtaine de petites centrales au diesel (Hydro-Québec, 2012). Les centrales thermiques sont cependant omniprésentes dans le bassin des Grands-Lacs, principalement en Ontario et aux États-Unis. Concernant cette industrie, les données sont rares ou encore elles sont regroupées pour l'ensemble du Canada afin d'en préserver la confidentialité, comme cela se fait à Statistique Canada.

La production thermoélectrique requiert des volumes considérables d'eau. Au Canada, les centrales thermiques ont représenté un peu plus de 63% des prélèvements d'eau en 2005 (Environnement Canada, 2010a). Leur coefficient de consommation est faible (2%). Toutefois, cette industrie doit s'assurer que l'apport en eau, qui se fait généralement à même le cours d'eau, soit constant. Par conséquent, bien que la consommation d'eau des centrales thermiques soit faible, tout manque d'eau met en péril les opérations. D'autre part, les volumes d'eau utilisés sont si élevés que même avec un faible coefficient de consommation, les volumes d'eau consommés sont considérables.

Après les combustibles, l'eau est la ressource la plus importante dans la production d'énergie thermique. La production d'un kilowattheure d'énergie thermoélectrique exige 140 litres d'eau pour les centrales à combustibles fossiles et 205 litres pour les centrales nucléaires. Une petite partie de l'eau est convertie en vapeur et celle-ci fait tourner les turbines qui produisent l'électricité. Par ailleurs, la plus grande partie de l'eau sert au refroidissement des condenseurs. Au Québec, il s'est produit environ 6 millions de mégawattheures par des centrales thermiques en 2008, soit environ 3% de la production électrique totale (Statistique Canada, 2010b). Par conséquent, selon un scénario pessimiste (205 litres par mégawattheure), l'industrie thermoélectrique aurait utilisé environ 1,2 millions de mètres cube d'eau au cours d'une année, ce qui est très peu par rapport à l'utilisation totale de l'eau.

3.7 Production d'énergie hydroélectrique

La production d'énergie hydroélectrique diffère selon que les centrales utilisent l'eau stockée à même des réservoirs de taille plus ou moins grande ou qu'elles se servent de l'eau à même les cours d'eau pour faire actionner ses turbines. Dans le cas des productions hors cours d'eau, le coefficient de consommation est d'environ 2%; pour les centrales au fil de l'eau, elle est jugée nulle, selon la Commission des Grands Lacs (The Great Lakes Commission, 2009).

3.7.1 Statistiques générales

Les productions hors cours d'eau les plus importantes sont celles des trois grandes centrales hydroélectriques sur le territoire de l'Entente (Outaouais, Saint-Maurice, Saint-François) et les 38 barrages appartenant à Hydro-Québec. Sur l'ensemble du Québec, 59 centrales étaient opérées par Hydro-Québec en 2010, dont 26 à partir de larges réservoirs (Hydro-Québec, 2010). Il existe également sur le territoire de l'Entente plusieurs petites centrales opérées par des municipalités et des entreprises dans les domaines de l'exploitation minière, de l'industrie des pâtes et papier et de la métallurgie pour satisfaire leurs propres besoins en électricité. Les barrages ont été construits afin de réduire les risques liés aux inondations, pour la production d'hydroélectricité et pour assurer la disponibilité de l'eau aux citoyens et aux différentes industries. Le Québec a actuellement la capacité de stockage de 423 milliards de mètres cube pour sa production hydroélectrique, soit la plus grande au pays.

Le principal ouvrage de régularisation du débit du fleuve Saint-Laurent est le barrage hydroélectrique de Moses-Saunders, situé sur le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Cornwall. En amont du barrage Moses-Saunders, on retrouve également le barrage du Long-Sault et le barrage Iroquois. Au Québec, le complexe Beauharnois-Les Cèdres reçoit, entre autres, les eaux du lac Ontario et celles de la rivière Outaouais. Bien que les eaux soient régularisées depuis le lac Ontario, les niveaux d'eau demeurent influencés par les précipitations, le ruissellement et les ondes de tempête, ces facteurs étant eux-mêmes affectés par les changements climatiques. Le niveau d'eau du lac Saint-François, en amont du barrage Beauharnois-Les Cèdres, doit demeurer stable et fixe pour accommoder la navigation commerciale.

3.7.2 Demande en eau

La demande en eau pour la production hydroélectrique au Québec était de près de 420 milliards de mètres cube par an, en 1993 (The Great Lakes commission, 2009). En 2008, le Québec a produit plus de 186 millions mégawatheures (Statistique Canada, 2010b). Le Tableau 3-24 décrit les centrales hydroélectriques par région du Québec à l'étude (Hydro-Québec, 2010).

Tableau 3-24. Description des centrales hydroélectriques au Québec (Hydro-Québec, 2010).

Région admin.	No	Type			
		Fil de l'eau		Réservoir	
		Nb	Puissance (MW)	Nb	Puissance (MW)
Capitale-Nationale	03	2	59	0	–
Mauricie	04	10	1 861	1	204
Estrie	05	1	2	0	–
Montréal	06	1	54	0	–
Outaouais	07	13	1 925	2	122
Montérégie	16	1	1 911	0	–
Centre-du-Québec	17	2	45	0	–

Le plus grand barrage, la centrale Beauharnois, se trouve en Montérégie. L'Outaouais et la Mauricie accueillent respectivement 13 et 10 centrales hydroélectriques qui fournissent à peu près autant que la centrale Beauharnois. La Capitale-Nationale, le Centre-du-Québec, Montréal et l'Estrie ont également des centrales hydroélectriques sur leur territoire. La plupart des centrales d'importance, mis à part Beauharnois, sont situées à l'extérieur du territoire de l'Entente.

3.7.3 Vulnérabilité aux changements climatiques

Pour le secteur de la production hydroélectrique, qui représente au Québec 96% de la production totale et 41% de la demande totale d'énergie, les impacts des changements climatiques pourraient se révéler d'une importance capitale (Statistique Canada, 2010a). Au Québec, cette industrie représentait 4% du PIB en 2007 et il est prévu que sa production s'accroisse au cours des prochaines décennies (Ouranos, 2010).

Les barrages et leurs règles d'opération sont sensibles au climat. Si celui-ci change, alors les hypothèses sur lesquelles ont été construits ces barrages (conditions normales et extrêmes) deviennent plus ou moins valides. Par exemple, si l'on prévoit une diminution du niveau des réservoirs et des débits, alors il est possible que les infrastructures de production hydroélectriques perdent en efficacité, sachant que la production hydroélectrique dépend essentiellement de la hauteur de la chute d'eau, couplée à l'infrastructure en place (Environnement Canada, 2006). Si, au contraire, l'on prévoit une augmentation des précipitations et des débits, alors c'est la sécurité qui est potentiellement menacée.

La hausse des températures hivernales et estivales pourrait modifier la répartition annuelle de la consommation domestique d'hydroélectricité, par exemple, par la hausse de la climatisation. Par conséquent, le mode d'exploitation des barrages et la gestion de la régularisation des débits pourraient changer pour arriver à combler adéquatement la demande énergétique. Si les projections des changements climatiques semblent indiquer un débit stable (plus ou moins 10%), la production hydroélectrique n'est pas à l'abri pour autant puisque les périodes critiques, c'est-à-dire en plein étiage estival, sont appelées à empirer. L'effet combiné des étiages prolongés et de l'évaporation accrue sur les plans d'eau laisse supposer que les réservoirs pourraient atteindre des niveaux d'eau en deçà des seuils admissibles. En hiver, une demande réduite en électricité due à des températures plus élevées aura pour conséquence de maintenir les niveaux d'eau plus élevés à la fin de la saison (Statistique Canada, 2010a). Les limites de hauteur d'eau telles que régies par le barrage Beauharnois pourraient également être remises en question en conditions extrêmes.

3.7.4 Stratégies d'adaptation

Tout comme la demande en eau, la demande en énergie continue de progresser malgré les efforts de réduction de la consommation. Les ouvrages de remplacement (centrales thermiques et nucléaires, par exemple) coûtent beaucoup plus cher que les complexes hydroélectriques et sont souvent plus polluants. Les pressions exercées à l'International pour la réduction des gaz à effet de serre pourraient éventuellement entraîner la fermeture de centrales thermoélectriques au profit de nouvelles centrales hydroélectriques, ou dans le cas où il n'y a aucun potentiel hydroélectrique à la conversion des centrales thermiques au pétrole et au charbon vers le gaz naturel (Painchaud, 2012). La possibilité d'importer l'énergie de l'extérieur en période de pointe l'été, en plein étiage, est limitée par les besoins énergétiques des grands centres urbains tels que New York et Boston.

Les débits et leur régularisation sont au cœur des préoccupations de la production hydroélectrique, mais également des utilisateurs situés en aval des barrages par rapport à la quantité d'eau qu'on veut bien laisser passer. Par ailleurs, des conflits d'usages peuvent entrer en jeu pour les besoins en eau aux fins de la production d'électricité et pour les autres industries.

Le Tableau 3-25 répertorie les mesures d'adaptation des ouvrages hydrauliques en réponse aux changements climatiques selon qu'elles soient de nature structurale ou non.

Tableau 3-25. Mesures d'adaptation des ouvrages hydrauliques (Roy *et al.*, 2008, dans Desjarlais *et al.*, 2010).

Mesures non structurales	Mesures structurales
<ul style="list-style-type: none"> • Modifications des règles d'exploitation de l'ouvrage • Développement ou amélioration de modèles de prévision des débits • Meilleure coordination entre les différents usages de l'eau dans le bassin versant • Développement ou amélioration des méthodes d'évaluation des performances de l'ouvrage (en conditions de changements climatiques) • Modification des méthodes de conception 	<ul style="list-style-type: none"> • Dérivation des tributaires en amont de l'ouvrage • Mise en eau de nouveaux réservoirs • Modification des caractéristiques des composantes électriques (générateurs, transformateurs, lignes de transport, etc.) • Conception d'ouvrages hydrauliques « adaptables » (ajout de groupes turboalternateurs ou de capacité d'évacuation, digues expansibles, etc.) • Modification de la dimension des canaux d'amenée ou des conduites • Modification du nombre ou de la taille des turbines • Augmentation de la capacité de l'évacuateur de crue

Une approche préventive minimiserait les risques et des scénarios climatiques plus raffinés et plus représentatifs du climat futur, s'appuyant sur des méthodes de mise à l'échelle plus évoluées, permettraient de minimiser les incertitudes. On pourrait alors mieux préparer le milieu quant à la modification éventuelle des règles de gestion pour qu'il puisse s'adapter aux réalités à venir (Turcotte *et al.*, 2005). Le recours à des mesures d'adaptation se justifie amplement lorsque que les bénéfices escomptés sont tangibles (Statistique Canada, 2010a). L'adaptabilité est un facteur clé dans la conception d'infrastructure hydroélectriques et de plans de gestion. Bien que les bénéfices que l'on peut retirer d'une infrastructure adaptable aux changements climatiques soient importants, peu de gestionnaires sont enclins à mettre en place des mesures d'adaptation, principalement en raison de l'incertitude des prévisions du climat.

3.7.4.1 Règlementation et programmes

Le niveau du fleuve Saint-Laurent est directement influencé par un ouvrage construit dans les années 1950 par les États-Unis et le Canada, le barrage Moses-Saunders, entre Cornwall et Massena. Le *Plan de régularisation des débits du fleuve Saint-Laurent et du Lac Ontario* a été créé en vue de maximiser son rendement hydroélectrique et pour réduire les risques d'inondation tout en favorisant la navigation commerciale (Châtelain, 2008). Il concerne spécifiquement les provinces de l'Ontario et du Québec, ainsi que l'état de New York, en plus des instances fédérales, soit Ottawa et Washington. En 1999, le plan de régularisation a été réévalué pour tenir compte de tous les intérêts concernés ainsi que des incertitudes liées aux changements climatiques et de la variabilité des conditions climatiques actuelles. Un grand défi de ce nouveau plan consiste à trouver une équité dans le partage du fardeau d'adaptation entre les usagers qui se trouvent en amont (Grands Lacs) et ceux qui se trouvent en aval, au Québec. Le nouveau plan de régularisation doit s'accompagner de mesures d'atténuation des impacts et de mesures de gestion flexibles permettant de réagir à temps à des fluctuations historiques de débits, mais également face aux changements climatiques en cours (Nature Québec, 2008). Le plan de régularisation proposé, soit le Bv7, assure une protection accrue de l'environnement (maintien des niveaux d'eau, des débits, des habitats et de la biodiversité, prévention contre les inondations, maintien de la navigation de plaisance et des intérêts des riverains). Il prévoit que les usages devront respecter l'ordre de préséance suivant : 1) usages à des fins domestiques et d'hygiène; 2) usages pour la navigation; 3) usages à des fins de force motrice et d'irrigation (Commission mixte internationale, 2008, dans Communauté métropolitaine de Québec, 2010).

3.7.4.2 Gestion et conservation de la ressource en eau

L'augmentation du nombre et de l'efficacité des complexes hydroélectriques est l'une des solutions envisagées pour garder le plus possible l'eau disponible et ainsi maintenir les secteurs d'activités actifs, en tout temps. Telle mesure permettrait également de sécuriser l'eau pour maintenir un niveau viable pour la biodiversité (Environnement Canada, 2009). Dans un contexte de changements climatiques, les niveaux du système Grands Lacs–Saint-Laurent pourraient être appelés à être modifiés. Cela pourrait amener à revoir les plans de gestion de l'eau pour la production hydroélectrique, un secteur qui relève de la Commission mixte internationale.

4. Demande future en eau

Évaluer la demande future en eau est une tâche complexe. Malgré les efforts déployés par le passé pour entrevoir la demande future en eau, la science de la prévision demeure incertaine. Une analyse basée sur les conditions climatiques qui prévaudront ultérieurement est un bon point de départ, mais n'est pas suffisante. En effet, la demande en eau est fortement liée à d'autres variables que le climat, par exemple : la croissance de la population, la croissance économique, le niveau de vie, le développement technologique, les nouvelles réglementations, etc. La littérature recense quelques études qui présentent des prévisions des prélèvements futurs en eau. Elles tentent de prendre en compte plusieurs de ces variables dans leur analyse. Cependant, la projection de la demande en eau est toujours limitée par une image essentiellement statique des variables disponibles. Par ailleurs, l'utilisation des projections climatiques comme outil pour évaluer l'adaptation requise dans les années à venir ne peut répondre seul à l'ensemble des enjeux. En effet, les incertitudes des modèles sont importantes et plusieurs facteurs, autres que climatiques, sont susceptibles de produire des changements rapides ayant une incidence sur la réponse des systèmes, par exemple l'occupation du territoire et l'imperméabilisation des surfaces. Considérant le caractère dynamique des systèmes, il apparaît difficile de fournir une réponse optimale. Cependant, si la communauté scientifique s'interroge sur les incertitudes des modèles climatiques, elle s'entend sur l'importance d'examiner ces solutions (Mailhot *et al.*, 2008).

Dans la présente étude, nous préconisons une approche par climats analogues pour tracer le portrait de l'évolution de la demande en eau dans les régions au climat actuel similaire au climat futur de nos régions d'intérêt. Cette approche permet d'évaluer non tant la demande future en eau en termes quantitatifs, mais de tracer un portrait des tendances ainsi que des stratégies d'adaptation qui prévalent actuellement au sein des régions au climat analogue. Ce chapitre résume d'abord les résultats des climats analogues. Ensuite, les projections de la demande en eau disponibles dans la littérature sont présentées. Puis, les principaux problèmes d'approvisionnement en eau sont mentionnés. Enfin, une analyse de vulnérabilité aux changements climatiques de chacune des régions du Québec à l'étude est effectuée.

4.1 Climats analogues

4.1.1 Principaux résultats

Cette étude repose essentiellement sur les climats analogues pour évaluer la vulnérabilité des régions québécoises et des secteurs d'activités ciblés dans les objectifs du projet. Les résultats cartographiques de l'analyse des analogues spatiaux sont présentés à l'Annexe D pour la période 2041-2070 et pour chacune des régions du Québec à l'étude, soit : Bas-Saint-Laurent, Capitale-Nationale, Mauricie, Estrie, Montréal/Laval, Outaouais, Abitibi-Témiscamingue, Chaudière-Appalaches, Lanaudière, Laurentides, Montérégie et Centre-du-Québec. La signification des abréviations des états américains illustrés sur ces figures est présentée à l'annexe D.

En général, les analogues spatiaux du climat futur des différentes régions du Québec se retrouvent dans les territoires sis au sud de ces dernières. Les territoires analogues ainsi identifiés nous permettent de regrouper les régions du Québec à l'étude en quatre grandes zones, selon le climat qui prévaut. Les régions généralement plus froides (Bas-Saint-Laurent, Abitibi-Témiscamingue) trouvent leurs territoires analogues dans le sud du Québec et de l'Ontario, ainsi que dans le nord-est des États-Unis. Les régions typiquement plus chaudes comme la Montérégie et Montréal/Laval ont des territoires analogues situés relativement plus au sud et à l'ouest des Grands Lacs, s'étendant jusqu'à l'Illinois et même l'Iowa. Pour ce qui est des territoires analogues des régions au climat intermédiaire (Capitale-Nationale, Chaudière-Appalaches, Centre-du-Québec, Mauricie, Estrie, Lanaudière et Laurentides), ils sont généralement restreints à l'est des Grands-Lacs. Quant à l'Outaouais, des territoires analogues sont identifiés entre ceux des régions froides et des régions intermédiaires.

Pour l'étude en cours, le climat du territoire considéré pour l'identification des régions analogues est largement contrôlé par les patrons climatiques à grande échelle, comme la présence de l'Océan Atlantique à l'est et les phénomènes météorologiques d'échelle synoptique, par exemple. La présence des Appalaches dans le nord-est des États-Unis, par contre, a certainement des impacts importants sur le climat et les régions identifiées comme analogues sur cette partie du territoire doivent être considérées avec prudence (comme c'est le cas avec la Virginie-Occidentale). Par ailleurs, les différences latitudinales entre les territoires analogues et la région d'étude impliquent des différences dans la longueur du jour qui peuvent avoir des implications importantes pour la végétation et diminuer la qualité de l'interprétation

et du transfert de connaissance des territoires analogues. Cependant, l'utilisation de l'indicateur degrés-jours de croissance (DJC) permet de prendre en compte en partie du phénomène.

Les régions climatiquement plus froides actuellement sont l'Abitibi-Témiscamingue et le Bas-Saint-Laurent. Pour la région la plus à l'est du bassin du Saint-Laurent, le Bas-Saint-Laurent (Figure D-1), les territoires analogues identifiés se trouvent principalement dans les régions du centre et du sud du Québec, soit la Montérégie, l'Estrie et le Centre-du-Québec. Aux États-Unis, la Pennsylvanie et New York sont les territoires analogues les plus probables. Une bande allant du Massachusetts au Maine, effleurant le New Hampshire et à plus faible échelle le Vermont, exhibe des analogues probables pour le Bas-Saint-Laurent. La région la plus au nord, l'Abitibi-Témiscamingue (Figure D-7), trouve ses analogues climatiques principalement dans la péninsule ontarienne, entre les lacs Huron et Érié. Les régions du Québec au climat analogue à celui de l'Abitibi-Témiscamingue sont essentiellement le sud de l'Outaouais et le Centre-du-Québec, ainsi que le sud des Laurentides et de Lanaudière. Du côté des États-Unis, le patron d'analogues traverse la Pennsylvanie, New York, le Vermont et le Maine.

Les régions chaudes du Québec, soit la Montérégie et Montréal/Laval, ont un patron différent des régions plus froides. Le schéma de leurs analogues suit une bande longitudinale au sud des Grands-Lacs, partant de l'Indiana et se terminant au New Jersey. Pour la Montérégie (Figure D-11), les simulations sont fortement regroupées à la hauteur de la Virginie-Occidentale et plus à l'est, dans les états de la Pennsylvanie et du New Jersey. La distribution s'appuie essentiellement sur le gradient des températures de l'air, un peu moins sur le gradient des précipitations. Pour Montréal/Laval (Figure D-5), les territoires analogues suivent cette même bande mais de façon plus prononcée dans les états au sud des lacs Érié et Michigan. Les territoires analogues les plus marqués se trouvent en Indiana, en Ohio, en Virginie-Occidentale et plus à l'est, en Pennsylvanie et au New Jersey.

Les régions du centre de la province, tant au nord qu'au sud du fleuve, suivent un patron similaire compte-tenu de leur climat comparable (Figure D-12). Les régions de la Capitale-Nationale (Figure D-2) et Chaudière-Appalaches (Figure D-8) ont des territoires analogues presque identiques, situés majoritairement en Virginie-Occidentale et au New Jersey. Le Connecticut, la Pennsylvanie et New York sont également identifiés comme territoires analogues. Ceux du Centre-du-Québec (Figure D-12) et de l'Estrie (Figure D-4) sont alignés en une bande étroite selon un axe sud-ouest/nord-est, soit de la Virginie-Occidentale jusqu'à la

côte est en passant par la Pennsylvanie, New York, le Connecticut, le Rhode Island et côtoyant le Massachusetts à son extrémité. Le climat projeté de la Mauricie (Figure D-3) est similaire à celui des régions du centre, quoique la probabilité de retrouver la Virginie-Occidentale comme territoire analogue soit encore plus prononcée. De patrons comparables, les territoires analogues des régions de Lanaudière (Figure D-9) et des Laurentides (Figure D-10) sont identifiés à l'intérieur de cette même bande, toutefois de façon moins affirmée, mais avec une probabilité plus forte au sud du Lac Érié que les autres régions du centre, en général. Également, la pointe sud s'étend au-delà de la Virginie-Occidentale, c'est-à-dire en Virginie et même en Caroline du Nord. Les régions de la côte-est américaine (Connecticut, Rhode Island, Massachusetts) sont fortement plausibles en termes de climats analogues pour Lanaudière et Laurentides.

À l'ouest de la province, l'Outaouais (Figure D-6) présente un schéma plutôt étendu des possibilités d'analogues. À l'intérieur des latitudes 41° et 44°, cette région trouve des territoires analogues dans un gradient longitudinal incluant le sud de l'Ontario, la Pennsylvanie, New York, le Massachusetts et le New Hampshire. Au Québec, la Montérégie et l'Estrie sont identifiées. On retrouve également des possibilités d'analogues, plus faibles, en Ohio et en Virginie-Occidentale.

Le Tableau 4-1 résume les territoires analogues identifiés (région du Québec à l'étude ou état américain) pour chaque région d'intérêt, par ordre d'importance : [1] pour les territoires analogues les plus probables, [2] pour les territoires analogues de probabilité moyenne et [3] pour les territoires analogues de plus faible probabilité.

Tableau 4-1. Territoires analogues pour chacune des régions administratives québécoises à l'étude: [1] analogues les plus probables, [2] analogues de probabilité moyenne et [3] analogues de plus faible probabilité.

Région	No	Analogues		
		[1]	[2]	[3]
Bas-St-Laurent (Fig.D-1)	02	Montréal Estrie Pennsylvanie New York Massachusetts	Centre-du-Québec New Hampshire Maine	Laurentides Vermont Virginie-Occid.
Capitale-Nationale (Fig.D-2)	03	Virginie-Occid. New Jersey	Pennsylvanie Connecticut Rhode Island	New York Caroline du Nord
Mauricie (Fig.D-3)	04	Virginie-Occid. Pennsylvanie New York Connecticut Rhode Island	Massachusetts Virginie	Caroline du Nord Ohio
Estrie (Fig.D-4)	05	Virginie-Occid. New Jersey	Pennsylvanie New York Caroline du Nord	Connecticut Rhode Island
Montréal/Laval (Fig.D-5)	06/13	Indiana Ohio Virginie-Occid.	Pennsylvanie New Jersey Virginie Maryland	Illinois Iowa
Outaouais (Fig.D-6)	07	Sud de l'Ontario Pennsylvanie New York	Montréal Virginie-Occid. New Hampshire Massachusetts	Ohio
Abitibi- Témiscamingue (Fig.D-7)	08	Sud de l'Ontario Outaouais	Laurentides Lanaudière Pennsylvanie New York Vermont	Montréal Maine
Chaudière- Appalaches (Fig.D-8)	12	Virginie-Occid. New Jersey	Pennsylvanie	New York Connecticut Rhode Island
Lanaudière (Fig.D-9)	14	Connecticut Rhode Island	New York Pennsylvanie Virginie-Occid.	New Hampshire Virginie Caroline du Nord
Laurentides (Fig.D-10)	15	Pennsylvanie Virginie-Occid.	New York Connecticut Rhode Island	New Hampshire Virginie Caroline du Nord
Montréal (Fig.D-11)	16	Virginie-Occid. New Jersey	Indiana Ohio Pennsylvanie	Kentucky Virginie Caroline du Nord
Centre-du-Québec (Fig.D-12)	17	Virginie-Occid. New Jersey	Pennsylvanie New York Caroline du Nord	Connecticut Rhode Island

4.1.2 Utilisation de l'eau dans les territoires analogues

Cette section trace un portrait général de l'utilisation de l'eau dans les territoires analogues identifiés. Le Tableau 4-2 illustre les volumes d'eau utilisés par les états américains analogues, selon le secteur d'activités. L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par unité de surface et est catégorisé de [1], faible intensité, à [5], intensité élevée.

Tableau 4-2. Utilisation de l'eau par état américain analogue, par secteur d'activités, en 2005 (Kenny *et al.*, 2009).

État analogue	Secteur d'activités ¹									Intensité ²
	PUB	DOM	IRR	ÉLE	AQU	IND	MIN	PTÉ	TOT	
(millions de m ³ par an)										
Connecticut	663,2	87,2	31,1	1,7	11,8	146,6	4,7	4 251,4	5 195,1	[4]
Delaware	132,9	8,9	89,9	2,3	0,1	57,2	2,2	1 112,2	1 409,3	[5]
Illinois	2 348,8	139,5	696,4	52,4	13,0	502,9	154,7	17 132,8	21 001,5	[5]
Indiana	934,0	171,3	208,6	53,5	1,6	3 039,7	138,2	8 359,1	12 904,8	[5]
Iowa	549,9	47,8	46,0	160,3	22,7	262,5	65,5	3 495,6	4 656,2	[2]
Kentucky	771,0	48,1	26,1	63,4	28,2	257,0	50,6	4 739,1	5 982,7	[2]
Maine	132,5	47,1	5,4	3,8	73,4	259,5	9,3	304,7	835,9	[1]
Maryland	940,9	102,7	68,8	12,7	31,9	346,4	18,2	8 826,1	10 348,7	[3]
Massachusetts	1 095,7	56,0	200,3	2,6	61,3	154,7	14,8	3 381,0	4 960,2	[4]
Michigan	1 575,1	346,8	425,6	27,1	90,2	869,1	132,0	12 642,3	16 165,6	[4]
Minnesota	742,0	107,5	337,1	83,5	156,1	192,1	588,6	3 385,1	5 582,0	[1]
New Hampshire	137,9	57,5	624,5	1,6	24,5	57,3	5,2	1 539,2	1 823,8	[1]
New Jersey	1 323,6	109,8	131,4	1,6	12,6	118,8	52,9	8 460,0	10 210,6	[5]
New York	3 495,6	193,4	70,6	41,2	87,2	415,9	46,7	16 607,7	21 001,5	[4]
Caroline du N.	1 272,5	222,4	403,4	174,1	1 409,3	544,4	63,7	13 678,6	17 823,6	[5]
Ohio	1 975,8	205,9	58,9	33,3	13,1	971,3	240,4	12 338,4	15 889,3	[5]
Pennsylvanie	1 962,0	210,0	33,6	85,4	724,0	1 063,9	132,2	8 884,2	13 084,5	[4]
Rhode Island	165,8	8,4	7,6	0,3	8,0	0,7	2,4	366,8	559,6	[3]
Vermont	63,4	19,2	4,3	11,3	25,1	11,0	5,2	581,7	722,6	[1]
Virginie	1 356,8	174,1	66,2	41,2	613,5	728,1	52,9	11 647,5	14 645,8	[3]
Virginie Occid.	261,1	46,3	0,0	6,9	72,8	1 334,7	20,3	4 904,9	6 645,9	[3]
Wisconsin	762,7	120,6	555,4	100,6	112,9	650,8	44,9	9 533,6	11 882,4	[3]

¹ Abréviations : PUB: usage public; DOM : usage domestique; IRR: irrigation; ÉLE: élevage, excluant l'aquaculture; AQU: aquaculture; IND: industrie; MIN: mines; PTÉ: production thermoélectrique; TOT : total.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour).

4.2 Projections : revue de littérature

Quelques analyses prévisionnelles de la demande en eau sont disponibles dans la littérature; aucune n'est spécifique au Québec. La Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (2011) présente des projections de prélèvements d'eau sur le plan canadien pour les secteurs d'activités liés aux ressources naturelles. Certaines de ces projections sont spécifiques au Québec et à l'Ontario. Tate and Harris (1999) présentent dans une étude détaillée les projections de prélèvement et de consommation d'eau pour l'Ontario de 2021. Environnement

Canada en fait une synthèse dans son document *Menaces pour la disponibilité en eau au Canada* (Environnement Canada, 2004b).

D'une part, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie anticipe une augmentation globale des prélèvements pour presque tous les grands secteurs d'activités. D'autre part, l'économie d'énergie (et d'argent) recherchée par les industries force à développer de nouvelles technologies permettant de réduire l'intensité d'utilisation de l'eau, soit l'utilisation d'une moindre quantité d'eau par unité de production. Il en résulte une situation qui semble a priori tendre vers un certain équilibre. Cependant, l'activité économique devrait augmenter plus rapidement que l'intensité d'utilisation de l'eau diminuera. Ainsi, il est à prévoir que tous les secteurs d'activités, sauf celui de la production thermoélectrique, prélèveront de plus grandes quantités d'eau de 2005 à 2030. Les plus grands utilisateurs d'eau de 2030 demeureront ceux de la production thermoélectrique, suivi de la fabrication et de l'agriculture. À l'échelle nationale, pareille augmentation des prélèvements d'eau pour ces secteurs représentera environ 3% en 2030, passant de 35 799 millions de mètres cube en 2005 à 36 787 millions de mètres cube en 2030. Le Tableau 4-3 décrit les prélèvements d'eau dans les Grands Lacs par secteur d'activités au Canada et les prévisions jusqu'en 2030. Ces prévisions ont été obtenues par le modèle SCMI, une représentation explicite du système énergie-économie canadien (Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 2011).

Tableau 4-3. Prévisions de prélèvement d'eau dans la partie canadienne du bassin des Grands Lacs, en millions de mètres cube (Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 2011).

Secteur	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Var. 2005- 2030
	(millions m ³ /an)						(%)
Agriculture	1 953	1 950	2 266	2 481	2 722	3 017	54
Production végétale	1 632	1 627	1 869	2 045	2 251	2 496	53
Production animale	321	324	397	436	472	521	62
Pétrole et gaz	203	232	285	323	382	396	96
Exploitation sables bitumineux	148	182	242	288	351	370	150
Pétrole	37	41	34	28	22	18	-51
Gaz	7	9	10	10	8	7	-
Mines	456	345	449	473	476	478	5
Exploitation de minerais métalliques	346	248	334	357	361	363	5
Exploitation de minerais non métalliques	88	74	85	87	88	91	3
Industrie manufacturière	5 362	4 638	5 154	5 423	5 545	5 744	7
Papier	2 565	2 100	2 410	2 571	5 696	2 835	11
Première transformation des métaux	1 583	1 283	1 400	1 464	1 415	1 398	-12
Produits chimiques	497	513	560	587	611	657	32
Produits du pétrole et du gaz	357	397	418	435	451	470	32
Transformation des aliments	298	290	305	304	308	317	7
Produits minéraux non métalliques	64	54	60	62	63	66	5
Production thermoélectrique	27 825	28 273	27 237	26 999	27 185	27 151	-2
Total	35 799	-	-	-	-	36 787	3

L'intensité d'utilisation de l'eau peut varier substantiellement d'une région à l'autre pour chaque secteur d'activités. Pour le secteur de l'agriculture, l'intensité d'utilisation de l'eau avait fortement diminué de 1981 à 2005, ayant chuté d'environ 60 %. L'utilisation des terres pour la production agricole devient plus importante et tout indique que cette tendance se poursuivra. En outre, les régions où les cultures ont besoin d'irrigation pourraient s'étendre vers l'est du Québec (Environnement Canada, 2004c). Dans le sous-secteur des pâtes et papiers, elle a diminué considérablement de 1981 à 1996, pour ensuite demeurer stable jusqu'en 2005. Dans l'ensemble du secteur manufacturier, l'utilisation de l'eau devrait augmenter légèrement jusqu'en 2030. Pour certaines industries, par exemple celles basées sur le savoir (informatique, biotechnologie, pharmaceutique) de même que les industries basées sur le service, on observera probablement une augmentation de la demande en eau de qualité. Par ailleurs, la qualité de l'eau s'est améliorée au cours des années 1980-1990 grâce aux interventions d'assainissement et à la réglementation agricole et semble plutôt stable depuis 2000 (MDDEP,

2012c). En conséquence d'un besoin accru en eau de qualité et de prélèvements plus élevés en raison de fuites importantes dans les réseaux de distribution, il pourrait s'en suivre une utilisation plus intense de l'eau souterraine, de meilleure qualité. Avec la récente augmentation du nombre de projets miniers au Québec, l'intensité d'utilisation de l'eau dont on prévoit le déclin jusqu'en 2030 pourrait changer de cap et augmenter rapidement. Encore, il y a d'importants écarts sous-sectoriels en ce qui a trait au secteur minier. Finalement, selon les données historiques, l'intensité d'utilisation de l'eau pour la production thermique d'électricité devrait continuer à fléchir pour diminuer de 2 % d'ici 2030.

Le Tableau 4-4 décrit l'historique des prélèvements d'eau et la consommation d'eau dans les Grands Lacs, de 1985 à 2005, par secteurs d'activités aux États-Unis, selon Mills et Sharpe (2010). On assiste à une diminution des prélèvements d'eau pour les secteurs de la production thermoélectrique (-4%), l'approvisionnement public (-13%) et les industries (-30%). Une augmentation est notable pour les secteurs des mines (30%), de l'irrigation (57%), de l'utilisation domestique (17%) et de la production animale incluant l'aquaculture (199%) (Mills et Sharpe, 2010).

Tableau 4-4. Historique des prélèvements et de la consommation d'eau dans la partie américaine du bassin des Grands Lacs, en millions de mètres cube (Mills and Sharpe, 2010).

Secteur	Prélèvements				Variation 1995- (%)	Consommation 2005 (millions de
	1985	1990	1995	2005		
	(millions de m ³ /an)					
Total	120	122	123	114	-7	7 040
Production	84 933	86 409	86 254	83 048	-4	1 873
Approvisionnement public	15 410	16 409	16 674	14 426	-13	204
Industries	16 652	15 849	15 800	11 087	-30	1 661
Mines	954	961.5	1 495	1 941	30	1 109
Irrigation	961	1 090	1 188	1 866	57	242
Utilisation domestique	1 063	1 059	1 328	1 559	17	1 699
Production animale ¹	287	340	257	791	199	230

¹ Inclut l'aquaculture.

Le Tableau 4-5 présente l'historique et deux scénarios de projection de prélèvement et de consommation d'eau en Ontario, l'une faible et l'autre élevée, réalisés par Tate (2001).

Tableau 4-5. Projection des prélèvements, de la consommation d'eau et du coefficient de consommation en Ontario (Tate, 2001).

	1996			2001			2021		
	Volume prélevé	Volume consom.	CC	Volume prélevé	Volume consom.	CC	Volume prélevé	Volume consom.	CC
	(millions m ³ /an)		(%)	(millions m ³ /an)		(%)	(millions m ³ /an)		(%)
Grands Lacs									
Tendance	29 450	1 010	3,4	31 670	1 040	3,3	43 040	1 200	2,8
Projection faible	–	–	–	30 790	1 000	3,2	37 860	1 020	2,7
Projection élevée	–	–	–	33 010	1 050	3,2	49 940	1 390	2,8
Total									
Tendance	32 400	1 110	3,4	34 840	1 140	3,3	47 340	1 320	2,8
Projection faible	–	–	–	33 870	1 100	3,2	41 650	1 120	2,7
Projection élevée	–	–	–	36 310	1 160	3,2	54 930	1 530	2,8

Les tendances indiquent une augmentation de 35 à 50% du volume d'eau prélevé dans les Grands Lacs entre 2001 et 2021. Cependant, le coefficient de consommation devrait baisser légèrement, mais pas suffisamment pour compenser l'augmentation envisagée.

Le portrait démographique est présenté au Tableau 4-6, par région du Québec à l'étude. La densité de population y est représentée, de même que les projections démographiques pour les prochaines années jusqu'en 2029, selon qu'elle augmente ou qu'elle diminue. Les plus fortes augmentations de population auraient lieu dans les régions périphériques de Montréal (Outaouais, Montérégie, Laval, Laurentides et Lanaudière) et de Québec (Capitale-Nationale) avec une hausse entre 5,1% à 8,5% pour 2009-2014, se rangeant à un taux se situant entre 1,3% et 4,4% pour 2024-2029. La Mauricie aura la plus faible croissance, oscillant autour de 1%, tandis que l'Abitibi-Témiscamingue et le Bas-Saint-Laurent seront caractérisées par une décroissance de moins en moins marquée. La croissance de la population, tout comme la décroissance, s'atténueront jusqu'en 2029.

Tableau 4-6. Évolution de la population par région administrative québécoise à l'étude (Développement économique, innovation et exportation Québec, 2010).

Région administrative	No	Population (habitant)	Densité d'habitat. (hab./km ²)	Var. pop. 1999-2009 (%)	Var. pop. 2009-2014 (%)	Var. pop. 2014-2019 (%)	Var. pop. 2019-2024 (%)	Var. pop. 2024-2029 (%)
Bas-St-Laur.	01	200 756	9,0	-2,9	0,0	0,0	-0,1	-0,6
Cap.-Nat.	03	687 810	36,9	6,3	3,3	2,3	1,8	1,3
Mauricie	04	262 399	7,4	-0,1	1,5	1,2	1,1	0,7
Estrie	05	307 389	30,2	7,1	3,0	2,4	2,0	1,4
Montréal	06	1 906 811	3 827,6	5,1	3,1	2,3	2,0	1,9
Outaouais	07	358 872	11,8	13,3	5,9	4,4	3,8	3,0
Abitibi-Témis.	08	145 886	2,5	-4,9	-0,3	-0,6	-0,5	-0,9
Chaud.-Appal.	12	403 011	26,7	3,6	2,6	2,1	1,5	0,7
Laval	13	391 893	1 593,2	14,4	6,8	5,0	4,3	3,6
Lanaudière	14	457 962	37,2	16,9	8,5	6,9	5,9	4,4
Laurentides	15	542 416	26,4	18,2	7,6	6,4	5,5	4,3
Montérégie	16	1 428 475	128,6	9,9	5,1	4,2	3,6	2,8
C.-du-Qué.	17	230 685	33,3	4,1	3,1	2,6	2,2	1,5

Si l'utilisation de l'eau pour le secteur municipal se fait généralement en proportion de la population, l'utilisation de l'eau pour des fins d'irrigation est plus une question de mœurs et d'usages relevant à la fois des marchés et du développement de nouvelles technologies. Nous l'avons dit plus haut, l'agriculture ne passera pas nécessairement à l'irrigation d'emblée sous les changements climatiques attendus puisqu'il existe préalablement nombre de stratégies pour s'adapter, par exemple le recours au changement de cultivars. Mais l'irrigation est tout de même à prendre au sérieux, étant donné le faible coefficient de retour de l'eau à l'environnement (10%) et les prévisions du modèle de Mills and Sharpe (2010). Les Tableaux 4-7 et 4-8 font état des superficies irriguées par type de production (maïs-grain, soya, légumes et canneberge) pour les régions du Québec à l'étude et les territoires analogues. Le Québec n'a pas pour habitude d'irriguer les grandes cultures (maïs-grain et soya) et les régions analogues, très peu. L'irrigation des légumes se fait de façon similaire. La canneberge est une culture qui, même si pratiquée sur de petites superficies, monopolise une grande quantité d'eau. Ainsi, si elle se met à augmenter, la demande en eau pour des fins agricoles en fera autant à moins de développer une technologie pour la récolte qui permettrait d'économiser l'eau.

Tableau 4-7. Superficies en culture (SC, en ha), superficies irriguées (SI, en ha) et proportion de superficie irriguée (PSI, en %) des régions du Québec à l'étude, par type de culture (Institut de la statistique du Québec, 2011; Poirier, 2010; BPR, 2007).

Région	Maïs-grain			Soya			Légumes			Canne-berge	Total ⁶
	SC	SI	PSI	SC	SI	PSI	SC	SI	PSI	SC	SC
	ha	ha	%	ha	ha	%	ha	ha	%	ha	ha
Bas-St-Laur. ¹	–	–	–	–	–	–	73	25	35	–	183 446
Cap.-Nat. ²	20 500	–	–	20 300	–	–	936	328	35	–	61 250
Mauricie ²	20 500	–	–	20 300	–	–	558	195	35	–	87 516
Estrie	3 200	–	–	7 100	–	–	218	76	35	–	143 846
Montréal ^{3,5}	33 900	–	–	28 700	–	–	73	25	35	–	74 200
Outaouais ⁴	18 500	–	–	20 000	–	–	170	59	35	–	85 316
Abit.-Témis.	–	–	–	–	–	–	24	8	35	–	108 876
Chaud.-App.	13 500	–	–	24 200	–	–	485	170	35	–	252 326
Laval ^{3,5}	33 900	–	–	28 700	–	–	73	25	35	–	74 200
Lanaudière ³	33 900	–	–	28 700	–	–	1 529	535	35	–	110 494
Laurentides ^{4,5}	18 500	–	–	20 000	–	–	4 642	1 625	35	–	74 200
Montérégie	118 800	–	–	141 200	–	–	1 918	671	35	–	565 020
C.-du-Qué.	57 700	–	–	57 500	–	–	26 056	9 119	35	1 672	259 174

¹ Les superficies en maïs-grain, soya, blé et orge sont celles combinées des régions du Bas-Saint-Laurent et de Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

² Les superficies en maïs-grain, soya, blé et orge sont celles combinées des régions de la Capitale-Nationale et de la Mauricie. La valeur indiquée pour chacune est le cumul des deux régions.

³ Les superficies en maïs-grain, soya, blé et orge sont celles combinées des régions de Montréal, Laval et Lanaudière. La valeur indiquée pour chacune est le cumul des trois régions.

⁴ Les superficies en maïs-grain, soya, blé et orge sont celles combinées des régions de l'Outaouais et les Laurentides. La valeur indiquée pour chacune est le cumul des deux régions.

⁵ Les superficies totales sont celles combinées des régions de Montréal, Laval et les Laurentides. La valeur indiquée pour chacune est le cumul des trois régions.

⁶ Le total inclut toutes les superficies cultivées. Les totaux de la province et des régions du Québec à l'étude sont respectivement de 2 080 667 et de 1 930 682 hectares.

Tableau 4-8. Superficies en culture (SC, en ha), superficies irriguées (SI, en ha) et proportion de superficie irriguée (PSI, en %) des états américains analogues, par type de culture (United States Department of Agriculture, 2007).

État	Maïs-grain			Soya			Légumes			Canneberge	Total ¹		
	SC	SI	PSI	SC	SI	PSI	SC	SI	PSI	SC	SI	PSI	
	ha	ha	%	ha	ha	%	ha	ha	%	ha	ha	ha	%
Connecticut	1 442	0	0	119	0	0	4 164	4 176	26	0	66 244	40	6
Delaware	75 034	21 320	28	62 950	9 926	16	14 169	15 152	58	0	175 143	423	21
Illinois	5 300 045	133 811	3	3 356 465	28 537	1	28 161	26 981	43	0	9 594 506	1 920	2
Indiana	2 574 935	108 636	4	1 936 012	33 369	2	14 092	14 814	39	0	5 146 180	1 607	2
Iowa	5 601 972	51 086	1	3 485 604	20 430	1	3 675	3 751	31	0	10 650 220	767	1
Kentucky	531 501	121 806	23	439 924	4 106	1	3 049	2 924	31	0	2 945 446	238	0
Maine	1 324	0	0	310	0	0	26 986	2 777	21	121	214 189	85	4
Maryland	186 217	15 769	8	156 459	8 362	5	13 015	12 454	58	0	568 782	376	5
Massachusetts	984	0	0	100	0	0	6 297	5 831	32	5 410	75 843	94	11
Michigan	951 315	97 557	10	694 233	26 935	4	69 181	54 808	54	124	3 158 134	2 025	6
Minnesota	3 157 065	101 451	3	2 539 055	37 511	1	97 936	91 140	15	0	8 882 600	2 049	2
New Hampshire	91	191	209	0	0	0	1 365	1 373	30	0	52 181	10	2
New Jersey	33 006	3 276	10	32 060	1 914	6	20 494	22 410	73	1 437	197 776	386	18
New York	223 244	489	0	80 849	0	0	64 811	56 916	21	0	1 746 262	275	2
Caroline du Nord	390 708	11 526	3	558 807	5 597	1	47 363	26 221	20	0	1 981 089	939	5
Ohio	1 459 448	2 985	0	1 714 446	427	0	18 497	17 770	32	0	4 384 023	154	0
Pennsylvanie	396 911	1 077	0	174 447	0	0	22 176	19 362	28	1 234	1 971 005	153	1
Rhode Island	17	0	0	0	0	0	963	773	35	1	9 898	17	17
Vermont	2 172	0	0	814	0	0	1 155	1 149	27	0	209 199	9	0
Virginie	162 313	6 218	4	198 463	3 240	2	10 629	9 390	57	0	1 325 043	333	2
Virginie Occidentale	10 772	0	0	5 551	0	0	881	682	27	3	381 281	9	0
Wisconsin	1 315 618	45 857	3	551 656	10 071	2	117 858	100 588	57	7 566	4 094 058	1 527	4

¹ Le total inclut toutes les superficies cultivées.

Le Tableau 4-9 présente l'évolution de la pratique de l'irrigation dans les territoires analogues, entre 2002 et 2007. En général, aux États-Unis, l'irrigation a augmenté d'environ 1%, ce qui laisse présager que les changements du côté de l'agriculture seront faibles, tant dans les régions à l'étude que dans les territoires analogues. Par contre, même si le Québec n'a pas l'habitude d'irriguer ses grandes cultures, par exemple le maïs-grain et le soya (Tableau 4-8), il n'est pas dit qu'il ne s'adonnera pas à cette pratique si les conditions climatiques s'approchent de celles des territoires analogues, qui irriguent davantage ces cultures.

Tableau 4-9. Évolution des superficies en culture et irriguée par état américain analogue entre 2002 et 2007 (United States Department of Agriculture, 2007).

État américain	Superficie en culture (km ²)		Superficie irriguée (km ²)		Proportion de superficie irriguée (%)	
	2 002	2 007	2 002	2 007	2 002	2 007
Connecticut	691	662	41	40	6	%
Delaware	1 850	1 751	393	423	21	24
Illinois	97 821	95 945	1 582	1 920	2	2
Indiana	52 243	51 462	1267	1 607	2	3
Iowa	109 889	106 502	575	767	1	1
Kentucky	34 045	29 454	149	238	0	1
Maine	2 173	2 142	80	85	4	4
Maryland	6 019	5 688	327	376	5	7
Massachusetts	841	758	96	94	11	12
Michigan	32 310	31 581	1 847	2 025	6	6
Minnesota	91 985	88 826	1 841	2 049	2	2
New Hampshire	524	522	9	10	2	2
New Jersey	2 216	1 978	392	386	18	19
New York	19 593	17 463	302	275	2	2
Caroline du Nord	22 146	19 811	1 069	939	5	5
Ohio	46 235	43 840	165	154	0	0
Pennsylvanie	20 723	19 710	172	153	1	1
Rhode Island	95	99	16	17	17	18
Vermont	2 297	2 092	9	9	0	0
Virginie	16 974	13 250	400	333	2	3
Virginie Occidentale	4 747	3 813	8	9	0	0
Wisconsin	43 419	40 941	1 562	1 527	4	4
États-Unis	1 757 066	1 644 802	223 845	229 057	13	14

4.3 Vulnérabilité par région du Québec à l'étude

Dans cette section, une analyse par région du Québec à l'étude est présentée, combinant les résultats des climats analogues, les différentes caractéristiques et les niveaux de vulnérabilité préalablement décrits au Chapitre 3 par secteur d'activités. Les sous-sections suivantes tracent le portrait de la demande future en eau de chacune de ces régions à l'aide d'un tableau résumé des volumes d'eau prélevés en milliers de mètres cube par an ($10^3\text{m}^3/\text{an}$) détaillés selon les secteurs d'activités suivants : usage public (PUB); usage domestique (DOM), usage commercial et institutionnel (COM), irrigation (IRR), élevage excluant l'aquaculture (ÉLE), aquaculture (AQU), industrie (IND), productions thermo- et hydro- électriques (PTH), divers (DIV) et total (TOT). Le volume d'eau prélevée pour l'irrigation est le total des volumes d'eau d'irrigation pour les usages agricoles estimés à partir des données statistiques (Statistique Canada, 2001) et des données GPE pour les terrains de golf (MDDEP, 2011). Le volume d'eau prélevée pour l'élevage et l'aquaculture est celui estimé à partir des données statistiques (Statistique Canada, 2001). D'autres informations telles que la superficie, l'intensité d'utilisation d'eau (voir Tableau 4-3), la population, la consommation d'eau par habitant et les types de sols sont également données. Finalement, la vulnérabilité au manque d'eau est détaillée. À la suite du tableau résumé, les principaux problèmes d'approvisionnement de la région de référence sont énoncés. Cette dernière information est principalement tirée de documents déposés au Bureau d'audience publique sur l'environnement (BAPE) dans le cadre de la consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec (BAPE, 2000), des *Portraits régionaux de l'eau* produits par le MDDEP et du rapport d'*Analyse des questions d'approvisionnement en eau pour le secteur de l'agriculture* par le Groupe-Conseil BPR (BPR, 2003).

4.3.1 Bas-Saint-Laurent

Les municipalités, incluant les commerces et industries reliées au réseau de distribution, constituent le plus grand préleveur de la région du Bas-Saint-Laurent, avec 64% des approvisionnements. Les industries s'approvisionnant de façon autonome viennent ensuite avec une proportion de 36%. Majoritairement, les industries d'approvisionnement autonome de la région relèvent du secteur des pâtes et papier, de la métallurgie primaire, de la chimie, de la transformation du métal, de l'agroalimentaire, des textiles et de la transformation du bois.

Les territoires identifiés par la méthode des climats analogues pour le Bas-Saint-Laurent sont la Montérégie, l'Estrie, la Pennsylvanie, New York et le Minnesota (Tableau 4-10). Tout comme la région de référence, la Montérégie et l'Estrie ont une faible intensité d'utilisation d'eau sur leur territoire (degré 1 ou 2). Cependant, la consommation d'eau par habitant y est un peu plus élevée (350 à 400 m³/hab/an pour la Montérégie et l'Estrie, versus 184 m³/hab/an pour le Bas-Saint-Laurent). Dans le cas des territoires analogues du côté américain, la consommation d'eau et l'intensité sont beaucoup plus grandes, respectivement 1 000 m³/hab/an, cependant moins si l'on exclut la production thermoélectrique, et une intensité de degré 4. La population est également largement inférieure à celle des territoires analogues d'autant plus qu'il est attendu qu'elle décroisse au cours des prochaines années. En général, les prélèvements d'eau pour la région du Bas-Saint-Laurent sont plus faibles que ceux des territoires analogues. Également, si l'on ne tient pas compte de la production thermoélectrique pour les territoires analogues, ils sont répartis différemment. Par exemple, le Bas-Saint-Laurent utilise la grande majorité de l'eau pour l'approvisionnement municipal et aucune irrigation n'y est pratiquée. La gestion de l'eau, en termes de proportion, s'apparente à celle de New York, et en termes de volume et d'intensité, plutôt à celle de l'Estrie. Sur le plan de l'approvisionnement industriel, le Bas-Saint-Laurent présente des similitudes avec la Pennsylvanie et le Minnesota en termes de proportion, mais il est très inférieur à tous les territoires analogues en termes de volume. Sans entrer dans le détail, l'industrie y est également différente (pour plus de détails, consulter U.S. Census Bureau, caractéristiques économiques de 2006-2010 pour plus d'information, 2012). Si la comparaison de la région de référence est à prendre avec précaution sur le plan de l'approvisionnement municipal, par exemple, elle devient particulièrement intéressante sur le plan de l'agriculture. La proportion du territoire du Bas-Saint-Laurent qui est favorable à l'agriculture est faible, située aux abords du fleuve Saint-Laurent où les sols minéraux sont propices aux grandes cultures (brunisol et podzol) et ne sont pas irrigués. À l'instar des territoires analogues, on peut penser qu'un climat plus chaud pourrait permettre au Bas-Saint-Laurent de développer davantage sa production agricole dans certaines parties du territoire en instaurant d'autres cultures nécessitant une saison de croissance plus longue. Par contre, les sols propices aux grandes cultures sont limités et ces dernières ne sont habituellement pas irriguées au Québec. Du côté des analogues québécois, la pratique de l'irrigation est orientée vers la culture maraîchère et la canneberge, deux cultures qui sont moins envisageables pour les types de sols du Bas-Saint-Laurent. Du côté des analogues américains, c'est surtout la culture

marâchère qui est irriguée. Au Minnesota, où les sols sont très fertiles, on irrigue également 3% des grandes cultures (maïs-grain et soya). L'état de New York, pour sa part, est majoritairement sous régime pluvial bien qu'en été, les précipitations ne suffisent pas toujours à combler les besoins pour l'agriculture. À la lumière de ce qu'apportent les analogues pour le cas du Bas-Saint-Laurent, rien ne laisse présager que l'agriculture aura recours à l'irrigation d'emblée à long terme. Bien que les climats analogues offrent un portrait clair de la situation qui prévaudra dans le Bas-Saint-Laurent, l'impact d'une intensification de l'agriculture pour cette région demeure faible.

Tableau 4-10. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région du Bas-Saint-Laurent (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue				
			Montérégie	Estrie	Pennsylvanie	New York	Minnesota
MUN	10 ³ m ³ /an	23 286	137 614	8 199	1 962 000	3 495 600	742 000
DOM	10 ³ m ³ /an	–	–	–	210 000	193 400	107 500
COM	10 ³ m ³ /an	0	144	190	–	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	841	22 277	863	33 600	70 600	337 100
ÉLE	10 ³ m ³ /an	0	13 741	4 763	85 400	41 200	83 500
AQU	10 ³ m ³ /an	0	2 586	33 941	724 000	87 200	156 100
IND	10 ³ m ³ /an	12 942	229 183	75 208	1 196 100	462 600	780 700
PTH	10 ³ m ³ /an	–	77 119	–	8 884 200	16 607 700	3 385 100
DIV	10 ³ m ³ /an	0	86	–	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	37 069	419 373	123 139	4 200 300	4 393 800	2 196 900
TOT	10 ³ m ³ /an	37 069	496 492	123 139	13 084 500	21 001 500	5 582 000
Superficie	km ²	22 185	11 344	10 195	119 283	141 299	227 171
Intensité ²	–	[1]	[2]	[1]	[4]	[4]	[1]
Population	hab.	200 756	1 428 475	307 389	12 702 379	19 378 102	5 303 925
Cons. hab.	m ³ /hab/an	184	348	401	1 030	1 084	1 052
Sols ³		B4/P3	B1/G1/G2	P3	Al/In/UI	Po/Al/In	Al/Mo

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al : Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, UI : Ultisol.

En ce qui concerne l'état de la ressource en eau, le Bas-Saint-Laurent bénéficie de suffisamment d'eau de surface et d'eau souterraine, alimentées par des précipitations abondantes. Cependant, on relève quelques conflits entre municipalités pour l'exploitation de l'eau souterraine et de l'eau de surface et entre municipalités et producteurs agricoles en ce qui a

trait à la quantité d'eau et sa qualité. Une problématique non-quantitative, mais cependant omniprésente dans cette région, est assurément la qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine. Polluées par les activités agricoles et industrielles, des sources se tarissent accentuant de ce fait les conflits d'approvisionnement en eau de qualité. Néanmoins, le Bas-Saint-Laurent ne présente pas de problématique majeure liée à l'approvisionnement et les projections par climats analogues ne laissent pas croire à un changement majeur sur la question de la demande en eau. Les problèmes d'approvisionnement que connaît le Bas-Saint-Laurent sont plutôt liés à la disponibilité de l'aquifère. Or, nous connaissons très peu les effets des changements climatiques sur la disponibilité en eau de l'aquifère. À la longue, avec l'augmentation des températures et si le Bas-Saint-Laurent devient aussi propice au niveau du climat que l'est présentement la Montérégie, il est possible que certains producteurs choisissent de changer leurs types de culture et ainsi, passer à l'irrigation, ce qui risque d'aggraver les conflits déjà présents, même si cela est en moindre mesure. Sur la question de l'approvisionnement municipal, la ville du Bic, par exemple, connaît des épisodes de manque d'eau dû principalement aux sécheresses. Enfin, la demande en eau du Bas-Saint-Laurent n'est pas appelée à se modifier de façon notable en fonction des augmentations prévues des températures à l'horizon 2050.

4.3.2 Capitale-Nationale

Plus de 66% de l'eau prélevée dans la Capitale-Nationale se destine à l'usage municipal, incluant l'usage industriel de l'eau à même le réseau de distribution, tandis que le secteur industriel compte sur 30% des approvisionnements en eau. Les industries se composent principalement des pâtes et papiers, puis des manufactures, de l'extraction de sable et gravier, de l'imprimerie et de la transformation du bois, de minéraux et de métaux. Quant à l'agriculture, elle y est peu pratiquée (3%).

Les territoires analogues identifiés pour la région de la Capitale-Nationale sont la Virginie-Occidentale et le New Jersey. La Capitale-Nationale est une région urbaine dont les prélèvements municipaux et industriels dominent largement, tout comme son analogue le New Jersey (76%, si on exclue la production thermoélectrique). Son intensité d'utilisation de l'eau est beaucoup moins élevée que dans les territoires analogues, principalement dû à la faible densité de sa population sur son territoire. Si l'on fait abstraction des prélèvements d'eau pour la production thermoélectrique au New Jersey, sa consommation d'eau par habitant passe à

environ 200 m³/hab/an, une consommation beaucoup plus faible que celle de la région de référence (856 m³/hab/an). L'intérêt principal de l'analogie du New Jersey pour la Capitale-Nationale se situe au niveau de l'approvisionnement municipal. En effet, la région de référence aurait avantage à s'inspirer des stratégies de conservation et d'utilisation efficace de l'eau du New Jersey pour arriver à connaître une consommation plus faible, au seuil du New Jersey. Cependant, comme les populations sont très différentes, les mesures à adopter sont à analyser avec précaution. Il est à noter que le New Jersey dispose de programmes s'apparentant aux programmes de conservation des partenaires de l'Entente. Leur programme de conservation de l'eau, mis en place en 2007, inclut des mesures telles que la réduction de consommation résidentielle, la certification de bâtiments eau-efficacité, des activités de promotion du contrôle efficace des systèmes d'irrigation et de la récupération de l'eau de pluie. Également, il dispose d'une base de données pour la gestion (par comté) des déficits et des surplus d'eau, d'un outil en ligne sur les sécheresses et d'un outil de surveillance du climat sur une base mensuelle et annuelle. La pratique de l'irrigation est faible pour la Capitale-Nationale, la majorité étant destinée à la culture de petits fruits et de légumes (principalement sur l'Île d'Orléans). Le New Jersey irrigue également sa production maraîchère, qui est importante, mais aussi environ 10% du maïs-grain. Parmi les états du nord-est, c'est le 2^e état à irriguer le plus, en raison d'une grande partie des sols qui est plutôt pauvre, surtout à l'est de l'état. Or, le sol utilisable de la Capitale-Nationale est favorable aux grandes cultures et ne nécessite pas un grand volume d'eau pour l'irrigation ni la fertilisation. Par conséquent, il est peu envisageable que la Capitale-Nationale se mette à irriguer de façon significativement plus grande dans un avenir proche. La Virginie-Occidentale, quant à elle, est difficilement utilisable comme analogie. Les secteurs d'activités, principalement industriel, sont considérablement différents de ceux de la région de référence. L'aquaculture y occupe également une plus grande place que dans la Capitale-Nationale, ce qui rend la comparaison incongrue. Quant aux sols, ceux de la Virginie-Occidentale sont beaucoup moins aptes à l'agriculture que ceux longeant le fleuve Saint-Laurent dans la Capitale-Nationale. De plus, la Virginie-Occidentale ne dispose d'aucun plan de conservation de l'eau duquel la Capitale-nationale pourrait s'inspirer.

Tableau 4-11. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de la Capitale-Nationale (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Virginie-Occidentale	New Jersey
MUN	10 ³ m ³ /an	113 255	261 100	1 323 600
DOM	10 ³ m ³ /an	–	46 300	109 800
COM	10 ³ m ³ /an	1 806	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	3 054	0	131 400
ÉLE	10 ³ m ³ /an	1 481	6 900	1 600
AQU	10 ³ m ³ /an	1 425	72 800	12 600
IND	10 ³ m ³ /an	50 648	1 334 700	171 700
PTH	10 ³ m ³ /an	0	4 904 900	8 460 000
DIV	10 ³ m ³ /an	36	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	171 705	1 741 000	1 750 600
TOT	10 ³ m ³ /an	171 705	6 645 900	10 210 600
Superficie	km ²	18 639	62 755	22 588
ntensité ²	–	[1]	[3]	[5]
Population	hab.	200 756	1 852 994	8 791 894
Cons. hab.	m ³ /hab/an	856	3 587	1 161
Sols ³		B4/G2/P3	Ul/In	Ul/Al

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

La Capitale-Nationale est aux prises avec des conflits concernant la quantité et la qualité de l'eau. Par exemple, l'île d'Orléans présente des problèmes importants d'approvisionnement en eau pour des fins d'irrigation. En effet, des étangs sont aménagés de façon à recueillir l'eau des précipitations, la pauvreté des aquifères sur l'île limitant la ponction de l'eau souterraine, ce qui laisse les producteurs agricoles à la merci du climat. Du côté du lac Saint-Charles, l'une des trois sources d'approvisionnement de la Ville de Québec, c'est la qualité de l'eau qui est compromise, tandis que la rivière Saint-Charles est sujette tant aux débordements qu'aux étiages prolongés. Des conflits entre les usagers surviennent relativement à la gestion de cette source malgré que les sources soient diversifiées. La problématique provient du fait que les réseaux de distribution fonctionnent localement et ne sont pas connectés. Dans la Capitale-Nationale, les changements climatiques laissent présager des événements de précipitation plus intenses qui sont susceptibles de causer davantage de surverses des égouts municipaux. Ces

débordements sont responsables de la contamination de l'eau à plusieurs endroits sur le territoire. L'aménagement de bassins de rétention pourrait permettre de réduire les débordements. De même, l'Île d'Orléans aurait avantage à aménager des ouvrages de rétention imperméables pour récupérer l'eau de pluie pour des fins d'irrigation. Cependant, son approvisionnement en eau demeure extrêmement vulnérable étant donné la faible disponibilité de l'eau souterraine et sa contamination par l'industrie agricole et les rejets domestiques. Également, la combinaison d'une baisse du niveau du fleuve Saint-Laurent et du gonflement de l'océan aura des effets néfastes sur les prises d'eau potable, dont la salinisation, obligeant éventuellement le déplacement de ces dernières, à moyen ou long termes. Les secteurs municipal et industriel voient également leurs activités menacées par les étiages prolongés, par exemple sur le lac et la rivière Saint-Charles. Par exemple, la Ville de Québec a connu au cours des étés 2001 et 2002 des problèmes d'approvisionnement en eau en périodes de fort étiage en raison des faibles niveaux de la rivière et du lac Saint-Charles. À ce sujet, un plan de contrôle intérimaire a été mis en place pour régler certains de ces problèmes (Laberge, 2012).

4.3.3 Mauricie

Les municipalités de la Mauricie s'approprient 63% de l'eau pour la distribution de l'eau publique (incluant les industries raccordées au réseau), suivi des industries qui s'approvisionnent de façon autonome dans une proportion de 29% et des usages agricoles, là où l'aquaculture domine, avec 8%.

Les analogues identifiés pour la Mauricie sont nombreux et tous du côté américain : Virginie-Occidentale, Pennsylvanie, New York, Connecticut et Rhode Island. D'emblée, des similitudes peuvent être établies avec le Connecticut, bien qu'à la fois plus petit et plus peuplé. Ainsi, si l'on fait abstraction de la production thermoélectrique, le Connecticut destine 70% de ses prélèvements au secteur municipal et 16% au secteur industriel, tandis que ce sont 63% et 29% respectivement pour ces secteurs en Mauricie. Si l'on exclut du calcul la production thermoélectrique, la consommation par habitant du Connecticut est plus faible que celle de la Mauricie : 265 m³/hab/an pour la première, 719 m³/hab/an pour la seconde. L'agriculture de la Mauricie n'occupe pas une place significative dans les prélèvements d'eau tandis qu'elle est plus importante au Connecticut et au Rhode Island, probablement en raison de la nature du sol. L'irrigation est présente au Rhode Island, surtout pour la culture de la pomme de terre (4%); celle du Connecticut est similaire et cible principalement la production maraîchère (3%); la

Mauricie n'irrigue pratiquement pas et sa production de légumes est restreinte (<1%). Sa production de pommes de terre est cependant importante (8% des superficies cultivées) et l'on y reconnaît un certain potentiel pour l'irrigation. Bien que les sols soient différents, l'agriculture est pratiquée au sud sur un sol sans grandes contraintes : la Mauricie sur un sol sableux de type podzol ou gleysol et le Connecticut et le Rhode Island sur un jeune sol propice. Cependant, tout comme la plupart des régions situées au nord du fleuve Saint-Laurent, une grande partie du sol de la Mauricie est peu apte à l'agriculture et pour le permettre, l'irrigation ferait certainement partie des pratiques envisagées (comme au New Jersey, qui s'installe sur un sol semblable). Pour la partie sud de la Mauricie, il n'est pas impossible que sous les températures plus élevées, on voit irriguer la production agricole. D'une part, ces ressemblances laissent penser que la Mauricie aurait à apprendre du Connecticut et du Rhode Island sur le plan de la gestion de l'eau. D'autre part, le Connecticut ne dispose pas d'un programme de conservation de l'eau mais prône plutôt des mesures de réduction de l'eau ciblant l'économie d'énergie sous le slogan suivant : « Économisez l'eau, économisez de l'argent, économisez l'énergie ». Également, la Ville de Kingston au Rhode Island propose quelques mesures de conservations, par exemple : utiliser un contrôleur et un pluviomètre pour l'arrosage efficace des gazons et des cultures. Même si les proportions d'usage de l'eau dans les autres territoires analogues sauf la Virginie-Occidentale (Pennsylvanie et New York) sont semblables à ceux de la Mauricie, il serait difficile de s'inspirer de ceux-ci pour proposer une stratégie d'adaptation qui convienne à la Mauricie. Dans le cas des états de la Pennsylvanie et de New York, l'importance de la population et des enjeux qui s'ensuivent sont très différents.

Tableau 4-12. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région du la Mauricie (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue				
			Virginie-Occidentale	Pennsylvanie	New York	Connecticut	Rhode Island
MUN	10 ³ m ³ /an	118 743	261 100	1 962 000	3 495 600	663 200	165 800
DOM	10 ³ m ³ /an	–	46 300	210 000	193 400	87 200	8 400
COM	10 ³ m ³ /an	0	–	–	–	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	644	0	33 600	70 600	31 100	7 600
ÉLE	10 ³ m ³ /an	2 422	6 900	85 400	41 200	1 700	300
AQU	10 ³ m ³ /an	11 395	72 800	724 000	87 200	11 800	8 000
IND	10 ³ m ³ /an	55 614	1 334 700	1 196 100	462 600	150 300	3 100
PTH	10 ³ m ³ /an	–	4 904 900	8 884 200	16 607 700	4 251 400	366 800
DIV	10 ³ m ³ /an	0	–	–	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	188 838	1 741 000	4 200 300	4 393 800	5 195 100	559 600
TOT	10 ³ m ³ /an	188 838	6 645 900	13 084 500	21 001 500		
Superficie	km ²	39 910	62 755	119 283	141 299	14 357	4 002
Intensité ²	–	[1]	[3]	[4]	[4]	[4]	[3]
Population	hab.	262 399	1 852 994	12 702 379	19 378 102	3 574 097	1 052 567
Cons. hab.	m ³ /hab/an	719	3 587	1 030	1 084	1 454	532
Sols ³		P3/G2	Ul/In	Al/In/Ui	Po/Al/In	In	In

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

Bien que quelques MRC éprouvent des difficultés à s'approvisionner en eau, principalement en eau de surface, la Mauricie n'éprouve pas de problèmes majeurs avec sa ressource en eau. Toutefois, la contamination de l'aquifère par les rejets agricoles y est fortement dénoncée ainsi que les dommages causés au lac Saint-Pierre (dragage de la voie maritime). Les changements climatiques auront aussi des conséquences préoccupantes pour la Mauricie. Par exemple, la baisse du niveau du fleuve Saint-Laurent altérera l'écosystème du lac Saint-Pierre et l'industrie de la pêche qui lui est associée. Le secteur industriel, par exemple les pâtes et papiers, est également menacé par une baisse du niveau des cours d'eau lors des étiages, ce qui risque de nuire à la production qui nécessite un apport constant en eau. Au chapitre de l'approvisionnement municipal, la ville de Shawinigan, connaît des épisodes de manque d'eau dû principalement aux sécheresses.

4.3.4 Estrie

La plus grande part des prélèvements d'eau en Estrie provient des industries avec 61%, suivi de l'agriculture avec 32% des prélèvements, dont 28% se destine à l'aquaculture. Les municipalités constituent seulement 7% des prélèvements (incluant les industries raccordées au réseau) d'eau de la région. Parmi les industries, on retrouve principalement des manufactures, des industries agroalimentaires et du secteur des pâtes et papiers.

Les territoires analogues identifiés pour l'Estrie sont les mêmes que ceux de la Capitale-Nationale, soit la Virginie-Occidentale et le New Jersey. Puisque les prélèvements sont faits selon des proportions similaires à ceux de la Virginie-Occidentale (peu pour le secteur municipal et beaucoup pour l'industrie), l'Estrie aurait avantage à s'inspirer des stratégies de gestion de l'eau de son analogue. Si l'on exclut la production thermoélectrique, la consommation d'eau par habitant est tout de même beaucoup plus élevée en Virginie-Occidentale qu'en Estrie (respectivement 940 et 401 m³/hab/an). Cependant, l'aquaculture est presque aussi présente en Estrie qu'en Virginie-Occidentale. La production aquicole pourrait donc prendre exemple sur celle de la Virginie-Occidentale pour évaluer l'effet du climat sur son activité. D'ailleurs, la Virginie-Occidentale envisage depuis récemment l'utilisation d'anciens sites miniers pour la production intensive de 45 000 kilogrammes de poissons par année. Cette activité est actuellement en expansion dans cette région, mais peu d'information sur l'évolution de la demande en eau n'est actuellement disponible pour cette activité. Sur le plan de l'agriculture, il est intéressant de constater que l'Estrie et l'est du New Jersey ont le même type de sol, soit le podzol. Or, le New Jersey est reconnu pour irriguer beaucoup, 18% de ses productions, qui sont principalement les légumes, le maïs-grain et le soya. Le rapprochement entre les deux régions analogues est tangible. Ainsi, on pourrait imaginer que l'Estrie se mette à irriguer davantage. Le plan de conservation et les outils d'information développés par le New Jersey et décrits dans la section précédente pourraient également servir à la région de l'Estrie.

Tableau 4-13. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de l'Estrie (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Virginie-Occidentale	New Jersey
MUN	10 ³ m ³ /an	8 199	261 100	1 323 600
DOM	10 ³ m ³ /an	–	46 300	109 800
COM	10 ³ m ³ /an	190	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	1 096	0	131 400
ÉLE	10 ³ m ³ /an	4 763	6 900	1 600
AQU	10 ³ m ³ /an	33 941	72 800	12 600
IND	10 ³ m ³ /an	75 208	1 334 700	171 700
PTH	10 ³ m ³ /an	–	4 904 900	8 460 000
DIV	10 ³ m ³ /an	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	123 372	1 741 000	1 750 600
TOT	10 ³ m ³ /an	123 372	6 645 900	10 210 600
Superficie	km ²	10 195	62 755	22 588
Intensité	–	[1]	[3]	[5]
Population	hab.	307 389	1 852 994	8 791 894
Cons. hab.	m ³ /hab/an	401	3 587	1 161
Sols ³		P3	Ul/In	Ul/Al

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

L'Estrie est bien desservie en termes de précipitations et la présence d'aquifère rend propice l'utilisation de l'eau souterraine. Étant donné que l'aquaculture occupe une part importante dans l'utilisation d'eau, cette industrie se trouve déjà en conflit avec plusieurs municipalités. Toutefois, la plupart des conflits d'usage provoqués par l'installation de piscicultures majeures ont été réglés par le forage de puits. D'un autre côté, la qualité de l'eau de surface est une problématique majeure dans cette région. L'eutrophisation des lacs est préoccupante. La hausse prévue des températures entraînera nécessairement une hausse de l'évaporation, ce qui laisse supposer que des périodes d'étiage prolongé pourraient apparaître plus fréquemment. L'industrie aquicole pourrait souffrir du manque d'eau intermittent ou d'une évaporation trop forte, faisant s'amplifier des conflits entre usagers qui sont déjà présents sur le territoire de l'Estrie. Pour pallier à cette situation, on pourrait assister à la construction d'ouvrages de rétention et de barrages sur les rivières ainsi qu'à une ponction accrue de l'aquifère.

4.3.5 Montréal

L'approvisionnement en eau de la région de Montréal se destine principalement à l'usage municipal (93%), incluant les industries qui s'approvisionnent aux réseaux municipaux. Quelques industries d'approvisionnement autonome s'attribuent les autres 7%.

Les territoires analogues identifiés pour la région de Montréal sont l'Indiana, l'Ohio et la Virginie-Occidentale. Ce sont d'ailleurs les mêmes que pour la région de Laval, en raison de la disponibilité d'un seul point de grille pour ces deux régions. La région de Montréal se distingue des autres régions en ce sens qu'elle est de petite taille malgré une population comparable, ce qui conduit à une intensité d'utilisation de l'eau élevée (degré 5). L'Indiana et l'Ohio ont une intensité du même ordre. Si l'on omet la production thermoélectrique, la consommation par habitant de Montréal (385 m³/hab/an) est similaire à celle de l'Ohio (307 m³/hab/an), mais plus faible de celle de l'Indiana (701 m³/hab/an). Sur le plan de la distribution des usages, Montréal est semblable à l'Indiana : respectivement 33 et 21% pour l'approvisionnement municipal, 55 et 70% pour l'approvisionnement autonome industriel, et 5% pour l'irrigation. La majorité des prélèvements pour l'irrigation dans Montréal vont à la production maraîchère, suivi des terrains de golf; ceux de l'Indiana se destinent plutôt à l'usage agricole, particulièrement aux grandes cultures (maïs-grain et soya). Là où Montréal aurait avantage à tirer des leçons des territoires analogues, c'est à se comparer aux grandes villes situées sur les territoires analogues pour constituer sa stratégie de conservation et de gestion efficace de l'eau, par exemple : Indianapolis, Cincinnati, etc. Également, les plans de conservation, bien que préliminaires, offrent de bonnes pistes pour la région de Montréal. Dans le programme de l'Indiana, des mesures (volontaires) ont été identifiées pour réduire la demande en eau pour les catégories d'usage suivantes (entre parenthèses, l'objectif demandé) : domestique et sanitaire (réduction), services essentiels (réduction), approvisionnement public (réduction), approvisionnement industriel (réutilisation et recyclage), institutionnel (réduction), irrigation (amélioration de l'efficacité), élevage (réduction) et autres. L'Indiana dispose également d'un plan détaillé en cas de manque d'eau. Le programme de l'Ohio est actuellement moins détaillé mais identifie une série de mesures basées sur la valorisation de la conservation de l'eau par des arguments économiques.

Tableau 4-14. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de Montréal (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue		
			Indiana	Ohio	Virginie-Occidentale
MUN	10 ³ m ³ /an	684 519	934 000	1 975 800	261 100
DOM	10 ³ m ³ /an	–	171 300	205 900	46 300
COM	10 ³ m ³ /an	293	–	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	1 156	208 600	58 900	0
ÉLE	10 ³ m ³ /an	21	53 500	33 300	6 900
AQU	10 ³ m ³ /an	0	1 600	13 100	72 800
IND	10 ³ m ³ /an	47 469	3 177 900	1 211 700	1 334 700
PTH	10 ³ m ³ /an	–	8 359 100	12 338 400	4 904 900
DIV	10 ³ m ³ /an	–	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	733 458	4 545 700	3 550 900	1 741 000
TOT	10 ³ m ³ /an	733 458	12 904 800	15 889 300	6 645 900
Superficie	km ²	491	94 321	116 096	62 755
Intensité ²	–	[5]	[5]	[5]	[3]
Population	hab.	1 906 811	6 483 802	11 536 504	1 852 994
Cons. hab.	m ³ /hab/an	385	701	307	3 587
Sols ³		B1	Al/Mo	Al	Ul/In

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

La région de Montréal fournit l'eau aux utilisateurs à l'aide de 25 réseaux municipaux et deux réseaux indépendants, dont certains sont localisés sur la rive sud du fleuve, mais comptabilisées pour la région de Montréal. Comme les fuites dans les réseaux sont importantes, de l'ordre de 40 à 50%, Montréal a avantage à investir dans la réfection de ses réseaux de distribution. Par ailleurs, la Communauté métropolitaine de Montréal envisage de réduire de 20% d'ici six ans les quantités d'eaux usées arrivant aux stations d'épuration. En temps de pluie, le réseau fait fréquemment face à des débordements qui contribuent à polluer les eaux de surface. Des ouvrages de régulations sont en cours d'aménagement à cet effet. Les principales industries de la région de Montréal déversant leurs contaminants dans les égouts municipaux sont actuellement réglementées dans une approche pollueur-payeur. La région de Montréal se préoccupe de la baisse attendue du niveau du fleuve Saint-Laurent (1,3 m, ou 40% du débit), causée par les changements climatiques, qui laisse entrevoir des conflits d'usage importants. Une baisse de plusieurs centimètres du niveau d'eau entraînerait l'obligation de déplacer

plusieurs prises d'eau et ce, à des coûts faramineux. Également, une baisse du niveau du fleuve est une menace directe au transport maritime et aux activités du port de Montréal. Enfin, l'effet combiné des changements climatiques et de l'augmentation des ponctions fait en sorte que plusieurs utilisateurs vont devoir se partager une ressource de plus en plus rare.

4.3.6 Outaouais

Si les réseaux municipaux comptent pour 36% des approvisionnements de l'Outaouais, ce sont les industries d'approvisionnement autonome qui utilisent le plus d'eau, avec 53%. L'exploitation forestière et l'industrie de transformation (pâtes et papiers, sciage, carrières et sablières) constituent l'essentiel des infrastructures industrielles sur le territoire de l'Outaouais. Les autres usages sont typiquement agricoles.

Les territoires analogues identifiés pour la région de l'Outaouais sont le sud de l'Ontario, la Pennsylvanie et New York. La consommation par habitant en Ontario est plus élevée que celle de l'Outaouais, si l'on omet la production thermoélectrique : 229 m³/hab/an pour l'Outaouais et 85 m³/hab/an pour l'Ontario, la valeur la plus faible rencontrée dans les territoires analogues. Les objectifs de l'Ontario en termes de réduction de la consommation par habitant pourraient servir d'inspiration pour la conservation et la gestion efficace de l'eau en Outaouais. Il nous a malheureusement été impossible d'obtenir des statistiques plus précises concernant uniquement la portion du sud de la province. Comme la démographie de l'Outaouais devrait connaître un taux de croissance parmi les plus élevés au Québec, il est possible que la région doive faire face à l'amplification des problèmes d'approvisionnement que l'on connaît aux régions plus peuplées. La Ville de Toronto offre une perspective dont pourrait s'inspirer l'Outaouais. Dans son plan d'utilisation efficace de l'eau, Toronto propose principalement les mesures suivantes : pour le secteur municipal, la détection des pertes d'eau dans les réseaux et le contrôle informatisé de l'irrigation; pour les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel, le remplacement des toilettes et des laveuses, la restriction d'eau et la surveillance de l'utilisation extérieure de l'eau; pour le secteur industriel, la surveillance de l'utilisation d'eau et la restriction d'eau (Toronto Environment Office, 2012). En ce qui a trait à l'agriculture, le sud de l'Ontario bénéficie non seulement d'un climat, mais d'un sol propice à certaines cultures qui sont uniques, par exemple les arbres fruitiers, qui nécessitent également le recours à l'irrigation. Il en va autrement en Outaouais : la majorité des sols de l'Outaouais sont peu favorables à l'agriculture. On ne verra pas ces productions en Outaouais même si la température devient plus

clément. Il existe, en Ontario, un système de comités consultatifs sur l'irrigation qui pourrait servir à l'Outaouais mais aussi aux autres régions du Québec. Il s'agit d'une initiative visant à gérer localement les ressources en eau. Le concept des comités consultatifs sur l'irrigation consiste à améliorer les processus d'octroi de permis de prélèvement d'eau et à augmenter l'efficacité du *Plan d'intervention en cas de baisse du niveau des eaux* dont s'est récemment doté l'Ontario en assurant une réduction et un partage rapide des prélèvements d'eau pendant les périodes de faible niveau (MRN, 2003). Il s'agit d'une alternative intéressante aux tribunaux ainsi qu'aux règlements provinciaux. Les conflits peuvent donc être réglés au sein même des communautés, de façon plus conviviale. L'analogue climatique de New York apporte également son lot d'informations intéressantes dont pourrait se servir l'Outaouais. La Ville de New York a conçu un plan de réponse aux changements climatiques qui inclut, entre autres, les mesures suivantes : concernant l'efficacité de l'eau, un programme pour la détection des fuites dans les réseaux de distribution, l'usage de pommes de douche, de toilettes et de laveuses plus efficaces, l'usage de baril de récupération d'eau de pluie et la tarification équitable de l'eau; un programme de gestion en cas de sécheresse.

Tableau 4-15. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de l'Outaouais (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue		
			Sud de l'Ontario ¹	Pennsylvanie	New York
MUN	10 ³ m ³ /an	29 655	384 800	1 962 000	3 495 600
DOM	10 ³ m ³ /an	–	54 400	210 000	193 400
COM	10 ³ m ³ /an	1 195	–	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	2 061	36 900	33 600	70 600
ÉLE	10 ³ m ³ /an	1 492	18 700	85 400	41 200
AQU	10 ³ m ³ /an	5 540	–	724 000	87 200
IND	10 ³ m ³ /an	43 193	465 600	1 196 100	462 600
PTH	10 ³ m ³ /an	–	16 092 100	8 884 200	16 607 700
DIV	10 ³ m ³ /an	–	100 700	–	–
TOT/PTH ²	10 ³ m ³ /an	82 336	1 061 100	4 200 300	4 393 800
TOT	10 ³ m ³ /an	82 336	17 153 200	13 084 500	21 001 500
Superficie	km ²	34 074	–	119 283	141 299
Intensité ³	–	[1]	–	[4]	[4]
Population	hab.	358 872	12 340 000	12 702 379	19 378 102
Cons. hab.	m ³ /hab/an	229	–	1 030	1 084
Sols ⁴		B4/P3/G1	B1/G1	Al/In/UI	Po/Al/In

¹ Les statistiques fournies sont pour tout l'Ontario (Ratcliff, 2005).

² TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

³ Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

⁴ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, UI : Ultisol.

Les principaux conflits d'usage sont liés à l'exploitation de l'eau souterraine. Embouteilleurs, terrains de golf et lieux d'enfouissement sont au cœur des débats sur l'utilisation de l'eau qui rivalise notamment avec l'usage municipal. Également, l'Outaouais est la troisième région en importance pour la production aquicole. Ce type de production nécessite de grandes quantités d'eau et la qualité des rejets est inquiétante pour les utilisateurs en aval. La production d'hydroélectricité est également intense dans cette région, si bien que tous les cours d'eau de la région ont au moins un barrage. Sur le plan climatique, toute baisse des précipitations ou hausse de l'évaporation aura des impacts sur la production d'hydroélectricité pour la région de l'Outaouais. Le CEHQ (2012a) prévoit une réduction des apports à la rivière des Outaouais. Les industries ponctionnant à même les cours d'eau, tout comme les établissements de production hydroélectrique, sont vulnérables à une baisse des débits ainsi qu'aux étiages qui pourraient se prolonger. Sur la question de l'approvisionnement municipal, la Ville de Gatineau, par exemple,

connaît des épisodes de manque d'eau dû aux sécheresses, à l'accroissement de la consommation et au vieillissement des infrastructures.

4.3.7 Abitibi-Témiscamingue

De la même manière que pour sa voisine, l'Outaouais, l'Abitibi-Témiscamingue voit ses prélèvements dominés par l'industrie dans une proportion de 71%. Les mines sont les principales utilisatrices de l'eau. Les municipalités utilisent 27% de l'eau pour leur usage tandis que l'agriculture n'en retire qu'une faible proportion (2%).

Les territoires analogues identifiés pour l'Abitibi-Témiscamingue sont le sud de l'Ontario et l'Outaouais. Une consommation par habitant plus élevée en Abitibi-Témiscamingue (711 m³/hab/an) qu'en Outaouais (229 m³/hab/an) témoigne de la présence plus forte d'industries sur le territoire de l'Abitibi-Témiscamingue. L'Outaouais offre un point de vue intéressant sur l'avenir climatique de l'Abitibi-Témiscamingue. La déforestation et un climat plus propice à l'agriculture pourraient faire en sorte qu'elle y soit davantage pratiquée. Par ailleurs, l'Abitibi-Témiscamingue présente un potentiel immense pour l'agriculture, en raison d'une large étendue de sol de type gleysol éluvié, un sol fort propice à l'agriculture mais variable selon le niveau de matière organique (Gagné, 2012; IRDA, 2008; IRDA, 2007; IRDA, 2002). Sous l'effet des températures plus chaudes, une grande partie de l'Abitibi-Témiscamingue pourrait dorénavant pratiquer l'agriculture. Il va sans dire que le sol de l'Abitibi-Témiscamingue est très différent de celui du sud de l'Ontario, ce qui fait qu'on ne peut imaginer que l'agriculture, malgré des températures plus clémentes, se fera de la même façon qu'en territoire analogue où poussent entre autres plusieurs arbres fruitiers. En contrepartie, rien ne laisse présager que l'Abitibi-Témiscamingue irriguera davantage. Tout dépend de ce qui y est cultivé. Par exemple, les terres de l'Abitibi-Témiscamingue seraient propices à l'installation de cannebergières, qui nécessitent des sols sableux ou des tourbières (Thomas, 2003). Quant à la production aquicole de l'Abitibi-Témiscamingue, elle est importante (la 4^e au Québec) et en pleine expansion, ce qui pourrait conduire à des prélèvements d'eau plus élevés, une eau rendue non disponible à d'autres usages et dont la consommation est accentuée par une plus grande évaporation.

Tableau 4-16. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de l'Abitibi-Témiscamingue (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Sud de l'Ontario ¹	Outaouais
MUN	10 ³ m ³ /an	27 975	384 800	29 655
DOM	10 ³ m ³ /an	–	54 400	–
COM	10 ³ m ³ /an	61	–	1 195
IRR	10 ³ m ³ /an	233	36 900	1 099
ÉLE	10 ³ m ³ /an	1 427	18 700	1 492
AQU	10 ³ m ³ /an	0	–	5 540
IND	10 ³ m ³ /an	74 118	465 600	43 193
PTH	10 ³ m ³ /an	–	16 092 100	–
DIV	10 ³ m ³ /an	–	100 700	–
TOT/PTH ²	10 ³ m ³ /an	103 936	1 061 100	82 274
TOT	10 ³ m ³ /an	103 936	17 153 200	82 274
Superficie	km ²	65 143	–	34 074
Intensité ³	–	[1]	–	[1]
Population	hab.	145 886	12 340 000	358 872
Cons. hab.	m ³ /hab/an	711	–	229
Sols ⁴		G4/P3/L2	B1/G1	B4/P3/G1

¹ Les statistiques fournies sont pour tout l'Ontario (Ratcliff, 2005).

² TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

³ Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

⁴ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

Le pompage de la nappe d'eau souterraine pour le maintien à sec des chantiers miniers provoque le rabattement de celle-ci, générant des conflits sérieux avec les autres usagers de l'eau souterraine. En plus des problèmes d'approvisionnement, les parcs de résidus sont nombreux et la contamination de l'eau par les métaux lourds réduit sensiblement la qualité de l'eau. Les forêts, qui sont des réservoirs naturels d'eau, sont drainées pour être récoltées. Quant au secteur de pâtes et papiers, les volumes d'eau prélevés et rejetés sont importants. D'autant plus que la *Loi sur les mines* a préséance sur la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, ce qui laisse peu de marge aux autres secteurs pour l'approvisionnement en eau. Les réservoirs servant à la production hydroélectrique sont abondants sur le territoire et leur fluctuation cause des problèmes d'érosion et des conflits d'usages, comme la villégiature, par exemple. Selon le CEHQ (2012a), une réduction très probable des apports en eau est escomptée pour la rivière des Outaouais, ce qui risque d'affecter la production hydroélectrique et ainsi que les réservoirs

d'eau. Et comme l'Abitibi-Témiscamingue regroupe un grand nombre de lacs et de réservoirs, l'évaporation risque de s'accroître avec l'augmentation prévue des températures, réduisant la disponibilité de l'eau.

4.3.8 Chaudière-Appalaches

La majorité des approvisionnements de la région Chaudière-Appalaches sont destinés aux municipalités (53%) puis, à l'agriculture (37%), dont 10% pour l'irrigation, 15% pour l'élevage et 9% pour l'aquaculture, et enfin, à l'industrie (10%). Les mines et les manufactures, les carrières et les tourbières ainsi que les raffineries, les usines de transformation des aliments et de textiles sont très présentes sur le territoire. L'agriculture occupe 30% du territoire de la région, dominée par les élevages de porcs et de volaille.

Comme les autres régions du centre sud du Québec, la région de Chaudière-Appalaches est associée aux territoires analogues de la Virginie-Occidentale et du New Jersey. Le principal aspect à surveiller dans Chaudière-Appalaches est le développement de l'agriculture. Or, il est intéressant de constater que Chaudière-Appalaches et l'est du New Jersey ont le même type de sol, soit le podzol. De ce fait, et comme le New Jersey est reconnu pour irriguer beaucoup (8% de ses prélèvements – sans la production thermoélectrique) et que les cultures se ressemblent (maïs-grain, soya, légumes), on pourrait imaginer que Chaudière-Appalaches se mette à irriguer davantage. L'élevage des animaux terrestres est une activité de grande importance dans cette région, qui occupe 15% des prélèvements. Ce secteur d'activités n'est pas aussi important dans les territoires analogues. Chaudière-Appalaches aurait également intérêt à s'inspirer des mesures d'adaptation énoncées dans le plan de conservation de l'eau du New Jersey (voir Section 4.3.2).

Tableau 4-17. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de Chaudière-Appalaches (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Virginie-Occidentale	New Jersey
MUN	10 ³ m ³ /an	43 516	261 100	1 323 600
DOM	10 ³ m ³ /an	–	46 300	109 800
COM	10 ³ m ³ /an	629	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	10 590	0	131 400
ÉLE	10 ³ m ³ /an	12 204	6 900	1 600
AQU	10 ³ m ³ /an	7 079	72 800	12 600
IND	10 ³ m ³ /an	7 846	1 334 700	171 700
PTH	10 ³ m ³ /an	–	4 904 900	8 460 000
DIV	10 ³ m ³ /an	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	81 884	1 741 000	1 750 600
TOT	10 ³ m ³ /an	81 884	6 645 900	10 210 600
Superficie	km ²	15 216	62 755	22 588
Intensité ²	–	[1]	[3]	[5]
Population	hab.	403 011	1 852 994	8 791 894
Cons. hab.	m ³ /hab/an	203	3 587	1 161
Sols ³		P3	Ul/In	Ul/AI

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, AI: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, UI : Ultisol.

Les eaux de surface et souterraines sont abondantes dans Chaudière-Appalaches. Cependant, l'approvisionnement devient problématique pour plusieurs municipalités, tantôt en raison du développement urbain qui crée une pression accrue sur la demande en eau, tantôt à cause de la qualité de l'eau qui se détériore. En effet, bon nombre de rivières connaissent actuellement une baisse de qualité de l'eau dont les contaminants proviennent principalement des rejets agricoles (élevages porcins, fertilisation). De plus, la moitié de la population de Chaudière-Appalaches s'alimente à partir de la nappe phréatique à l'aide de puits individuels et la qualité de l'eau est peu surveillée bien qu'à haut risque de contamination d'origine agricole. Plusieurs barrages sont érigés sur le territoire, la plupart pour l'usage récréatif. Les réservoirs créés par ces barrages offrent un potentiel d'approvisionnement notamment pour l'agriculture. Cependant, le MDDEP estime que la capacité des réseaux municipaux est dépassée. Comme pour la Capitale-Nationale, les impacts d'une baisse de niveau du fleuve Saint-Laurent sur l'emplacement et la salinisation des prises d'eau potable préoccupe la région. De même, la disponibilité en eau constante pour

les besoins agricoles est un enjeu majeur pour les années à venir. L'industrie du golf est très présente dans Chaudière-Appalaches. Elle domine largement les autres régions avec 42% des volumes prélevés pour l'irrigation des terrains de golf au Québec. Cette activité est également responsable de 38% des prélèvements effectués sur le territoire de Chaudière-Appalaches. Selon Scott and Jones (2006), l'industrie du golf est influencée de façon importante par les changements climatiques : par exemple, des températures plus chaudes (plus de sécheresse, saison d'activité plus longue) augmentent les besoins en eau pour l'irrigation et la fertilisation. C'est ce qui se produira probablement dans la région de Chaudière-Appalaches.

4.3.9 Laval

Presque toute l'eau utilisée se destine à l'approvisionnement municipal (95%), ce qui inclut les industries reliées aux réseaux de distribution.

Les territoires analogues identifiés pour la région de Laval sont les mêmes que ceux de la région de Montréal puisque le point de grille du modèle climatique régional est le même pour ces deux régions. Les conclusions sont par conséquent sensiblement les mêmes c'est-à-dire que Laval aurait tout intérêt à s'inspirer des grandes villes à l'intérieur des territoires analogues plutôt qu'aux territoires en tant que tel. Par exemple, une étude a été menée sur la Ville de Cincinnati (Ohio) sur l'évolution de la consommation d'eau en fonction d'une augmentation des températures (Wang *et al.*, 2012). Il a été démontré que les changements climatiques ont un effet très important sur la consommation d'eau du secteur municipal. Le modèle a également testé l'effet de différents scénarios de mesures de conservation telles que les toitures vertes (en différentes proportions : 100%, 50% et 0% du territoire), le recouvrement des piscines et les mesures de conservation domiciliaires (augmentation de l'efficacité des pommes de douche, laveuses, lave-vaisselle, robinets et réduction des fuites) pour évaluer leur impact sur la demande en eau. Ces chercheurs ont démontré que ces mesures, mises en commun, permettent de réduire significativement l'impact sur la consommation d'eau d'une augmentation de la température dans la Ville de Cincinnati.

Tableau 4-18. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de Laval (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue		
			Indiana	Ohio	Virginie-Occidentale
MUN	10 ³ m ³ /an	81 489	934 000	1 975 800	261 100
DOM	10 ³ m ³ /an	–	171 300	205 900	46 300
COM	10 ³ m ³ /an	144	–	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	1 142	208 600	58 900	0
ÉLE	10 ³ m ³ /an	20	53 500	33 300	6 900
AQU	10 ³ m ³ /an	0	1 600	13 100	72 800
IND	10 ³ m ³ /an	2 538	3 177 900	1 211 700	1 334 700
PTH	10 ³ m ³ /an	–	8 359 100	12 338 400	4 904 900
DIV	10 ³ m ³ /an	–	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	85 333	4 545 700	3 550 900	6 645 900
TOT	10 ³ m ³ /an	85 333	12 904 800	15 889 300	1 741 000
Superficie	km ²	244	94 321	116 096	62 755
Intensité ²	–	[5]	[5]	[5]	[3]
Population	hab.	391 893	6 483 802	11 536 504	1 852 994
Cons. hab.	m ³ /hab/an	218	701	307	3 587
Sols ³		B1	Al/Mo	Al	Ul/In

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

Laval connaît des épisodes de manque d'eau dû aux sécheresses et est particulièrement vulnérable aux changements climatiques sur la question de l'approvisionnement municipal (Champagne, 2005). Par ailleurs, les prises d'eau de Laval sont extrêmement vulnérables à une baisse du niveau de la rivière des Outaouais. Également, comme la région est sujette à des inondations, principalement en raison de la construction de bâtiments et de résidences en zones inondables, les événements extrêmes de pluies ne feront qu'aggraver ces situations.

4.3.10 Lanaudière

La région de Lanaudière prélève 63% de son eau pour les usages municipaux (incluant les industries raccordées aux réseaux de distribution), 21% pour l'industrie s'approvisionnant de façon autonome et 16% pour l'agriculture (12% pour l'irrigation, spécifiquement). Les industries sont majoritairement alimentaires, manufacturières et des pâtes et papiers. Plusieurs barrages

sont en place, souvent utilisés pour des fins récréatives privées, mais aussi pour la production aquicole.

Les territoires analogues identifiés pour Lanaudière sont semblables à ceux de la Mauricie, soit le Connecticut et le Rhode Island. Si l'on ne tient pas compte de la production thermoélectrique, la consommation par habitant du Connecticut et celle du Rhode Island sont de 265 et 183 m³/hab/an, respectivement, ce qui est très près de celle de Lanaudière, soit de 183 m³/hab/an. Les proportions d'utilisation d'eau sont fortement similaires entre Lanaudière et le Connecticut : pour Lanaudière, respectivement 63%, 21% et 16% vont à l'approvisionnement municipal, industriel et agricole; pour le Connecticut, ce sont respectivement 70%, 16% et 3%. Au total des prélèvements, l'irrigation de Lanaudière (12%) occupe une plus grande place que celle du Connecticut et du Rhode Island (respectivement 3% et 4%). L'irrigation dans la région de Lanaudière se destine principalement à la production maraîchère et de pommes de terre. C'est la seconde région en importance pour l'irrigation au Québec. L'irrigation pratiquée au Connecticut cible également ces cultures, mais de façon moins importante. La production végétale du Connecticut est dominée par des pâturages destinés à l'élevage, une activité importante sur le territoire, tout comme dans Lanaudière. À l'instar de Lanaudière, le Rhode Island pratique l'irrigation de la pomme de terre. Tout comme la plupart des régions situées au nord du fleuve Saint-Laurent, une grande partie du sol de Lanaudière est peu favorable à l'agriculture. La culture de la pomme de terre, qui prospère en milieu plus froid, est moins productive dans les régions plus chaudes. Même si les températures augmentent, rien ne laisse présager que cette culture pourrait décliner à la faveur de productions qui prospèrent mieux sous la chaleur telles les céréales, les oléagineux, les fruits et les légumes, et dont les besoins en eau sont différents. C'est pourtant actuellement une réflexion que s'imposent les états du nord-est des États-Unis, dont font partie les territoires analogues identifiés pour Lanaudière (Mid-Atlantic program, 2010).

Tableau 4-19. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de Lanaudière (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Connecticut	Rhode Island
MUN	10 ³ m ³ /an	52 625	663 200	165 800
DOM	10 ³ m ³ /an	–	87 200	8 400
COM	10 ³ m ³ /an	84	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	10 578	31 100	7 600
ÉLE	10 ³ m ³ /an	2 962	1 700	300
AQU	10 ³ m ³ /an	416	11 800	8 000
IND	10 ³ m ³ /an	17 277	150 300	3 100
PTH	10 ³ m ³ /an	–	4 251 400	366 800
DIV	10 ³ m ³ /an	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	83 942	943 700	192 800
TOT	10 ³ m ³ /an	83 942	5 195 100	559 600
Superficie	km ²	13 537	14 357	4 002
Intensité	–	[1]	[4]	[3]
Population	hab.	457 962	3 574 097	1 052 567
Cons. hab.	m ³ /hab/an	183	1 454	532
Sols ³		P3	In	In

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

La population de Lanaudière est celle qui est appelée à s'accroître le plus au Québec, au cours des prochaines années et son potentiel de développement est significatif, tout comme la perspective d'accroissement de sa demande en eau. En général, l'approvisionnement municipal en eau n'y est pas conflictuel. Néanmoins, les approvisionnements dans la nappe phréatique, qui représentent le tiers des prélèvements, sont à risque de contamination, principalement de source agricole. Les changements climatiques auront les répercussions suivantes sur cette région : des étiages prolongés affectant les usages pour l'industrie et l'agriculture, des événements extrêmes de sécheresses et de précipitation influençant les apports aux barrages, etc.

4.3.11 Laurentides

Le profil des Laurentides ressemble à celui de Lanaudière : 76% des prélèvements vont aux municipalités; 10% aux industries; 18% à l'agriculture (6% à l'aquaculture). Les industries sont

principalement des carrières et des sablières et des établissements manufacturiers. Plusieurs barrages sont également en place, majoritairement pour favoriser les activités récréatives.

Les territoires analogues identifiés pour les Laurentides sont par contre différents : Virginie-Occidentale et Pennsylvanie. Le climat des Laurentides se rapproche davantage de celui des régions québécoises du centre (Capitale-Nationale, Mauricie, Chaudière-Appalaches et Estrie). La consommation par habitant y est très faible par rapport aux autres régions du Québec (167 m³/an) et aux territoires analogues (331 m³/an pour la Pennsylvanie et 939 m³/an pour la Virginie-Occidentale, si l'on exclut la production thermoélectrique du calcul). Les proportions des différents secteurs d'approvisionnement sont également dissemblables. Comme la région des Laurentides est appelée à se développer et que sa population augmentera au cours des prochaines années, l'approvisionnement en eau des réseaux municipaux est à surveiller. Sur le plan agricole, c'est l'aquaculture qui s'approprie la plus grande partie des prélèvements. Tout comme dans la région de Lanaudière et de la Mauricie, une grande partie du sol de la région des Laurentides n'est pas propice à l'agriculture. Il est possible que l'agriculture s'accroisse sous l'effet des températures plus chaudes de concert avec la pratique de l'irrigation, étant donné la nature pauvre des sols.

Tableau 4-20. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région des Laurentides (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Pennsylvanie	Virginie-Occidentale
MUN	10 ³ m ³ /an	68 522	1 962 000	261 100
DOM	10 ³ m ³ /an	–	210 000	46 300
COM	10 ³ m ³ /an	1 907	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	4 306	33 600	0
ÉLE	10 ³ m ³ /an	1 365	85 400	6 900
AQU	10 ³ m ³ /an	5 494	724 000	72 800
IND	10 ³ m ³ /an	8 658	1 196 100	1 334 700
PTH	10 ³ m ³ /an	–	8 884 200	4 904 900
DIV	10 ³ m ³ /an	–	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	90 252	4 200 300	1 741 000
TOT	10 ³ m ³ /an	90 252	13 084 500	6 645 900
Superficie	km ²	22 445	119 283	62 755
Intensité ²	–	[1]	[4]	[3]
Population	hab.	542 416	12 702 379	1 852 994
Cons. hab.	m ³ /hab/an	167	1 030	3 587
Sols ³		P3	Al/In/UI	UI/In

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, UI : Ultisol.

La région éprouve des problèmes de captage de l'eau souterraine à des fins commerciales, c'est-à-dire, par les embouteilleurs d'eau, créant des conflits d'usages avec les utilisateurs de l'aquifère. L'élevage intensif de bovins crée également des problèmes de qualité des eaux souterraines, entre autres. L'aménagement de nombreux barrages crée des conflits sur la rivière Lièvre, par exemple. Les répercussions des changements climatiques sont, de façon très générale, l'irrégularité dans la disponibilité de l'eau (étiages, inondations) et une augmentation possible de l'intensité de l'agriculture.

4.3.12 Montérégie

Les industries d'approvisionnement autonome et les municipalités utilisent respectivement 57% et 34% des prélèvements de la Montérégie. C'est dans cette région que l'irrigation est la plus intense en termes de volumes, comptant pour 6% des prélèvements. La région est également

caractérisée par une production d'énergie par l'extraction de gaz accaparant 16% des prélèvements.

Les territoires analogues identifiés pour la Montérégie sont sensiblement les mêmes que ceux des régions du centre sud du Québec (Capitale-Nationale, Chaudière-Appalaches, Estrie, Centre-du-Québec). Le New Jersey offre une perspective intéressante. Les proportions des prélèvements selon les différents secteurs d'activités sont semblables à la différence que le New Jersey irrigue davantage que la Montérégie (8% des prélèvements, excluant la production thermoélectrique), qu'il est plus peuplé et que sa production industrielle (10% des prélèvements, excluant la production thermoélectrique) est plus faible. Au New Jersey, les prélèvements sont majoritairement destinés à la production maraîchère (73% de l'irrigation pour des fins agricoles) et de façon moins importante aux grandes cultures (maïs-grain 10% et soya 6%). En Montérégie, la production maraîchère occupe 67% de l'irrigation pour des fins agricoles et le reste va à l'irrigation de la pomme, la culture en serre, l'irrigation des petits fruits et de la pomme de terre. Quant au territoire analogue de la Virginie-Occidentale, il ne serait pas prudent d'en retirer des conclusions pour la Montérégie du futur puisqu'aucune irrigation n'est pratiquée dans cet état. L'avenir de la Montérégie en termes de demande en eau pour l'irrigation des cultures demeure incertain. Plusieurs questions se posent, notamment si l'irrigation augmentera sous l'effet combiné des températures et d'une hausse de l'évaporation. De prime abord, on peut penser que si l'irrigation est en hausse, elle sera compensée par l'utilisation de technologies et de pratiques plus conservatrices de l'eau et plus efficaces. Parallèlement, sous la force du travail du sol, une couche indurée se forme et s'installe dans les terres agricoles, ce qui ouvre la porte toute grande à l'irrigation pour contrecarrer cet effet (Caron, 2012). D'autres solutions s'offrent comme alternatives, par exemple l'utilisation de cultivars plus résistants au déficit hydrique. Enfin, les modèles climatiques révèlent une incertitude importante sur l'évolution de la variable des précipitations ce qui laisse un manque d'information énorme quant aux précipitations dans le futur.

Tableau 4-21. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région de la Montérégie (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Virginie-Occidentale	New Jersey
MUN	10 ³ m ³ /an	137 614	261 100	1 323 600
DOM	10 ³ m ³ /an	–	46 300	109 800
COM	10 ³ m ³ /an	144	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	23 442	0	131 400
ÉLE	10 ³ m ³ /an	13 742	6 900	1 600
AQU	10 ³ m ³ /an	2 586	72 800	12 600
IND	10 ³ m ³ /an	229 183	1 334 700	171 700
PTH	10 ³ m ³ /an	77 119	4 904 900	8 460 000
DIV	10 ³ m ³ /an	86	–	–
TOT/PTH ¹	10 ³ m ³ /an	405 239	1 741 000	1 750 600
TOT	10 ³ m ³ /an	482 358	6 645 900	10 210 600
Superficie	km ²	11 344	62 755	22 588
Intensité ²	–	[2]	[3]	[5]
Population	hab.	1 428 475	1 852 994	8 791 894
Cons. hab.	m ³ /hab/an	339	3 587	1 161
Sols ³		P3	Ul/In	Ul/Al

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

La Montérégie est la région dont les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine sont les plus contaminés par les pesticides. On y dénombre également plusieurs conflits d'usages de l'eau souterraine, entre autres avec des compagnies d'embouteillage d'eau. Les inondations et les débordements des égouts municipaux y sont fréquents. Comme les besoins en eau de l'agriculture devraient connaître une augmentation de 50% ou plus dans le bassin des Grands Lacs au cours des prochaines années (voir Tableau 4-4), la Montérégie est hautement vulnérable au manque d'eau pour l'irrigation des cultures et l'abreuvement des animaux. De plus, sa production d'énergie liée aux gaz ayant tendance à augmenter, les besoins en eau pourraient se multiplier. La Montérégie est également liée à la production agroalimentaire et à l'embouteillage d'eau. Ces industries entrent en conflit avec l'agriculture et les municipalités. De même, les inondations de la rivière Richelieu en 2011 rappellent que la région est vulnérable aux aléas du climat et aux événements extrêmes.

4.3.13 Centre-du-Québec

La majeure partie des prélèvements du Centre-du-Québec se destinent à la centrale nucléaire de Gentilly (87%). Si l'on exclut la production thermoélectrique du calcul, l'approvisionnement d'eau se répartit comme suit : 35% pour les municipalités, 36% pour les industries d'approvisionnement autonome et 28% pour l'agriculture. L'agriculture du Centre-du-Québec est la première en importance au Québec en termes de prélèvement d'eau, devant la Montérégie, en raison de sa production de canneberges. Les industries sont lourdes et situées pour la plupart aux abords de la centrale nucléaire.

Les territoires analogues identifiés pour le Centre-du-Québec sont sensiblement les mêmes que ceux des régions climatiquement similaires dans le Québec central. À l'instar du New Jersey, le recours à l'irrigation dans la gestion des cultures du Centre-du-Québec est courant. C'est la grande production de canneberges qui en est à l'origine. Fait important : la production de canneberges est pratiquement identique dans les deux régions (1 601 ha au Centre-du-Québec et 1 437 ha au New Jersey). Le Centre-du-Québec aurait avantage à s'inspirer du New Jersey dans sa stratégie d'adaptation. Par exemple, pour ce qui est de la production de canneberges, 95% des entreprises du New Jersey récoltent en inondant les terres tandis que 5% le font mécaniquement. Au Québec, on préconise la récolte par inondation. La consommation d'eau de cette activité est de 25 à 30%, ce qui en fait un préleveur important, malgré la faible superficie qu'elle occupe.

Tableau 4-22. Volumes d'eau prélevés par secteur d'activités pour la région du Centre-du-Québec (région de référence) et les territoires analogues.

Secteur d'activités	Unité	Région de réf.	Région analogue	
			Virginie-Occidentale	New Jersey
MUN	10 ³ m ³ /an	27 286	261 100	1 323 600
DOM	10 ³ m ³ /an	–	46 300	109 800
COM	10 ³ m ³ /an	10	–	–
IRR	10 ³ m ³ /an	12 627	0	131 400
ÉLE	10 ³ m ³ /an	8 171	6 900	1 600
AQU	10 ³ m ³ /an	1 453	72 800	12 600
IND	10 ³ m ³ /an	28 401	1 334 700	171 700
PTH	10 ³ m ³ /an	632 864	4 904 900	8 460 000
DIV	10 ³ m ³ /an	0	–	–
TOT/PTH ¹		77 948	1 741 000	1 750 600
TOT	10 ³ m ³ /an	710 812	6 645 900	10 210 600
Superficie	km ²	7 264	62 755	22 588
Intensité ²	–	[4]	[3]	[5]
Population	hab.	230 685	1 852 994	8 791 894
Cons. hab.	m ³ /hab/an	338	3 587	1 161
Sols ³			Ul/In	Ul/Al

¹ TOT/PTH : Total sans la production thermoélectrique.

² Intensité : [1] 0 à 32 000 m³/km²/an (0 à 60 000 gallons/mile²/jour); [2] 32 000 à 64 000 m³/ km²/an (60 000 à 120 000 gallons/mile²/jour); [3] 64 000 à 80 000 m³/ km²/an (120 000 à 150 000 gallons/mile²/jour); [4] 80 000 à 120 000 m³/ km²/an (150 000 à 220 000 gallons/mile²/jour); [5] 120 000 à 180 000 m³/ km²/an (220 000 à 330 000 gallons/mile²/jour). L'intensité est le volume d'eau annuel prélevé par hectare.

³ Types de sol : B1 : Brunisol mélanique, B4 : Brunisol dystrique, G1 : Gleysol humide, G2 : Gleysol, G4 : Gleysol éluvié, L2 : Luvisol gris, P3 : Podzol humo-férrique, Al: Alfisol, In : Inceptisol, Mo : Mollisol, Ul : Ultisol.

La canneberge est une culture en plein essor dans le Centre-du-Québec. L'eau nécessaire à sa production provient de sources en surface ou souterraines. Compte tenu du contexte économique compétitif actuel (avec le marché américain notamment), sans un approvisionnement en eau en quantité suffisante, la production de ces fruits devient extrêmement difficile. Comme un accroissement de la production est envisagé pour les prochaines années, la question de l'approvisionnement en eau est un enjeu crucial. La croissance de cette industrie la rend plus vulnérable sur le plan de l'approvisionnement en raison de la distribution variable des précipitations appréhendée, accompagnée de sécheresses (et d'étiages) prolongées. D'ailleurs, la production de canneberges est à l'origine de nombreux conflits d'usage au Centre-du-Québec, car elle nécessite l'immobilisation d'une grande quantité d'eau et les projets d'exploitation sont controversés. Une hausse des besoins en prélèvement pour la production de canneberges, combinée à de plus faibles débits en rivières (liés, entre autres, à la hausse des températures), ne feront qu'accentuer la problématique déjà existante

de l'approvisionnement notamment dans la rivière Bécancour (CEHQ, 2008). Une étude démontre que la proportion d'entreprises en déficit d'eau et le nombre de périodes de déficit en eau augmente (CEHQ, 2008). Rappelons que les besoins en eau sont élevés en période de gel (au printemps et à l'automne), lors des sécheresses (en été) et lors de la récolte (à l'automne). Ces prévisions inquiètent les membres de l'association des producteurs de canneberges qui souhaiteraient optimiser leurs prélèvements en eau afin de pouvoir stocker dans leurs réservoirs d'alimentation des quantités suffisantes pour les besoins de leur production (CEHQ, 2008). Enfin, comme toutes les régions s'approvisionnant au fleuve pour leurs réseaux municipaux, le Centre-du-Québec, principalement la Ville de Bécancour, est vulnérable à une baisse du niveau de celui-ci. Sur le plan de la qualité de l'eau dans le Centre-du-Québec, on dénonce les dommages causés au lac Saint-Pierre (dragage de la voie maritime), la pollution d'origine agricole ainsi que la contamination de l'eau par les rejets de la centrale nucléaire.

5. Discussion, recommandations et conclusion

Le Québec fait partie des territoires avantagés par une précipitation supérieure à la moyenne. De plus sa géologie et son climat limitent l'évapotranspiration et favorisent d'abondants écoulements de surface – les Québécois ont largement su tirer profit de cet avantage. L'accroissement et la densification de la population québécoise encouragent toutefois une révision des anciens modes de conservation, de protection, de gestion et de gouvernance de ses ressources en eau. Les stress exercés sur les ressources locales se sont effectivement accrus en plusieurs endroits et les changements climatiques en cours impacteront également l'offre et la demande en eau. Il faut retenir qu'en général, les plus petits systèmes sont plus vulnérables que les grands; les systèmes diversifiés et ceux qui ont déjà été exposés sont plus résistants; les systèmes développés rapidement qui font face à une demande d'eau accrue sont plus vulnérables (par exemple, le développement domiciliaire). Toutes nos prévisions ont des limites, surtout parce qu'elles se fondent sur l'utilisation historique de l'eau et l'incertitude est encore grande. De nombreux facteurs pourraient un jour modifier ces prévisions, en particulier les améliorations progressives de l'utilisation de l'eau par le déploiement de technologies novatrices.

5.1 Avantages et limites de la méthode des climats analogues

Les territoires identifiés par la méthode des climats analogues découlent avant tout des projections effectuées à l'aide des modèles climatiques. La méthode des climats analogues doit donc être perçue comme un moyen objectif d'identifier des territoires dont le climat actuel s'apparente au climat projeté de la région à l'étude. Elle fournit ainsi un aperçu visuel intuitif des projections climatiques, ce qui rend l'information facilement accessible à tout un chacun. Les climats analogues offrent alors un scénario élégant à la question : du point de vue climatique, à quelle région ressemblera la nôtre dans 40 ans? La méthode permet ainsi d'aller rechercher (pour s'en inspirer) les modes de gestion de l'eau préconisés dans les territoires analogues.

Il convient de bien distinguer la méthodologie des climats analogues des résultats qui en découlent : les territoires analogues. Il a été démontré que la méthode fonctionne bien. L'approche par climats analogues est inévitablement dépendante des indicateurs sélectionnés, c'est pourquoi elle a également été testée avec des variantes des indicateurs bioclimatiques choisis ici (degrés-jour de chaleur, degrés-jour de froid, cumul annuel des précipitations). Les

résultats ont été sensiblement les mêmes selon que l'une ou l'autre sélection d'indicateurs ait été employée (Grenier *et al.*, 2012). La difficulté des analogues réside dans l'interprétation des résultats, c'est-à-dire dans le lien qui peut être fait entre les régions climatiquement jumelées. La plupart du temps, plusieurs aspects sont communs et la comparaison devient possible. Dans certains cas, il est plutôt imprudent de conclure qu'on peut transposer les modes de gestion du territoire analogue au territoire de référence sans questionnement sur l'état de la population, des secteurs d'activités, de la topographie, de la nature des sols, des variables socioéconomiques, etc. Pour deux régions jumelées qui ont des activités très différentes, par exemple l'une agricole et l'autre forestière, il devient alors difficile de tirer des leçons de l'une pour les transférer à l'autre. Le faire lancerait potentiellement de fausses pistes d'adaptation.

Dans cette étude, des territoires analogues ont été identifiés pour chacune des 13 régions de référence. Les climats du passé récent et du futur ont donc pu être comparés. Pour répondre aux objectifs spécifiques de cette étude, les climats analogues ont été utiles principalement à deux niveaux. En premier lieu, la comparaison a été possible lorsque l'utilisation de l'eau par secteur d'activités était similaire entre les territoires jumelés. En second lieu, il apparaît essentiel de se référer aux différents programmes et stratégies de conservation de l'eau élaborés par les territoires analogues pour y faire l'inventaire des mesures d'adaptation au climat actuel et au climat anticipé. Certains états américains partenaires de l'Entente sont avancés dans l'élaboration d'un programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau; d'autres le sont très peu. La plupart des états identifiés comme territoires analogues ne disposent pas de pareil programme. Les résultats présentés dans la section précédente sont ainsi sommaires et nécessitent un effort supplémentaire de la part du lecteur au niveau de la décortication des programmes.

En définitive, ce que les climats analogues nous disent surtout c'est qu'il n'y a pas lieu d'être alarmiste avec les changements prévus au climat quant à l'évolution de la demande en eau. Effectivement, les territoires analogues identifiés ont dans l'ensemble des coefficients de consommation similaires aux nôtres, ce qui laisse croire que ces populations ne recourent pas à davantage d'eau que les Québécois, pour un même usage. Aussi, les régions analogues pratiquent l'irrigation à un niveau assez semblable à celui des Québécois, malgré un climat plus chaud. Cette dernière information est particulièrement signifiante puisque, on le sait, l'irrigation est un usage final (très peu de remise à l'environnement).

5.2 Stratégies d'adaptation générales et modalités

Le Tableau 5-1 fait le résumé des mesures d'adaptations qui pourraient s'appliquer aux régions du Québec à l'étude, par secteur d'activités. Ces mesures sont tirées en grande partie des ouvrages et des références présentés au Chapitre 3.

Tableau 5-1. Résumé des mesures d'adaptation par secteur d'activités.

Secteur	Type	Mesure d'adaptation
Approvisionnement municipal	Mesure d'encouragement	Réduction, barils de pluie, surfaces perméables, diminution des surfaces imperméables; drainage adéquat, bassins de rétention, amélioration de l'efficacité de traitement de l'eau, diversification des sources d'approvisionnement, technologies conservatrices de l'eau (pompes de douche et robinet à plus faible débit, toilette), boisement, recouvrement des piscines.
	Modalité	Compteurs d'eau, redevance de l'eau, permis échangeables d'utilisation d'eau, réhabilitation/relocalisation de prises d'eau
	Règlement et programme	Arrosage, réduction des volumes d'eau perdus en réseau, meilleurs outils municipaux (schéma d'aménagement et de développement, plan directeur de l'eau, plan d'urbanisme et programme particulier d'urbanisme)
	Éducation	Vérifications des installations à domicile, promotion publique de la conservation de l'eau, vente de trousseaux d'économie, installation de matériel pour économiser la ressource

Approvisionnement pour des fins d'irrigation et d'élevage	Mesure d'encouragement	Diversification des cultures (plus résistantes au stress hydrique), boisement, rotation des cultures, pratiques culturales plus conservatrices de l'eau (irrigation optimale, technologie au goutte-à-goutte, moins de fertilisation, semis hâtif), réutilisation de l'eau de drainage au printemps pour les périodes critiques en été, meilleure isolation des bâtiments d'élevage, plantation de brise-vent.
	Modalité	Recherche et développement : technologies d'irrigation et pratiques culturales plus efficaces
	Règlement et programme	Incorporation des pratiques agricoles pertinentes aux plans de gestion intégrée des bassins hydrographiques pour tenir compte des nombreuses utilisations, registre des prélèvements, incorporation des mesures de conservation aux plans agroenvironnementaux, aide financière aux projets de conservation de l'eau, surveillance accrue des piscicultures et des cannebergières.
	Éducation	Promotion de la réutilisation de l'eau lorsque c'est possible, incorporation de la conservation de l'eau aux plans d'accompagnement agroenvironnementaux.
Approvisionnement autonome industriel	Mesure d'encouragement	Réduction de la consommation d'énergie (refroidissement au fil de l'eau), récupération et recyclage des eaux grises, pluviales et usées, utilisation des eaux souterraines.
	Modalité	Tarification, compteurs d'eau au prélèvement et au rejet, recherche et développement de technologies conservatrices de l'eau.
	Règlement et programme	Registre des prélèvements, aide financière aux projets de conservation de l'eau

Pour assurer le développement durable de la ressource en eau, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie (2011) propose des mesures et modalités en quatre volets qui peuvent être consultées plus en détail dans leur document : 1) prévisions d'utilisation de l'eau, 2) instruments de politique, 3) données et informations sur la quantité d'eau et 4) gouvernance participative de l'eau. La Table préconise deux instruments économiques de gestion de l'eau, soit la redevance d'eau et l'échange de permis d'utilisation d'eau. La redevance d'eau est une tarification volumétrique de l'eau qui vise les préleveurs de 75 mètres cube d'eau par jour ou plus et est réglementée par le *Règlement sur la redevance exigible sur l'utilisation de l'eau* du Québec (en vigueur depuis le 1er janvier 2011). Un taux initial de 0,07 \$ par mètre cube d'eau

prélevée a été fixé pour les industries des catégories suivantes : production d'eau en bouteille, fabrication de jus et boissons, fabrication de produits minéraux non métalliques, fabrication de produits agricoles (pesticides et engrais), fabrication de produits chimiques inorganiques et extraction de pétrole et de gaz. Un taux moindre de 0,0025 \$ par mètre cube d'eau a été fixé pour tous les autres secteurs ciblés. Les sommes ainsi perçues seront versées au Fonds vert afin d'aider le gouvernement à s'acquitter d'un certain nombre d'engagements dans les domaines de la gestion intégrée des ressources en eau et de l'acquisition de connaissances. La seconde modalité économique, les permis échangeables d'utilisation d'eau, permet de réaffecter de manière permanente ou temporaire des quantités d'eau de titulaires de permis qui ont trop d'eau à des titulaires de permis qui n'en ont pas assez. Ces échanges se pratiquent essentiellement en Alberta (à petite échelle), aux États-Unis (dans l'Ouest), au Chili, en Australie, en Espagne, par exemple. De façon pratique, ils sont utilisés dans les cas de sécheresse extrême. Ainsi, les entreprises qui arrivent à économiser l'eau peuvent vendre leurs crédits d'attribution d'eau excédentaires à des entreprises requérantes. Un avantage de ce mécanisme est que l'entreprise peut choisir la technologie qui répond le mieux à ses besoins en fonction de son échéancier d'utilisation de l'eau. L'échange de permis d'utilisation d'eau se pratique à l'intérieur d'un bassin versant et sa mise en application requiert non seulement de la prudence, parce qu'elle laisse place à la promotion industrielle de l'eau, mais une réglementation et un cadre juridique, administratif et institutionnel solide pour maintenir le système de gestion de l'eau. Le détachement des droits historiques des riverains est un exemple des difficultés attendues.

5.3 Recommandations

Suite aux différents enjeux discutés dans cette étude, voici cinq recommandations générales pour présenter des mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le programme gouvernemental de conservation et d'utilisation efficace de l'eau.

1^{ère} recommandation

La compilation des données disponibles sur la gestion des prélèvements d'eau (GPE) pour l'année 2011 (voir le Tableau 3.1) a permis d'identifier les deux secteurs d'activités les plus gourmands en eau : les réseaux de distributions municipaux et les industries qui s'approvisionnent de manière autonome. Or, le Gouvernement du Québec a déjà fixé une cible de réduction de 20% à chaque municipalité, avec des dispositions différenciées selon que celle-ci soit rurale ou urbaine. Les municipalités urbaines accueillent souvent sur leur territoire plusieurs industries

s'approvisionnant à même leur réseau public. Ainsi, si une telle municipalité n'atteint pas les objectifs demandés, elle se verra contrainte de faire installer des compteurs d'eau aux principaux préleveurs, en l'occurrence les industries, ce qui ouvre la porte à la tarification de l'eau. De façon indirecte, cette mesure touche donc le secteur industriel, mais exclut de facto les industries qui exploitent une source d'approvisionnement autonome. Notre première recommandation cible ainsi le secteur industriel d'approvisionnement autonome qui ne fait pour l'instant l'objet d'aucune politique d'économie d'eau.

2^e recommandation

Le registre de déclaration des prélèvements d'eau est un outil déterminant dans le processus de cueillette d'information sur l'utilisation faite de l'eau. Sachant le volume d'eau qui est prélevé, par qui il l'est et d'où il provient, nous sommes à même d'obtenir un portrait plus précis de l'utilisation de notre ressource par les grands préleveurs. Une information importante demeure toutefois manquante : il s'agit de la quantité d'eau retournée à l'environnement. Ceci nous contraint à recourir aux coefficients de consommation généraux, souvent inappropriés pour le Québec puisque calculés par et pour nos voisins du sud, pour évaluer les volumes d'eau perdus lors des différents processus. Ainsi, notre deuxième recommandation consiste à accroître la cueillette d'information, principalement celle sur les grands prélèvements, pour une meilleure connaissance de l'utilisation d'eau de son prélèvement à son rejet. Si une telle mesure est jugée trop onéreuse ou difficile à implanter, il serait alors pertinent d'entreprendre des études *ad hoc* afin de valider les valeurs disponibles de coefficient de consommation. De plus, la répétition de telles analyses à rythme régulier, par exemple toutes les 5 à 10 années, permettrait de capter l'évolution des pratiques et du stress climatique.

3^e recommandation

Certaines pratiques agricoles sont préconisées pour leur faible coût, leur simplicité d'utilisation ou encore pour leur popularité. Le choix de ces pratiques détermine non seulement le volume d'eau requis, mais également leur efficacité d'utilisation. Il est encore difficile d'évaluer la quantité d'eau exploitée aux fins d'irrigation au Québec, les volumes étant souvent estimés de manière grossière. Néanmoins, même si les volumes utilisés aux fins agricoles sont moindres que ceux prélevés par les municipalités et les industries, leur usage est en très large part final pour le bassin. Il incombe donc aux gestionnaires de l'eau de s'y intéresser. Par conséquent, notre troisième recommandation consiste à encourager la recherche et le développement de

technologies pour économiser davantage l'eau destinée à l'agriculture et à la mesurer adéquatement. Il faut aussi développer une meilleure connaissance des mécanismes de prise de décision des producteurs agricoles afin d'anticiper l'évolution de la demande future de ce secteur d'activités qui est soumis à de multiples contraintes, dont le climat.

4^e recommandation

Comme quatrième recommandation, nous proposons de s'inspirer des territoires analogues identifiés pour cibler, autant que possible, les interventions québécoises. En effet, il semble avantageux de prendre exemple des expériences des autres dans notre propre quête de solutions, en donnant plus de poids à ceux qui sont déjà exposés à un climat qui risque fort de ressembler au nôtre dans le futur. Cette veille doit être mise à jour en continu et maintenue à long terme puisque les projections actuelles sont empreintes d'incertitudes qui ne pourront s'estomper que partiellement avec le temps et le progrès des outils de projection et d'analyse climatiques.

5^e recommandation

Les volumes d'eau disponibles à la consommation sont finis et doivent remplir d'autres fonctions que le développement des populations. La gestion de l'eau revient donc à un jeu à somme nulle pour lequel tout accroissement de la consommation pour un usage se traduit par une baisse pour un autre usage. Par exemple, on oublie trop facilement qu'une bonne part de l'eau exploitée par la société n'est pas retournée au bassin versant et n'est donc plus disponible pour maintenir l'écosystème aquatique, par exemple. Dans un tel contexte, il est impératif de se doter de règles de gestion et de gouvernance souples de manière à pouvoir arbitrer en continu entre les divers usages de l'eau. Il en est de même pour toutes mesures de conservation et d'utilisation efficace de l'eau. Ceci est d'autant plus critique que les changements climatiques en cours auront pour effet de rendre changeant le volume fini d'eau disponible. Et ce, sans compter que la société change également, ce qui affecte sa population, ses modes d'urbanisation, ses technologies, ses préférences et ses réglementations. Il est donc incontournable que les mesures de conservation et d'utilisation efficace de l'eau du Québec soient souples. Elles doivent également encourager tous les acteurs de la gestion et de la gouvernance de l'eau à adopter une philosophie semblable.

5.4 Conclusion

Cette étude avait pour objectif principal de proposer des mesures d'adaptation liées aux changements climatiques afin de supporter le projet de programme gouvernemental de conservation et d'utilisation efficace des ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. L'analyse de la question a largement reposé sur la méthode des climats analogues.

L'étude comportait quatre sous-objectifs. Dans un premier temps, nous avons identifié les secteurs d'activités où les besoins en eau risquent d'être accrus en raison des changements climatiques. Ces secteurs sont : les municipalités, l'agriculture, ainsi que les industries. Dans le secteur municipal, la vulnérabilité dépend de plusieurs facteurs : la multitude des sources, l'exposition aux événements climatiques, la vulnérabilité des installations, l'évolution de la demande en eau et la capacité d'adaptation des modes de gestion. Dans le secteur agricole, bien que l'on n'entrevoie pas un passage à l'irrigation massive, les sous-secteurs de la production de canneberges et de l'aquaculture sont davantage à risque étant donné les importants volumes d'eau qu'ils requièrent. Dans le secteur industriel, la demande en eau pour le refroidissement risque de s'accroître. Dans un deuxième temps, nous avons ciblé certaines régions du bassin du fleuve Saint-Laurent où la demande en eau risque d'augmenter en raison des changements climatiques. Ces régions sont principalement la Montérégie, la Mauricie, Montréal, la Capitale-Nationale, le Centre-du-Québec et l'Estrie. La Montérégie est la région la plus à risque en raison de l'importance des volumes d'eau prélevés principalement pour les industries et l'agriculture. La Mauricie, avec l'industrie papetière et l'aquaculture bien présentes, est elle aussi vulnérable à une augmentation de la demande en eau. Montréal et la Capitale-Nationale le sont également, surtout en raison de leur population élevée et, dans le cas de Montréal, à des pertes importantes dans ses réseaux de distribution. Quant au Centre-du-Québec et à l'Estrie, ce sont respectivement la production de canneberges et l'aquaculture, dont les volumes d'eau prélevés sont considérables, qui les rendent vulnérables. En troisième lieu, nous avons identifié des mesures d'adaptation appropriées aux secteurs d'activité et aux régions les plus vulnérables aux changements climatiques. Ces mesures ont été sélectionnées en fonction des territoires analogues identifiés. Finalement, nous avons proposé des modalités de mise en œuvre des mesures d'adaptation identifiées. Les mesures d'adaptation ainsi que les modalités de mise en place de ces mesures ont été résumées au Tableau 5-1 pour chaque secteur d'activités.

Les modèles climatiques montrent que le climat se dirige, pour un horizon 2050, vers une augmentation de la température sans changement marqué des précipitations. Cette étude n'anticipe pas d'augmentation remarquable de la demande en eau due aux changements climatiques, d'autres facteurs non-climatiques tout aussi importants entrant toutefois en ligne de compte, par exemple : la population et l'urbanisation croissantes, le développement de technologies, les préférences socio-économiques et la réglementation. Ces conclusions découlent naturellement de conditions climatiques qui varieront somme toute peu. Bien que plusieurs sous-secteurs d'activités et régions où on observe déjà une pression sur la demande en eau aient été identifiés comme vulnérables aux changements climatiques, nous n'anticipons pas qu'ils atteignent un niveau critique d'ici 2050 sur le plan de la demande en eau.

6. Références

- Ancil F. 2008. L'eau et ses enjeux. Les Presses de l'Université Laval, Québec, QC, Canada, 228 p.
- Antosh LM. 2003. Understanding agricultural irrigation in Ohio. Ohio farm bureau federation, 16p.
- Aure F, Charlat G, Chopart JL, Chanut J, François P, Greillier MM, Maillol A, Le Mezo L et Vaudour K. 2010. Guide des bonnes pratiques agricoles à la Réunion. Éditions Ziberlin Olivie, pp. 174-211.
- BAPE. 2000. L'eau, ressource à protéger, à partager et à mettre en valeur. Rapport de la Commission sur la gestion de l'eau au Québec. Disponible sur : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/archives/eau/>.
- Bérubé J. 2007. Évaluation d'un indice de pression sur les approvisionnements municipaux en eau potable au Québec à l'aide d'une méthode de régionalisation des débits d'étiage. Mémoire de maîtrise, INRS-ETE, Québec, QC, 100 p.
- Boicourt K and ZP Johnson (eds.). 2010. Comprehensive Strategy for Reducing Maryland's Vulnerability to Climate Change, Phase II: Building societal, economic, and ecological resilience. Report of the Maryland Commission on Climate Change, Adaptation and Response and Scientific and Technical Working Groups. University of Maryland Center for Environmental Science, Cambridge, Maryland. Disponible sur : http://www.dnr.state.md.us/climatechange/climatechange_phase2_adaptation_strategy.pdf. Accédé le 07-06-2012.
- Bootsma A, Anderson D and S Gameda. 2004. Impacts potentiels du changement climatique sur les indices agroclimatiques dans les régions du sud de l'Ontario et du Québec. Ottawa, ON, 20p.
- Boyer C, Chaumont D, Chartier I, and AG Roy. 2010. Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries. Journal of Hydrology, 384, p.65-83.
- BPR. 2003. Analyse des questions d'approvisionnement en eau pour le secteur de l'agriculture. Programme national d'approvisionnement en eau, Province de Québec – PNAE, Québec, Qc, 64p.
- Brissette F. 2012. Systèmes de prévision des étiages comme moyen d'adaptation aux impacts des changements climatiques. Ouranos. Disponible sur : http://www.ouranos.ca/media/publication/178_Brissette2011_WebFr.pdf. Accédé le 11-09-2012.
- Bryant C, Singh B, Thomassin P, and L Baker. 2007. Farm-level vulnerability and adaptations to climate change in Québec: Lessons from farmer risk management and adaptations to climatic variability. Final report. 44p.

- Carrière A, Barbeau B and JF Cantin. 2007. Vulnerability water treatment plants to low water levels in the St.Lawrence. American society of civil engineers, 133:1, 6p.
- CEHQ. 2012a. Production de l'atlas 2012 illustrant les impacts des changements climatiques sur le régime hydrique des tributaires du fleuve Saint-Laurent à l'horizon 2050. Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec, Qc, 109.
- CEHQ. 2012b. Projection des régimes de crues et d'étiages sur le Québec méridional. Ricard, S., Lachance-Cloutier, S.L., Cyr, J.F., Turcotte, R. Présentation au Symposium 2012 d'Ouranos – disponible en ligne.
- CEHQ. 2011. Impact des changements climatiques sur le régime hydrique québécois. État des connaissances au 31 mars 2011. Plan d'action sur les changements climatiques, Mesure 25a. Centre d'expertise hydrique du Québec, Québec, Qc, 147p.
- CEHQ. 2008. Étude d'impact hydrologique de la production de canneberges dans le bassin versant de la rivière Bécancour – Définition de pistes de solutions pour l'approvisionnement en eau. Association des producteurs de canneberges du Québec, Programme d'approvisionnement en eau Canada-Québec (PAECQ), Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), 59p.
- Center for integrative environmental research. 2008. Economic impacts of climate change on Ohio. University of Maryland, MD. Disponible sur : <http://www.cier.umd.edu/climateadaptation/>. Accédé le 07-06-2012.
- Centre Saint-Laurent. 1996. Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Volume 1 : L'écosystème du Saint-Laurent. Environnement Canada — région du Québec, Conservation de l'environnement — et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. « BILAN Saint-Laurent ».
- Champagne S. 2005. Les Lavallois doivent fermer le robinet. La Presse, Actualités, 10 août 2005, p. A17.
- Chapman LJ et DM Brown. 1978. Les climats du Canada et l'agriculture. Inventaire des terres du Canada. Rapport no 3, révisé 1978. Environnement Canada, Direction générale des terres. 24 p.
- Châtelain, M. 2008. La régularisation des débits du fleuve Saint-Laurent et du Lac Ontario - Eau secours! devant la Commission mixte internationale. Consultation publique de la Commission mixte internationale, Montréal, QC, 4p.
- Chicago Metropolitan Agency for planning. 2010. Water 2050 – Northeastern regional water supply/demand Plan. Chicago, IL, 204p. Disponible sur: <http://www.cmap.illinois.gov/regional-water-supply-planning>. Accédé le 06-06-2012.
- Clean water act. 2006. S.O. 2006, c.22.

Clément MF. 2005. Adoption de methods alternatives de culture des plantes fourragères pour réduire l'effet des variations climatiques. Agriculture, Pêcheries et Alimentation, Québec, QC.

Commission mixte internationale. 2012. Plan bv7 – A new approach to regulation of water levels and flows. Disponible sur:

<http://www.nature.org/ourinitiatives/regions/northamerica/areas/greatlakes/policy/plan-bv7.xml>. Accédé le 14-09-2012.

Commission mixte internationale. 2008. Examen de l'ordonnance d'approbation pour le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. Disponible sur www.ljc.org.

Communauté métropolitaine de Québec. 2010. Le fleuve Saint-Laurent dans la région métropolitaine de Québec : Survol des grands enjeux. Québec, Qc, 24p. Disponible sur :

<http://www.cmquebec.qc.ca/centre-documentation/documents/LefleuveSLdanslaregiondeQuebec.pdf>. Accédé le 11-04-2012.

Conseil des Gouverneurs des Grands Lacs. 2005. Entente sur les ressources en eaux durables du bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent. 31p. Disponible sur :

http://www.dec.ny.gov/docs/regions_pdf/glcompact.pdf. Accédé le 17-02-2012.

Council of Great Lakes Governors. 1985. La Charte des Grands Lacs : Principes de gestion des ressources en eau des Grands Lacs. Chicago, IL, 20p.

CPVQ. 1993. Besoins en eau pour l'irrigation des cultures du sud-ouest du Québec. Bulletin technique 19, 20p.

Darwin R, Tsigas M, Lewandrowski J, and A Raneses. 1995. World Agriculture and Climate Change: Economic Adaptations, Tech. Rep. AER-703, U.S. Department of Agriculture. Davis JW and K Dodson. 2011. Watershed management and climate change in New York State: The Great Lakes compact. Watershed science bulletin, spring 2011, p. 19-24.

Department of Environmental Protection. 2012a. Division of water supply and geosciences. Water allocation and registration. Disponible sur:

http://www.nj.gov/dep/watersupply/a_allocat.html. Accédé le 06-06-2012.

Department of Environmental Protection. 2012b. Division of water supply and geosciences.

Water Savers. Disponible sur: <http://www.nj.gov/dep/watersupply/conserven.htm>. Accédé le 06-06-2012.

Department of the Environment. 2012. Water conservation. Disponible sur:

http://www.mde.state.md.us/programs/Water/WaterConservation/Pages/programs/waterprograms/water_conservation/index.aspx. Accédé le 07-06-2012.

Department of environmental conservation. 2012a. Public water supply Program. Disponible sur : <http://www.dec.ny.gov/lands/5005.html>. Accédé le 12-04-2012.

Department of environmental conservation. 2012b. Annual water withdrawal reporting. NY, USA. Disponible sur : <http://www.dec.ny.gov/lands/55509.html>. Accédé le 12-04-2012.

Department of environmental conservation. 2012c. Drought facts. Disponible sur : <http://www.dec.ny.gov/lands/5011.html>. Accédé le 12-04-2012.

DesJarlais C, Allard M, Bélanger D, Blondlot A, Bouffard A, Bourque A, Chaumont D, Gosselin P, Houle D, Larrivée C, Lease N, Pham AT, Roy R, Savard JP, Turcotte R et C Villeneuve. 2010. Savoir s'adapter aux changements climatiques. Montréal, QC, 128 p. Développement économique, innovation et exportation Québec. 2010. Portrait socioéconomique des régions du Québec. 102p.

Duquette P. 2005. L'eau se fait plus rare à Gatineau. Le Droit, Manchette, 7 juin 2005, p. 4.

Environnement Canada. 2010a. Utilisation de l'eau – Introduction à l'utilisation de l'eau. Disponible sur : <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=2AE761EC-1>.

Environnement Canada. 2010b. Rapport de 2010 sur l'utilisation de l'eau par les municipalités – Utilisation de l'eau par les municipalités, statistiques de 2006. Gatineau, Qc, 26p.

Environnement Canada. 2009. Canadian communities' guidebook for adaptation to climate change.

Environnement Canada. 2006. Enjeux de la disponibilité de l'eau pour le fleuve Saint-Laurent : Synthèse environnementale. Environnement Canada, Montréal, Qc, 215p. Disponible sur : www.ec.gc.ca/Publications.

Environnement Canada. 2005. Utilisation de l'eau – Utilisation par prélèvement. Disponible sur : <http://ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=851B096C-1>.

Environnement Canada. 2004a. Utilisation judicieuse de l'eau. Disponible sur : <http://www.ec.gc.ca/eau-water>.

Environnement Canada. 2004b. Rapport de 2004 sur l'utilisation municipale de l'eau – Utilisation de l'eau par les municipalités, statistiques de 2001. Ottawa, Qc, 8p. Disponible sur : www.ec.gc.ca/eau-water.

Environnement Canada. 2004c. Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada. Institut national de recherche scientifique, Burlington, Ontario. Rapport no 3 Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE et Série de documents d'évaluation de la science de la DGSAC, numéro 1, 148p.

Environnement Canada. 2001. Urban water indicators: Municipal water use and wastewater treatment. National environmental indicators series, SOE Bulletin, No 2001-1.

Environnement Canada. 1994. Plan d'action national pour encourager l'économie d'eau potable dans les municipalités. Disponible sur : <http://www.ec.gc.ca/eau-water>.

Falkenmark M, Andersson L, Castensson R et Sundblad K. 1999. Water, a Reflection of Land Use. Swedish Natural Science Research Council, Stockholm, Suède, 128 p. Federal Energy Management Program. 1998. Disponible sur: <http://infohouse.p2ric.org/ref/07/06057.htm>. Accédé le 06-06-2012.

Ferland P. 2006. L'irrigation : portrait pour le Québec. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec – CRAAQ, Colloque sur l'irrigation, Boucherville, Qc, 5p.

Flato GM and Boer GJ. 2001. Warning asymmetry in climate change simulations. Geophysical research letters, 28, pp. 195-198.

Gagné G. 21-09-2012. Communication personnelle. Gilles Gagné, pédologue, IRDA, Québec, QC.

Gouvernement du Canada. 2004. Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : une perspective canadienne. Ottawa, ON, 219 p.

Gouvernement du Canada et United States environmental protection agency. 1995. Les Grands Lacs – Atlas écologique et manuel des ressources. 3^e édition. Great Lakes national program office, Chicago, IL. Disponible sur: <http://epa.gov/greatlakes/atlas/index-f.html>.

Gouvernement du Québec. 2012. Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020. Québec, QC, 52p.

Government of Canada and Government of Ontario. 2002. Canada-Ontario 2002 Agreement respecting the Great Lakes basin ecosystem and annexes. Disponible sur : http://www.on.ec.gc.ca/coa/agreement_e.html. Accédé le 12-04-2012.

Government of Ontario. 2011. Climate ready: Ontario's adaptation strategy and action plan 2011-2014. Disponible sur : http://www.ene.gov.on.ca/environment/en/resources/STDPROD_081665. Accédé le 12-04-2012.

Grenier P, Parent AC, Huard D, Chaumont D, and F Anctil. 2012. Assessment of six dissimilarity metrics for climate analogues. Journal of Applied Meteorology and Climatology. En processus de révision (2012-09-04).

Groupe d'étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. 2005. Étude internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent. 43p.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2007. *The Physical Science Basis*, contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, S. Salomon, D. Qin, M. Manning, Z.

Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignot et H.L. Miller (éd.), Cambridge University Press, Cambridge et New York, 2007, 996 p.

Hallegate S, Hourcade JC and P Ambrosi. 2007. Using climate analogues for assessing climate change economic impacts in urban areas. *Climatic Change*, 82, p.47-60.

Hutchinson MF, Mckenney DW, Lawrence K, Pedlar JH, Hopkinson RF, Milewska E and P Papadopol. 2009. Development and Testing of Canada-Wide Interpolated Spatial Models of Daily Minimum-Maximum Temperature and Precipitation for 1961-2003. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48(4), pp. 725–741.

Hydro-Québec. 2010. Accédé le 31/01/2012. Hydroelectric Generating Stations. Disponible sur : www.hydroquebec.com/generation/centrale-hydroelectrique.html.

Hydro-Québec. 2012. Hydro-Québec Production. Disponible sur : <http://www.hydroquebec.com/production/index.html>. Accédé le 04-09-2012.

Indiana Department of Natural Resources. 2012a. Significant Water Withdrawals facility Data. Disponible sur: <http://www.in.gov/dnr/water/4841.htm>. Accédé le 06-06-2012.

Indiana Department of Natural Resources. 2012b. Significant Water Withdrawals facility Data. Disponible sur: <http://www.in.gov/dnr/water/4841.htm>. Accédé le 06-06-2012.

Indiana Department of Natural Resources. 2009. Water shortage plan. Division of water. Indiana, 73p. Disponible sur : <http://www.in.gov/dnr/water/files/watshplan.pdf>. Accédé le 06-06-2012.

Institut de la statistique du Québec. 2011. Mines en production au Québec. Disponible sur : http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/referenc/quebec_stat/eco_min/eco_min_tab_1.htm.

Institut de la statistique du Québec. 2008. Fiches synthèse régionales. Disponible sur : <http://www.stat.gouv.qc.ca>.

IRDA. 2008. Les grands groupes de sols dominants du Québec méridional. Disponible sur : http://www.irda.qc.ca/ftbFiles/documents%20sur%20les%20sols/Carte5_categ.pdf. Accédé le 21-09-2012.

IRDA. 2007. Catégories de sols agricoles du Québec méridional. Disponible sur : http://www.irda.qc.ca/ftbFiles/documents%20sur%20les%20sols/Carte4_grand-groupe.pdf. Accédé le 21-09-2012.

IRDA. 2002. Catégories des sols agricoles des superficies en culture du Québec méridional. Disponible sur : http://www.irda.qc.ca/ftbFiles/documents%20sur%20les%20sols/Carte5_categ_cultive.pdf. Accédé le 21-09-2012.

Kenny JF, Barber NL, Hutson SS, Linsey KS, Lovelace J, and MA Maupin. 2009. Estimated use of water in the United States in 2005. U.S. Department of the interior, U.S. geological survey,

Circular 1344, VA, 60p. Disponible sur : <http://pubs.usgs.gov/circ/1344/pdf/c1344.pdf>. Accédé le 17-02-2012.

Kopf S, Ha-Duong M and S Hallegate. 2008. Using maps of city analogues to display and intercept climate change scenarios and their uncertainty. *Natural hazards and earth system sciences*, 8, pp. 905-918.

Laberge B. 30-08-2012. Communication personnelle. Brigitte Laberge, Direction des politiques de l'eau, MDDEP. Québec, QC.

Lefavre D. 2005. Effet des changements climatiques sur les niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec. Projections pour les années 2050. Pêches et Océans Canada, Mont-Joli. QC, 34p.

Lemmen DS, Warren FJ, Lacroix J, et E Bush. 2008. Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007. Gouvernement du Canada, Ottawa, ON, 448p.

Maas C., McClenaghan T., and G. Pleasance. 2010. The water-energy nexus: Linking water and energy in Ontario policy. Ontario water conservation alliance: Policy report, 8p. Disponible sur : <http://www.blue-economy.ca/sites/default/files/reports/resource/Ontario-Water-Conservation-Alliance-The-Water-Energy-Nexus.pdf>. Accédé le : 11-04-2012.

Mailhot A, Duchesne S, Talbot G, Rousseau AN, et D Chaumont. 2008. Approvisionnement en eau potable et santé publique : projections climatiques en matière de précipitations et d'écoulements pour le sud du Québec. Rapport de recherche No R-977. Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau, Québec, QC, 178p. Disponible sur : <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs1903774>. Accédé le 14-02-2012.

MAMROT. 2011. Stratégie québécoise d'économie d'eau potable. Ministère des affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire. Disponible sur : <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/grands-dossiers/strategie-quebecoise-deconomie-deau-potable/a-propos-de-la-strategie/#c5884>. Accédé le 01-02-2012.

MAMROT. 2010. La gestion durable des eaux pluviales. Disponible sur : http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/amenagement_territoire/urbanisme/guide_gestion_eaux_pluie_complet.pdf. Accédé le 06-09-2012. McKenney DW, Papadopol P, Campbell K, Lawrence K and M Hutchinson. 2006. Spatial models of Canada- and North America-wide 1971/2000 minimum and maximum temperature, total precipitation and derived bioclimatic variables. Technical report, Canadian Forest Services, Natural Resources Canada. Technical Note No. 106.

MDDEP. 2012a. Bilan de la qualité de l'eau potable au Québec 2005-2009. Disponible sur : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/bilans/bilan2005-2009.pdf>. Accédé le 05-09-2012.

MDDEP. 2012b. Guide de gestion des eaux pluviales. Disponible sur : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm>. Accédé le 06-09-2012.

MDDEP. 2012c. Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008. Disponible sur : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/intro.pdf>. Accédé le 24-09-2012.

MDDEP. 2011a. Base de données 2011 sur la gestion des prélèvements d'eau (GPE).

MDDEP. 2011b. Réseaux municipaux de distribution d'eau potable. Disponible sur : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/resultats.asp>. Accédé le 13-06-2012.

MDDEP. 2010a. Répertoire de tous les réseaux municipaux de distribution d'eau potable. Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs. Disponible sur : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/index.asp>.

MDDEP. 2010b. Bilan de l'eau potable au Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, QC, 46 p. Disponible sur : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/bilan03/bilan.pdf>. Mendelsohn R and A Dinar. 1999. Climate change, agriculture, and developing countries: Does adaptation matter?, The World Bank Observer, 14, pp. 277-293.

Michigan Department of environmental quality. 2011. New water withdrawal law for Michigan law! Disponible sur: http://www.michigan.gov/documents/deq/deq-wd-withdrawallaw-summary_260216_7.pdf. Accédé le 17-04-2012.

Michigan Department of environmental quality. 2012. Water use conservation measures. Disponible sur: http://www.michigan.gov/deq/0,4561,7-135-3313_3684_45331-190105--_00.html. Accédé le 17-04-2012.

Michigan Department of natural resources. 2012. State water conservation and efficiency Program. Disponible sur: <http://www.miwwat.org/>. Accédé le 17-04-2012.

Mid-Atlantic water program. 2010. Proceedings from a regional science workshop. 19p. Disponible sur: http://www.mawaterquality.org/capacity_building/documents/Summary-Report_FINAL.pdf.

Mills PC and JB Sharpe. 2010. Estimated withdrawals on other elements of water use in the Great lakes basin of the United States in 2005. National water availability and use program, Scientific investigations report 2010-5031, 110p.

Ministère des Ressources Naturelles. 2003. Plan d'intervention en cas de baisse du niveau des eaux en Ontario. Ministère des richesses naturelles de l'Ontario.

Montminy MJ. 2005. Le niveau des sources au seuil critique. La Ville de Shawinigan émet une interdiction d'arroser. Le Nouvelliste (Trois-Rivières). Actualités, 12 août.

Nantel E. 2006. Élaboration d'une méthode d'estimation des vulnérabilités historiques des approvisionnements en eau potable au Québec. Mémoire de maîtrise, INRSETE, Québec, QC, 134 p.

National Drought Mitigation Center. 2012. Drought planning resources, by State. Disponible sur : <http://drought.unl.edu/Planning/PlanningInfoByState.aspx>. Accédé le 07-06-2012.

Nature Québec. 2008. Publication d'un plan qui modifiera le débit du fleuve Saint-Laurent – Nature Québec demande à la population de réagir. Communiqué, Québec, QC, 2p.

New Jersey Department of Environmental Protection. 2012a. Division of Water Supply and Geoscience. Disponible sur : <http://www.nj.gov/dep/watersupply/>. Accédé le 06-06-2012.

New Jersey Department of Environmental Protection. 2011a. NJ Drought Information. Disponible sur : <http://www.nj.gov/dep/drought/>. Accédé le 06-06-2012.

NYSERDA. 18-01-2012. Communication of the NYSERDA. Disponible sur : http://www.nysesda.ny.gov/Page-Sections/Environmental-Research/EMEP/Research/Climate-Change/New-York-State/NYSERDA-Initiatives/Funded-Projects/Integrated-Assessment.aspx?sc_database=web. Accédé le 16-04-2012.

NYSERDA ClimAID Team. 2010. Responding to climate change in New York state, the synthesis report of the Integrated assessment for effective climate change adaptation strategies in New York state. Rosenzweig C, Solecki W, DeGaetano S, Grabhom P, and M O'Grady. Eds. New York state energy research and development authority (NYSERDA), Albany, NY, USA, 12203, 57p
Disponible sur : http://www.nysesda.ny.gov/~media/Files/Publications/Research/Environmental/EMEP/climaid/responding-to-climate-change-synthesis.ashx?sc_database=web. Accédé le 16-04-2012.

OCDE. 2010. Ressources en eau dans l'agriculture : perspectives et enjeux de l'action publique. Rencontre ministérielle de l'Organisation de coopération et de développement économique sur l'agriculture. Disponible sur : http://www.oecd.org/document/20/0,3746,fr_21571361_43893445_44441711_1_1_1_1,00.html.

Ohio Department of natural resources. 2012. Water withdrawals facilities registration program. Disponible sur : <http://www.dnr.state.oh.us/water/wwfr/aboutwwfr/tabid/4262/Default.aspx>. Accédé le 12-04-2012.

Ohio Great Lakes compact. 2010. The Great Lakes-St. Lawrence river basin water resources compact. Final recommendations to the governor and general assembly. 69p. Disponible sur : <http://www.ohiomemory.org/cdm/singleitem/collection/p267401ccp2/id/6268/rec/15>. Accédé le 13-06-2012.

Ontario green act alliance. 2009. Proposal for a green energy act for Ontario. Disponible sur : <http://www.greenenergyact.ca>. Accédé le : 11-04-2012.

Ontario's Ministry of the Environment. 2010. Water opportunities and water conservation act. Disponible sur : http://www.ontla.on.ca/web/bills/bills_detail.do?locale=en&Intranet=&BillID=2362. Accédé le : 11-04-2012.

Ouranos. 2004. S'adapter aux changements climatiques. Ouranos, Montréal, QC, 84 p. Disponible sur : <http://www.ouranos.ca/cc/changclim9.pdf>.

Ouranos. 2010. Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques. Guide destiné au milieu municipal québécois. Montréal, QC, 48p.

Painchaud J. 22-08-2012. Communication personnelle. Jean Painchaud, Bureau des changements climatiques. Québec, QC.

Parent LE. 16-02-2012. Communication personnelle. Léon-Étienne Parent, professeur, Département des sols et génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC.

Pebbles V. 2003. Measuring and estimating consumptive use of the Great Lakes water. Ann Arbor, 20p.

Pennsylvania Department of environmental protection. 2012a. Bureau of Water standards and facility regulation. Disponible sur : http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/water_standards_and_facility_regulation/10535. Accédé le 17-04-2012.

Pennsylvania Department of environmental protection. 2012b. Bureau of Watershed management. Disponible sur : http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/watershed_management/10593. Accédé le 17-04-2012.

Pennsylvania Department of environmental protection. 2012c. Bureau of Waterways. Disponible sur : <http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/waterways/11202>. Accédé le 17-04-2012.

Pennsylvania Department of environmental protection. 2012d. State water plan. Disponible sur : <http://www.pawaterplan.dep.state.pa.us/StateWaterPlan/WaterUse/WaterUse.aspx>. Accédé le 17-04-2012.

Pennsylvania Department of environmental protection. 2012e. Water use registration and reporting. Disponible sur : <http://www.pawaterplan.dep.state.pa.us/StateWaterPlan/WaterUse/WaterUse.aspx>. Accédé le 17-04-2012.

Pennsylvania Department of environmental protection. 2012f. Drought information. Disponible sur : <http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt?open=514&objID=554266&mode=2>.
Accédé le 17-04-2012.

Pennsylvania Department of environmental protection. 2012g. Pennsylvania State water plan. Disponible sur : <http://www.pawaterplan.dep.state.pa.us/docs/Publications/LearnMore.pdf>.
Accédé le 17-04-2012.

Pereira LS, Cordery I, Iacovides I. 2002. Coping with Water Scarcity. Technical Documents in Hydrology 58, Unesco, Paris, France, 269 p.

Poirier M. 22-08-2012. Communication personnelle. Micheline Poirier, Division des politiques de l'eau, MDDEP, Québec, QC.

Poirier I. 2010. La canneberge au Québec et dans le Centre-du-Québec – Un modèle de développement durable, à la conquête de nouveaux marchés. Victoriaville, Qc, 37p.

Projet de recherche sur les politiques. 2004. Les instruments économiques pour la gestion de la demande d'eau dans le cadre de gestion intégrée des ressources en eau. Symposium d'experts, 14-15 juin 2004, Ottawa, ON, 30p.

Purdue Climate Change research Center. 2008. Impacts of climate change for the state of Indiana. Indiana, 30p. Disponible sur : <http://www.purdue.edu/discoverypark/climate/assets/pdfs/ClimateImpactsIndiana.pdf>. Accédé le 06-06-2012.

Radio-Canada. 07/09/2003. Le paradoxe de l'eau. Disponible sur : <http://www.radio-canada.ca/actualite/semaineverte/ColorSection/agriculture/030907/eau.shtml>.

Ressources Naturelles Canada. 2011. Le portail GéoConnexions. Disponible sur : <http://www.geoconnections.org/fr/index.html>. Ressources Naturelles Canada. 1999. Consommation domestique de l'eau en 1999. Disponible sur : <http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/freshwater/#consumption>.

Rosenweig C, Solecki W, DeGaetano A, Hassol S, Grabhorn P, and M O'Grady. 2010. Responding to climate change in New York State, The synthesis report of the Integrated assessment for effective climate change adaptation strategies in New York State. New York State energy research and development authority (NYSERDA), Albany, NY, 57p.

Rousseau AN, Mailhot A, Slivitzky M, Villeneuve JP, Rodriguez MJ, et A Bourque. 2004. Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec. Niveau des connaissances et axes de recherche à privilégier dans une perspective de changements climatiques. Revue canadienne des ressources hydriques/Canadian Water Resources Journal, 29 :2, p.125-138.

Rousseau AN. 2009. Méthode de détermination des coefficients de consommation en eau pour le territoire de l'Entente au Québec. Rapport de recherche No R-1102. Centre eau, terre et environnement, Institut national de la recherche scientifique, Québec, QC, 166p.

Roy R, Chartier I, Desrochers G, Guay F, Minville M, Pacher G, Roy L et D Tapsoba. 2008. Impacts des changements climatiques sur le régime hydrique au nord du Québec et mesures d'adaptation envisageables. Présentation aux 21^e Entretiens Jacques-Cartier, Québec, QC.

Rutgers University. 2012. New Jersey weather and climate network. Disponible sur: <http://climate.rutgers.edu/stateclim/>. Accédé le 06-06-2012.

Sauriol P. 2003. L'irrigation, une réponse au changement climatique. Laval-irrigation.ms, 5p.

Scott D and B Jones. 2006. The impact of climate change on golf participation in the Greater Toronto area: A case study. Journal of Leisure research, 38:3, pp. 363-380.

Shaffer KH and DL Runkle. 2007. Consumptive water-use coefficients for the Great Lakes basin and climatically similar areas. U.S. Geological survey scientific investigations, Report 2007-5197, 191p.

SMEGREG. 2010. Guide méthodologique pour l'analyse et la réduction des consommations d'eau dans les établissements tertiaires. Disponible sur : <http://www.jeconomiseleau.org>.

Söderbaum P. 2008. Understanding Sustainability Economics. Earthscan, London, United Kingdom, 158 p. State of Connecticut. 2002a. Drought Response. Disponible sur: <http://www.drought.state.ct.us/index3.htm>. Accédé le 06-06-2012.

State of Connecticut. 2002b. Drought Response. Water efficiency measures for residences. Disponible sur: <http://www.drought.state.ct.us/efficiency.htm>. Accédé le 06-06-2012.

State water plan task force of Illinois. 2011. State of Illinois drought preparedness and response Plan, IL, 45p. Disponible sur: http://www.isws.illinois.edu/hilites/drought/archive/2011/docs/St_Ill_Drought_Plan_2011.pdf. Accédé le 07-06-2012.

Statistique Canada. 2010a. Fresh water supply and demand in Canada. Human activity and environment. Ottawa, ON, 61p.

Statistique Canada. 2010b. Utilisation industrielle de l'eau. Division des comptes et de la statistique de l'environnement, statistiques de 2007. Ottawa, ON, 90p. Disponible sur : <http://www.statcan.gc.ca/pub/16-401-x/16-401-x2010001-fra.pdf>.

Statistique Canada. 2007. Utilisation de l'eau au Canada, selon le secteur, aux 2 ans (mètres cubes). Division des comptes et de la statistique de l'environnement. Tableau 153-0101.

Statistique Canada. 2006. Recensement de l'agriculture de 2006.

Statistique Canada. 2004. Utilisation de l'eau, prix fictifs et productivité du secteur des entreprises.

Statistique Canada. 2001. Recensement de l'agriculture de 2001.

Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. 2012. Lutte contre les changements climatiques au Canada. 184p.

Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. 2011. Cap sur l'eau : Utilisation durable de l'eau par les secteurs des ressources naturelles du Canada. 162p. Disponible sur : <http://www.nrtee-trnee.ca/wp-content/uploads/2011/11/cap-sur-eau-fra.pdf>.

Tate DM and J Harris. 1999. Water demands in the Canadian section of the Great Lakes basin, 1972 – 2021. Canadian Section, International Joint Commission, Ottawa, ON.

Tate DM. 2001. A brief overview of water quantity and related issues in Ontario. Walkerton inquiry, Ottawa, ON, 14p.

Théberge S. 22-08-2012. Communication personnelle. Direction des politiques de l'eau, MDDEP. Québec, QC. The Great Lakes Commission. 2009. Annual report of the Great Lakes regional water use database repository, 105p.

The living water policy project. 2010. Disponible sur: <http://www.waterpolicy.ca/>. Accédé le : 12-04-2012.

Thériault C. 2005. Pénurie d'eau et rareté du saumon au Bic. Le Soleil, L'Est et la Côte-Nord, 23 juillet, p. A18.

Thomas C. 2003. Portrait environnemental de la production de canneberges au Québec. MAPAQ, QC, 40 p. Disponible sur : <http://www.agrireseau.qc.ca/petitsfruits/documents/Portrait%20canneberge.pdf>. Accédé le 21-09-2012.

Thornton KW, Laurin C, Catanzaro D, Shortle J, Fisher A, Sobrihno J, Stevens K. 2006. Moving Toward Sustainable Water Resources Management : A Framework and Guidelines for Implementation. Water Environment Research Foundation, Alexandria, Virginia, USA.

Toronto Environment Office. 2012. Toronto's water efficiency plan. Disponible sur: <http://www.toronto.ca/watereff/plan.htm> . Accédé le 19-09-2012. Turcotte R, Fortin LG, Purgin S, et JF Cyr. 2005. Impact des changements climatiques sur les plans de gestion des réservoirs Saint-François et Aylmer : résultats préliminaires. Comptes-rendus du Congrès annuel de l'Association canadienne des barrages tenu du 3 au 5 octobre 2005 à Calgary, AB.

United States Census Bureau. 2012. Economic characteristics. Disponible sur: <http://factfinder2.census.gov/faces/tableservices/jsf/pages/productview.xhtml?src=bkmk>. Accédé le : 18-09-2012.

United States Department of Agriculture. 2012a. U.S. Drought Monitor. Disponible sur: <http://droughtmonitor.unl.edu/>. Accédé le 06-06-2012.

United States Department of Agriculture. 2012b. Natural Resources Conservation Service announces National Water Quality Initiative Conservation in WV. Disponible sur : <http://www.wv.nrcs.usda.gov/news/release/2012/12may8nwqi.html>. Accédé le 06-06-2012.

United States Department of Agriculture. 2007. Census of agriculture. Summary and state data. Volume 1, Geographic area series, Part 51, 739pp.

United States environmental protection agency. 2011. National Water Program strategy: Response to climate change. EPA 800-R-08-001. Washington, DC.

United States global change research program. 2011. Washington, USA. Disponible sur <http://www.globalchange.gov/>.

United States government. 2010. Chapter 6: Vulnerability assessment, climate change impacts, and adaptation measures, United States climate action report, p. 86-97. Disponible sur : <http://www.state.gov/documents/organization/140006.pdf>. Accédé le 17-02-2012.

Ville de Laval. 2011. Les usines de production d'eau potable à Laval. Disponible sur : <http://www.ville.laval.qc.ca>.

Villeneuve C et F Richard. 2007. Vivre les changements climatiques. Réagir pour l'avenir. Éditions Multi-Mondes, Sainte-Foy, QC, 449p.

Wang X, Burgess A and J Yang. 2012. A scenario-based water conservation planning support system (SB-WCPSS). Stoch. Environ. Res. Asses. Disponible sur: <http://link.springer.com/static-content/0.5284/pdf/541/art%253A10.1007%252Fs00477-012-0628-3.pdf?token=1348146995225--418699bbe192aab99416194e62f26a4a4050cda27f2cd42514f2c4ea2397e8c885e989d029711b113337d197e1719c587c4f4d505443a749c0fc17ec81cfd7e&doi=10.1007/s00477-012-0628-3&contentType=article>. Accédé le 20-09-2012.

Water Use It Wisely. 2012a. 100 ways to conserve. Disponible sur : <http://www.wateruseitwisely.com/100-ways-to-conserve/index.php>. Accédé le 06-06-2012.

Water Use It Wisely. 2012b. Local Resources. Disponible sur : <http://www.wateruseitwisely.com/links-and-resources/local-resources/>. Accédé le 06-06-2012.

West Virginia Conservation Agency. 2012. Disponible sur : <http://www.wvca.us/mission.htm>. Accédé le 06-06-2012.

Wisconsin Department of natural resources. 2012. Water conservation and efficiency. Disponible sur: <http://dnr.wi.gov/topic/WaterUse/conservation.html>. Accédé le 17-04-2012.

Wisconsin Department of natural resources. 2011. Water efficiency potential study for Wisconsin. Disponible sur:
<http://psc.wi.gov/conservation/documents/waterEfficiencyDec2011.pdf>. Accédé le 17-04-2012.

Zhou Y. 2009. A critical review of groundwater budget myth, safe yield and sustainability. Journal of Hydrology, 370, p. 207-213.

Annexes

Annexe A : Prélèvements d'eau pour le Canada

Ce tableau résume les prélèvements d'eau par secteur d'activité au Canada, en 2007 (Statistique Canada, 2007).

Secteur d'activité	Volume prélevé (milliers de m ³ /an)
Production végétale	1 950 935
Production animale (à l'exception de l'aquaculture)	306 416
Total approvisionnement manufacturier	5 218 982
Fabrication d'aliments	302 055
Fabrication de boissons et de produits du tabac	65 236
Usines de textiles et de produits textiles	7 814
Fabrication de produits en bois	88 704
Fabrication du papier	1 966 662
Fabrication de produits du pétrole et du charbon	415 999
Fabrication de produits chimiques	481 501
Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	24 224
Fabrication de produits minéraux non métalliques	39 797
Première transformation des métaux	1 731 845
Fabrication de produits métalliques	26 997
Fabrication de machines	4 967
Fabrication de produits informatiques et électroniques	6 570
Fabrication de matériel, d'appareils et de composants électriques	4 823
Fabrication de matériel de transport	23 214
Activités diverses de fabrication	5 490
Auto-approvisionnement commercial et institutionnel	1 092 649
Auto-approvisionnement résidentiel	3 723 651
Distribution de gaz naturel et réseaux d'aqueduc et d'égout et autres	991 384
Extraction de pétrole et de gaz	213 000
Extraction de charbon (à l'exception de pétrole et de gaz)	535 789
Productions hydroélectrique et thermoélectrique	27 834 391
Total	41 867 198

Annexe B : Littérature sur les prélèvements d'eau au Québec

Le tableau suivant résume les prélèvements d'eau par secteur d'activité au Québec en milliers de m³ par an, selon la référence. Toutes les références, mise à part MDDEP (2011a) qui rapporte les déclarations des grands préleveurs (base de données GPE), donnent une estimation des volumes d'eau suivant les résultats d'enquêtes statistiques.

Secteur d'activités	Référence ¹	Année stat.	Nature stat.	Volume prélevé ²
Approvisionnement municipal	GLC (2009)	1993	–	1 519 860
	EC (2010b), RNC	2007	–	1 914 700*
	EC (2010a)	2005	Zone urbaine	1 581 500
	GLC (2009)	1993	Résidentiel	98 915
	MDDEP (2011a)	2011	–	1 461 221
Approv. comm. et instit.	MDDEP (2011a)	2011	–	337 307
Approvisionnement pour fins d'irrigation	GLC (2009)	1993	–	12 702
	FER (2006), BPR	2001	–	32 202
	FER (2006), BPR	2001	Total production	60 661*
Approvisionnement Pour fins d'élevage	FER (2006), BPR	2001	–	54 025*
	GLC (2009)	1993	–	26 390
	FER (2006), BPR	2001	Aquaculture	73 535*
	MDDEP (2011a)	2011	–	111 043
	EC (2010a)	2005	Total productions	113 200
	FER (2006), BPR	2001	et animale	189 175
Approvisionnement industriel	GLC (2009)	1993	–	238 345
	STC (2010a)	2007	Mines	126 100*
	STC (2010a)	2007	Manufactures	1 046 800
	GLC (2009)	1993	Manufactures	5 371 000
	TRN (2011)	2005	Manufactures	~1 900 000*
	EC (2010a)	2005	Manufactures	1 833 100
	GLC (2009)	1993	Pétrole	64 970*
	MDDEP (2011a)	2011	–	1 442 295
Production thermoélectrique	STC (2010b), GLC	2009	–	12 900 000*
Production hydroélectrique	GLC (2009)	1993	–	419 885 390*
Approvisionnement divers	MDDEP (2011a)	2011	–	219 500
Total	GLC (2009)	1993	–	421 781 642
	GLC (2009)	1993	Excluant les	1 896 253
	EC (2010a)	2005	thermoélectrique	3 771 600
	MDDEP (2011a)	2011	hydroélectrique	3 176 243
	Total estimé ³	–	–	4 196 991

¹ Abréviations : GLC: The Great Lakes Commission; EC: Environnement Canada; RNC: Ressources Naturelles Canada; ISQ: Institut de la statistique du Québec; FER: Ferland; BPR: BPR Groupe conseil; STC: Statistique Canada; TRN: Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie; MDDEP : Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs.

² Les volumes présentés dans ce tableau ne peuvent s'additionner pour obtenir le volume total.

³ Ce total est estimé à partir des données les plus fiables identifiées par un astérisque (*).

Annexe C : Abréviation des secteurs d'activités

Ce tableau décrit les industries et coefficient de consommation par secteur d'activité (Shaffer and Runkle, 2007).

Abréviation	Description	Catég. industrie	Coeff. Consom.
PMU	Petite municipalités et entreprises	1	15,0
GMU	Grande municipalités et entreprises	1	15,0
COM	Commerce	2	15,0
CAG	Culture agricole	3	90,0
IRT	Irrigation totale	3	90,0
GCI	Grande culture irriguée	3	90,0
FPI	Foin et pâturage irrigué	3	90,0
LEI	Légume irrigué	3	90,0
FRI	Fruit irrigué	3	90,0
AUI	Autres irrigué (pépinière, gazon, etc.)	3	90,0
SEI	Serres irriguée	3	90,0
CAI	Canneberge irriguée	3	90,0
ELT	Élevage total	4	83,0
ELA	Élevage aquaculture ¹	4	0
ALI	Aliments	5	12,2
BPT	Boissons et produits du tabac	5	25,2
UTE	Usines de textiles	5	10,0
UPT	Usines de produits textiles	5	17,9
VET	Vêtements	5	16,9
PCU	Produits en cuir et produits analogues	5	16,9
PBO	Produits en bois	5	15,8
PAP	Papier	5	4,6
IMP	Impression et act. connexes de soutien	5	16,9
PPC	Produits du pétrole et du charbon	5	10,4
PCH	Produits chimiques	5	20,5
PCP	Produits en caoutchouc et en plastique	5	15,3
PMN	Produits minéraux non métalliques	5	33,9
PTM	Première transformation des métaux	5	9,5
PME	Produits métalliques	5	9,3
MAC	Machines	5	16,0
PIE	Produits informatiques et électroniques	5	6,1
MAE	Matériel, appareils et comp. électriques	5	50,0
MTR	Matériel de transport	5	8,6
MEP	Meubles et produits connexes	5	16,9
ADF	Activités diverses de fabrication	5	16,9
TOM	TOTAL manufacturier	5	9,5
MIN	Mines	5	14,0
CTH	Centrale thermique	6,7	2,0
CHE	Production hydroélectrique pas au fil de l'eau	8,9	2,0
BHE	Barrages destinés au prélèvement d'eau	8,9	2,0

¹ Référence : Laberge, 2012.

Annexe D : Résultats des climats analogues

Les figures D-1 à D-12 représentent la cartographie des climats analogues pour chaque région du Québec à l'étude. La légende montre les pixels de la matrice des observations classifiés de 0 à 9 : 0 si aucune simulation ne considère ce pixel comme analogue et 9 si toutes les simulations considèrent ce pixel comme analogue. Ainsi, plus les pixels tendent vers le rouge, plus ils représentent des analogues probables. Les zones dans les teintes de cyan (4) à rouge (9) ont été considérées comme analogues les plus probables au sens climatique.

Chaque figure montre deux scénarios, séparés en deux sous-figures selon la méthode de mise à l'échelle : a) *daily scaling* et b) *daily translation*, à partir des données observées et de l'ensemble des simulations MRCC. Les données sur grille de l'Amérique du Nord proviennent du jeu de données NRCAN et les indices bioclimatiques utilisés sont l'Indice d'aridité, le cumul annuel des précipitations et le cumul des degrés-jours de croissance en base 5°C. Il est attendu que les résultats ne soient pas particulièrement sensibles au choix de la méthode de mise à l'échelle, mais ils sont tout de même présentés par souci de transparence. L'échelle graphique des analogues présente le nombre de simulations (sur les neuf) ayant trouvé pour analogue tel ou tel point de grille du modèle. Par exemple, si une seule simulation a trouvé une similitude climatique pour un point de grille donné, ce point apparaît en bleu marine. À l'inverse, un point rouge indique que toutes les simulations ont détecté ce point comme analogue. Plus les points ne tendent vers des couleurs chaudes, plus la probabilité est grande que ce point soit de climat analogue au climat de la région d'intérêt.

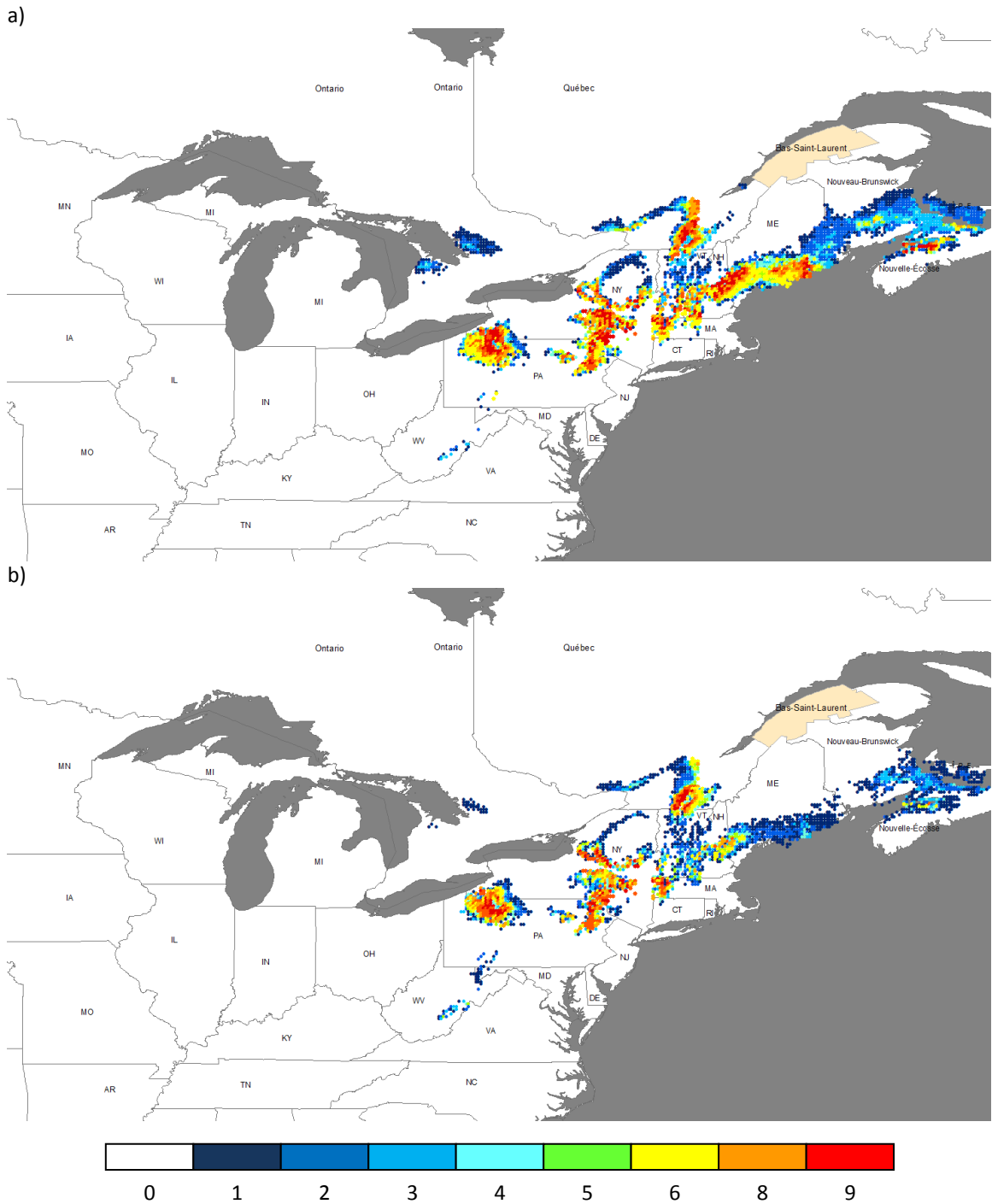


Figure D-1. Analogues spatiaux du Bas-Saint-Laurent par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

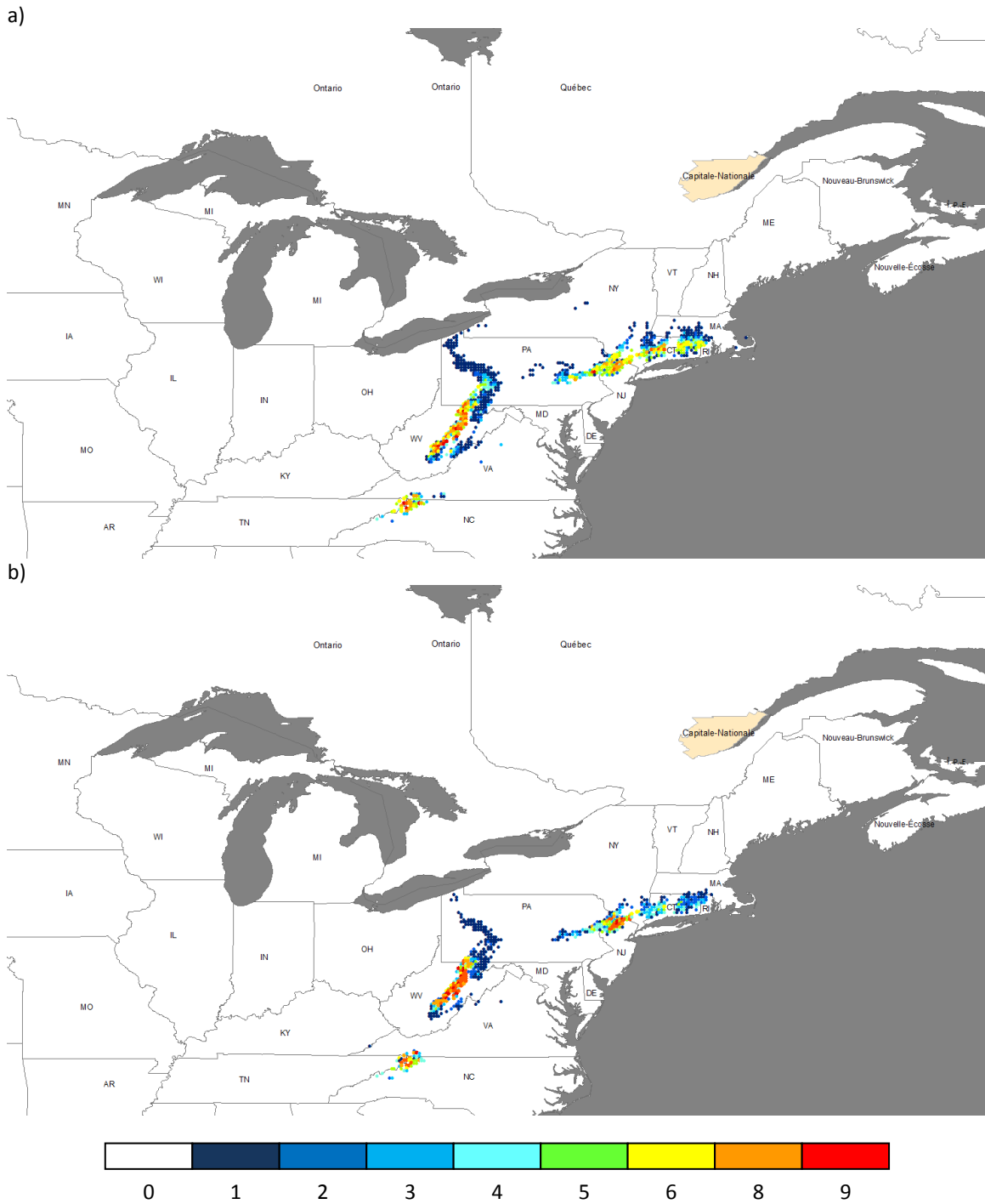


Figure D-2. Analogues spatiaux de la Capitale-Nationale par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

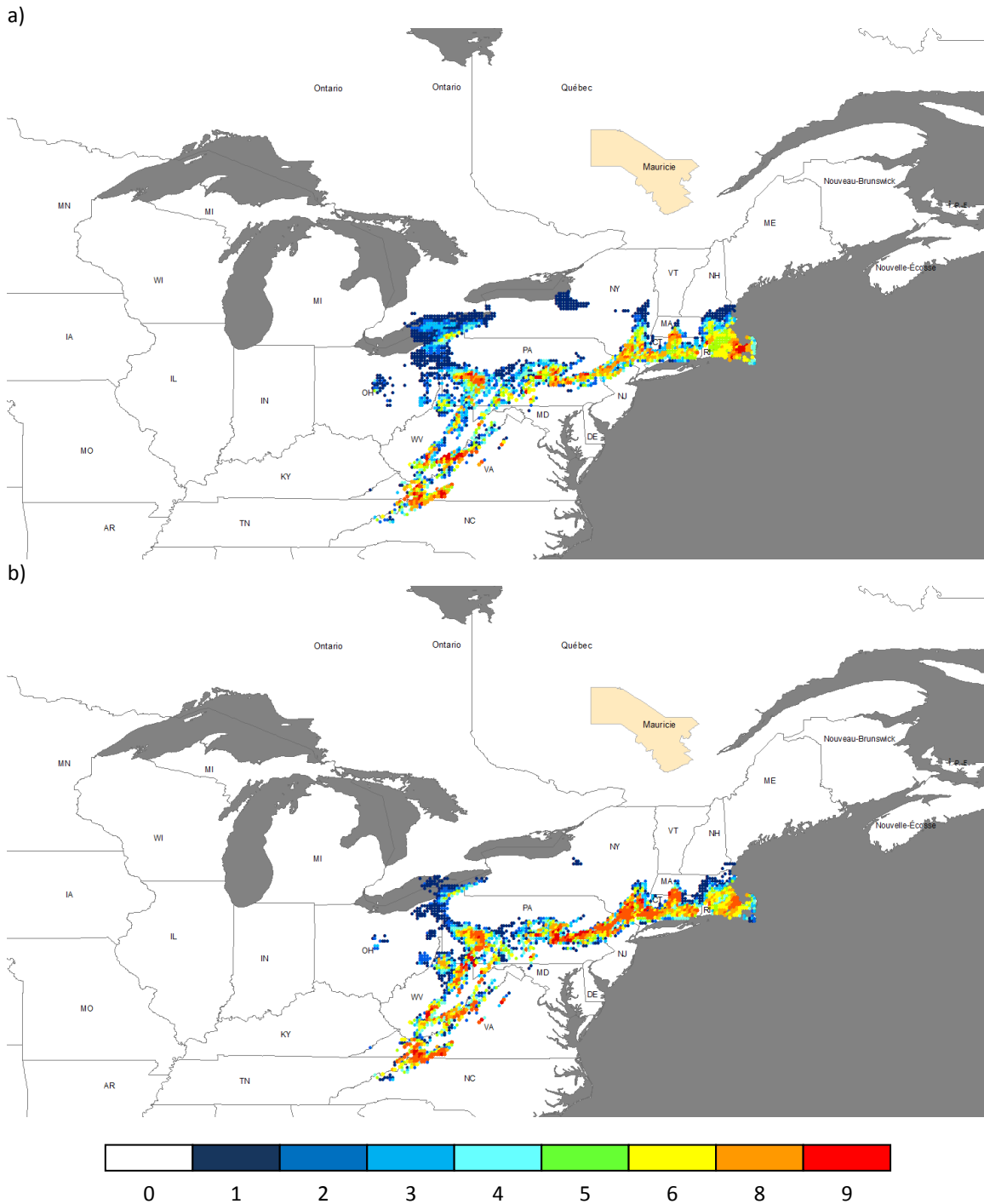


Figure D-3. Analogues spatiaux de la Mauricie par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

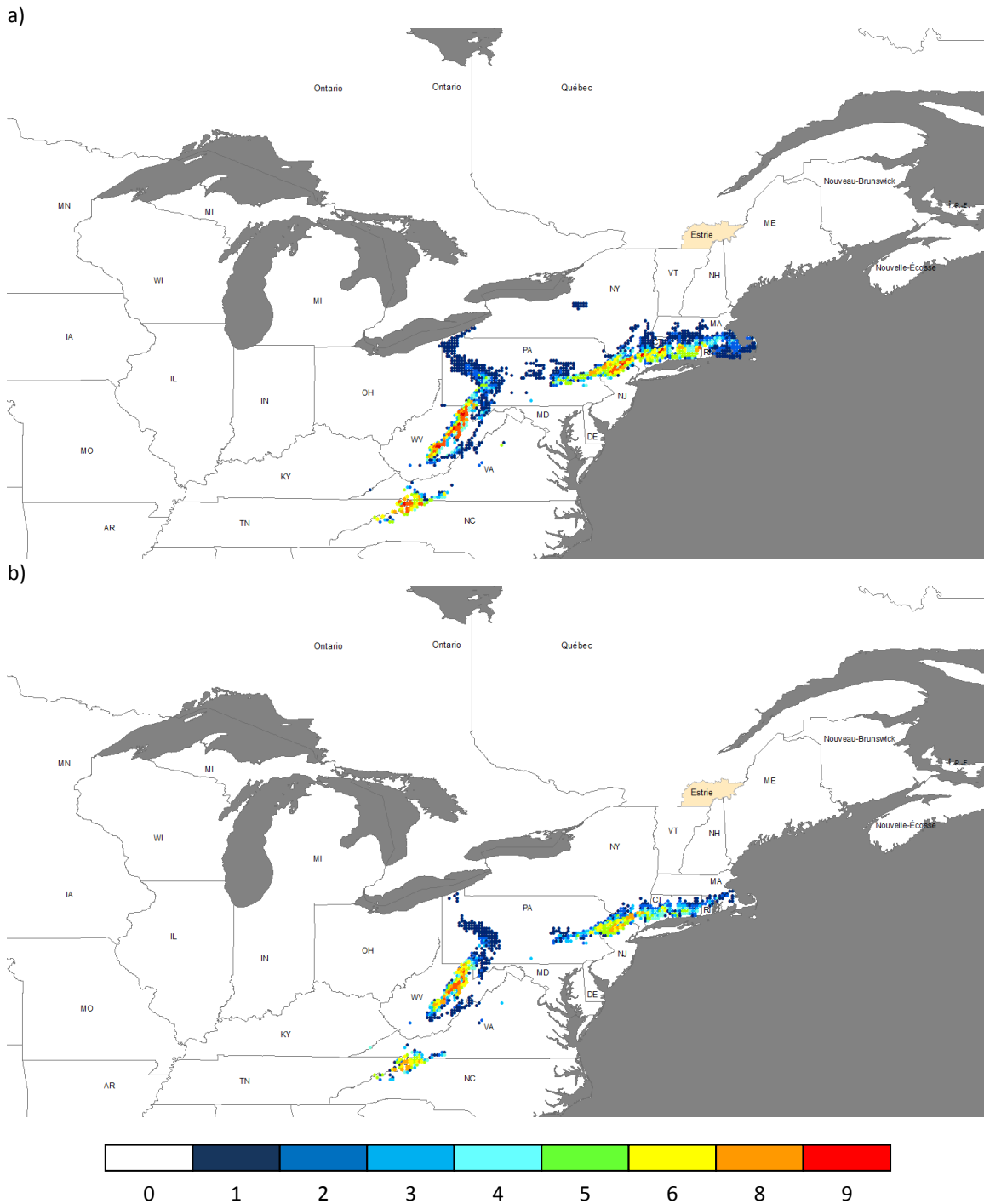


Figure D-4. Analogues spatiaux de l'Estrie par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

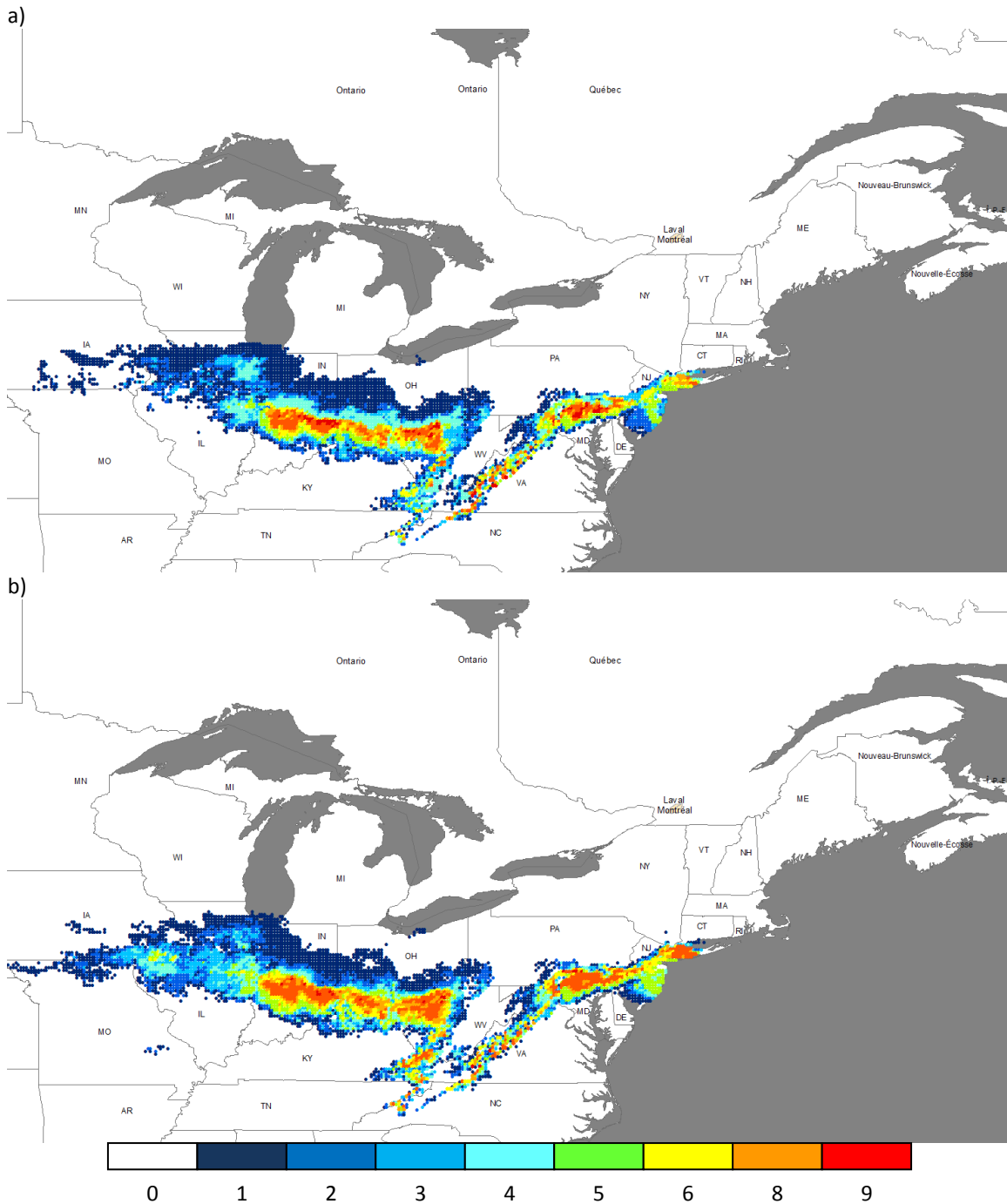


Figure D-5. Analogues spatiaux de Montréal-Laval par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

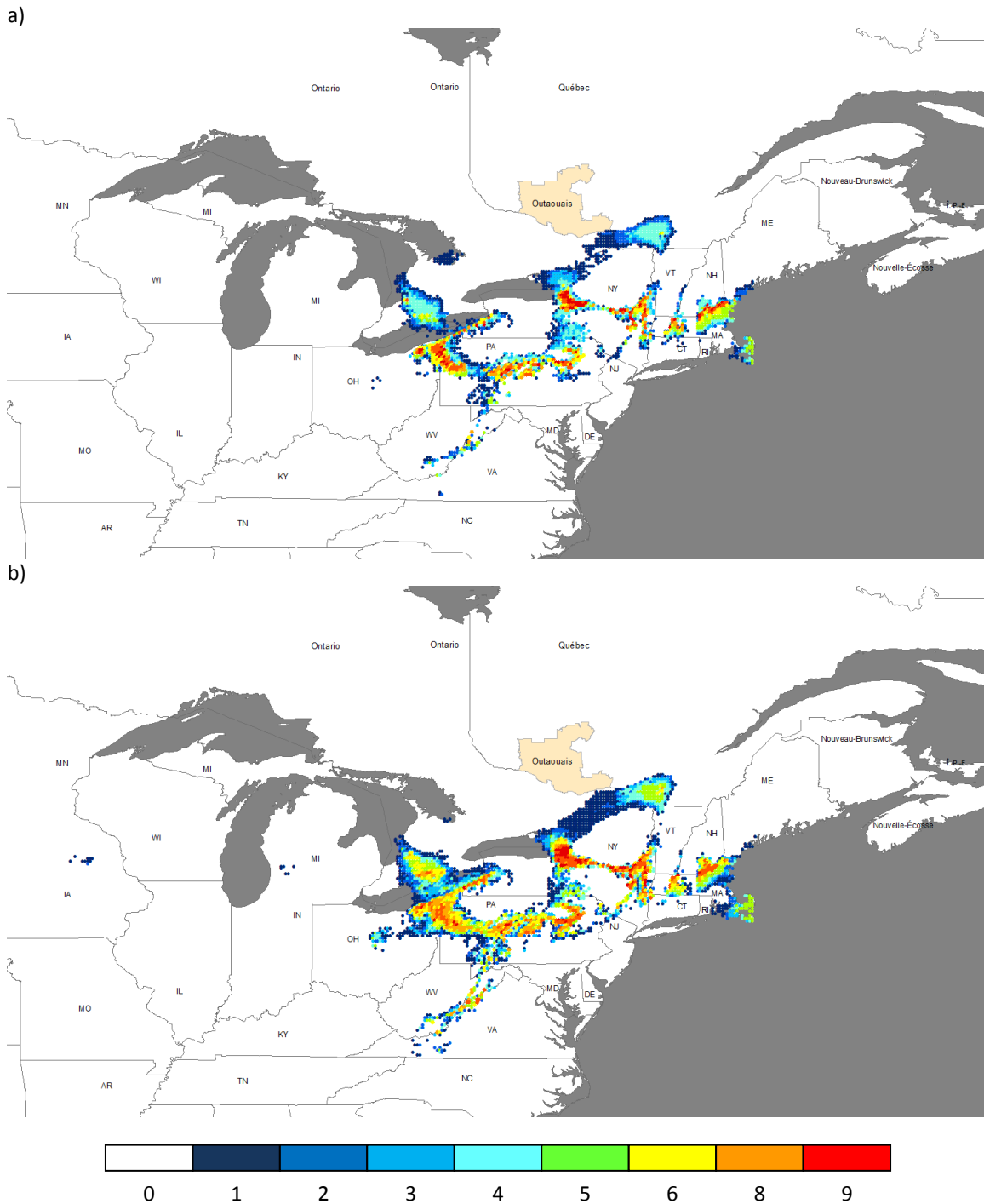


Figure D-6. Analogues spatiaux de l'Outaouais par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

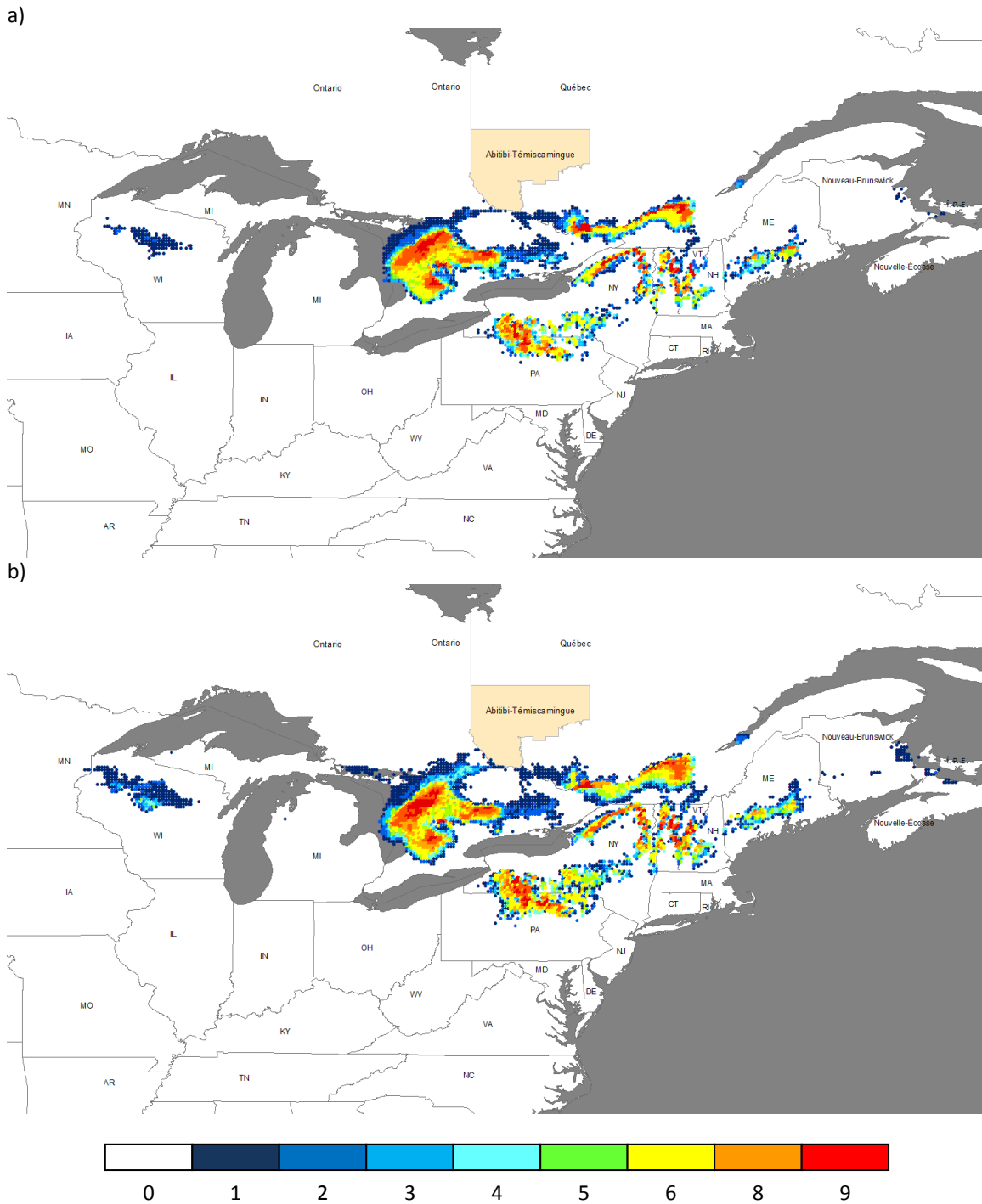


Figure D-7. Analogues spatiaux de l'Abitibi-Témiscamingue par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

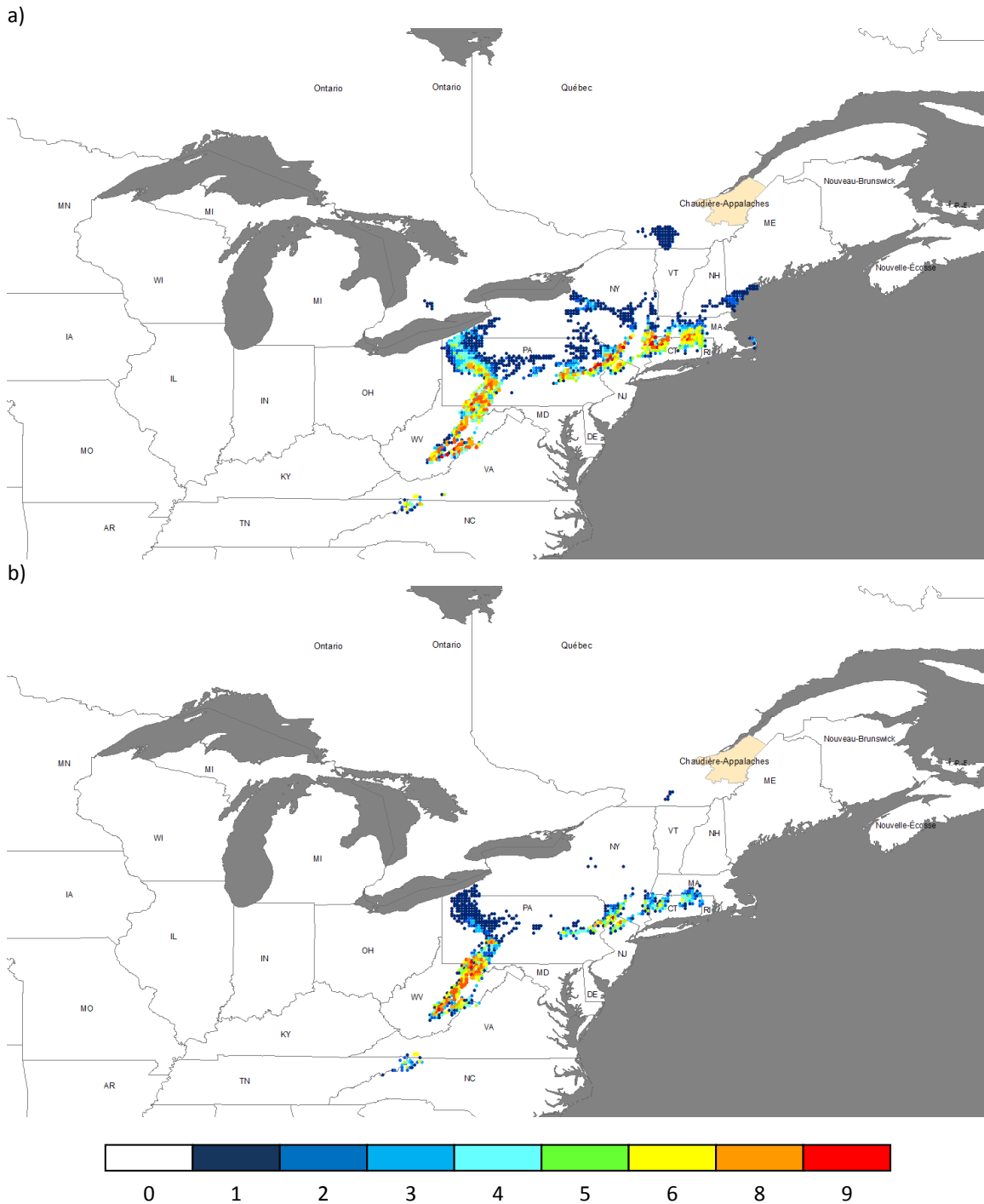


Figure D-8. Analogues spatiaux de Chaudière-Appalaches par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

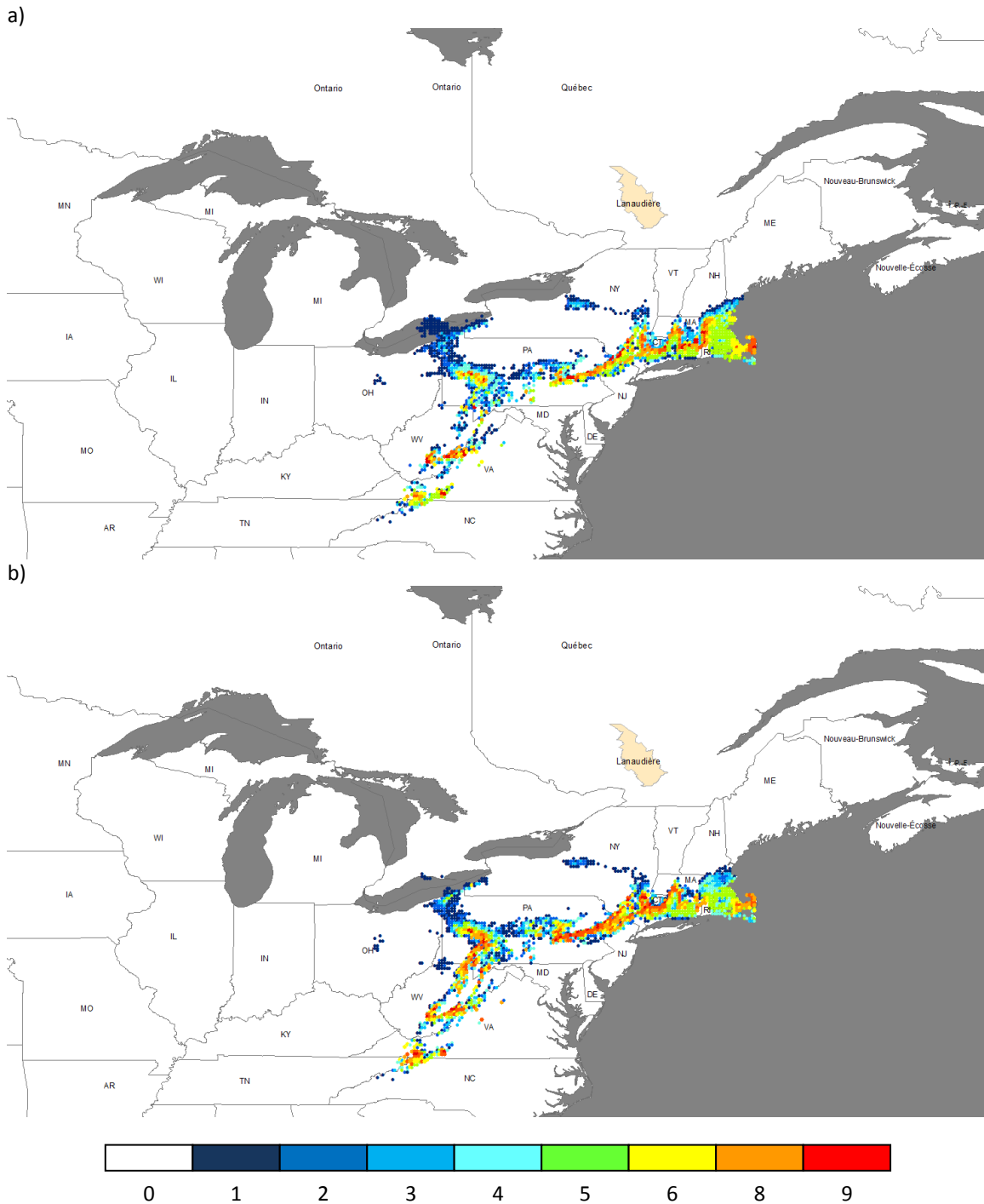


Figure D-9. Analogues spatiaux de Lanaudière par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

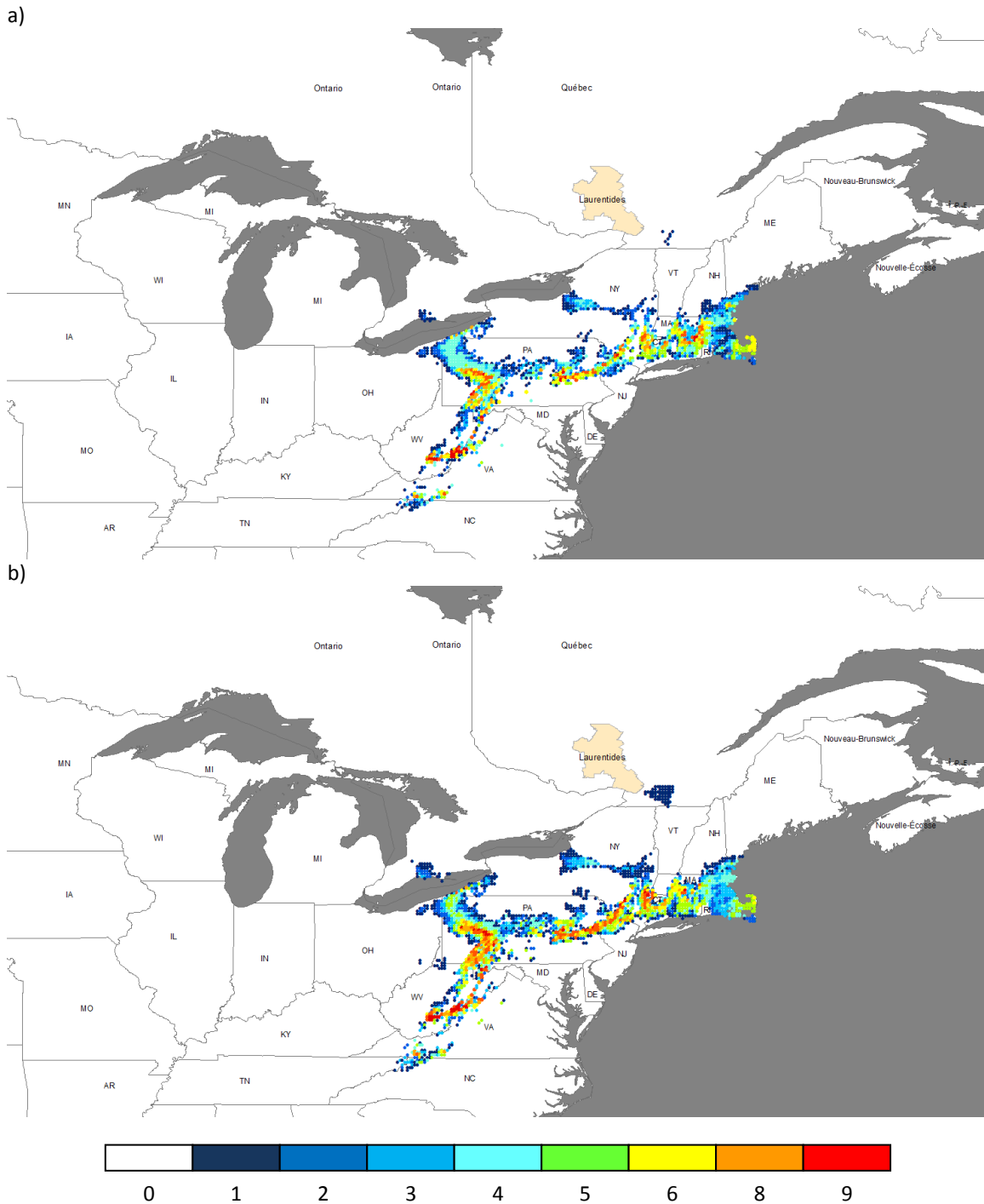


Figure D-10. Analogues spatiaux des Laurentides par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

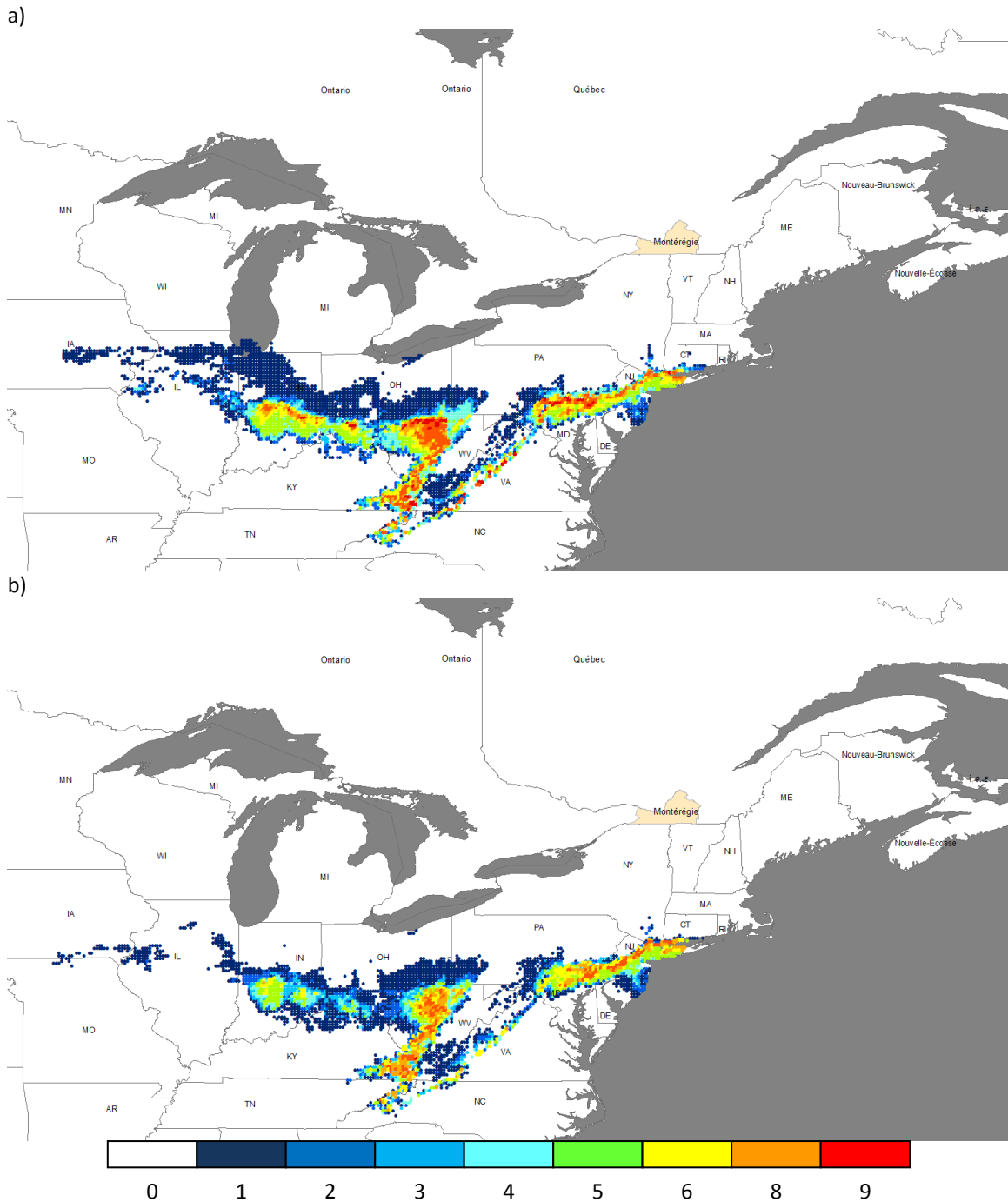


Figure D-11. Analogues spatiaux de la Montérégie par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

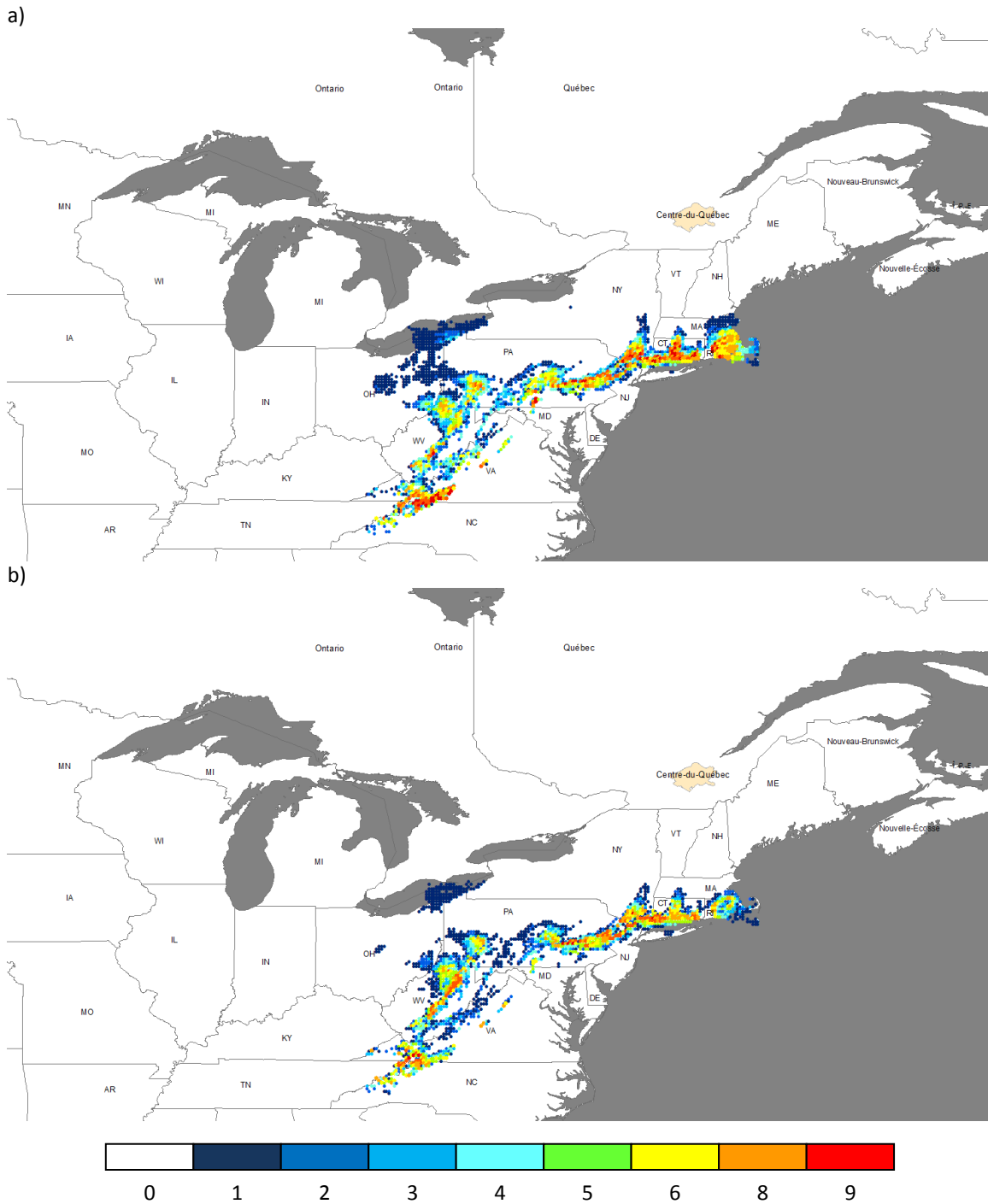


Figure D-12. Analogues spatiaux du Centre-du-Québec par la méthode a) *daily scaling* et la méthode b) *daily translation*. Note. 0 : aucune simulation ne considère le pixel comme analogue; 9 : toutes les simulations considèrent le pixel comme analogue. Les zones entre 4 et 9 sont les analogues les plus probables.

Annexe E : Programmes de conservation de l'eau

Les partenaires de l'Entente sont tenus de proposer un programme de conservation de l'eau. Ce chapitre fait un inventaire détaillé des programmes de conservation des différents états et province partenaires de l'Entente. Les faits saillants des programmes de conservation sont d'abord énoncés. Puis, l'information est présentée par état ou province (par ordre alphabétique) et par objectif du programme : 1) la conservation de l'eau, 2) les prélèvements, 3) les dispositifs d'urgence et 4) l'adaptabilité des programmes aux changements climatiques. À la fin de ce chapitre, nous présentons les initiatives se rapprochant d'un programme de conservation de l'eau chez les principaux états analogues qui ne font pas partie de l'Entente.

1. Faits saillants

- Tous les plans de conservation de l'eau chez les partenaires de l'Entente incluent la conservation de l'énergie dans leur stratégie de conservation de l'eau.
- Tous les états et province partenaires de l'Entente sont dotés d'un registre des prélèvements d'eau ou sont en processus de le faire. Ces registres sont parfois disponibles publiquement sur le web.
- Tous les états et province partenaires de l'Entente et les états américains analogues, sauf le Québec, disposent d'un plan d'urgence en cas de sécheresse.
- Tous les plans de conservation des partenaires de l'Entente sont adaptables et la plupart font mention des changements climatiques comme élément d'incertitude.

Parmi les états possédant les plans les plus détaillés, on retrouve l'Illinois (Ville de Chicago) et New York.

2. Illinois

2.1 Conservation de l'eau

La Ville de Chicago a mis en place un plan pour soutenir l'approvisionnement et la demande en eau de 2050, pour la zone Nord de l'Illinois (Chicago Metropolitan Agency for planning, 2010). Les objectifs du plan sont les suivants : 1) assurer l'équilibre entre la demande et l'eau disponible en condition de sécheresse ou non; 2) protéger la qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine; 3) assurer la disponibilité de l'eau pour supporter les systèmes aquatiques et

le développement économique; 4) informer la population sur l'importance et le maintien de la ressource en eau; 5) gérer les prélèvements à la source; 6) favoriser la communication intergouvernementale pour la conservation et la planification de l'eau; 7) rencontrer les besoins en collecte de données pour conserver une information à jour; 8) améliorer l'intégration des usages sur le territoire et sur les plans d'eau.

2.2 Prélèvement d'eau

L'Illinois oblige les industries ou toute personne prélevant plus de 100 000 gallons d'eau par jour (379 m³/jour ou 138 000 m³/an) à déclarer ses prélèvements via un programme de déclaration des prélèvements.

2.3 Dispositif d'urgence

Comme tous les états américains, en raison d'un programme fédéral de surveillance des sécheresses (National Drought Mitigation Center, 2012), l'Illinois dispose d'un plan d'urgence en cas de sécheresse (*State of Illinois drought preparedness and response Plan*) (State water plan task force of Illinois, 2011).

2.4 Adaptabilité aux changements climatiques

Le programme de la Ville de Chicago tient compte de l'évolution de la demande en eau. Plusieurs scénarios d'évolution de la demande en eau ont été évalués. Pour un climat plus chaud et plus sec, par exemple, la demande en eau pourrait augmenter entre 12% et 37% (Chicago Metropolitan Agency for planning, 2010). Notion intéressante abordée dans ce programme, qui se rapproche du coefficient de consommation, l'« empreinte hydrique » réfère au volume total d'eau prélevée et consommée par un individu, une communauté ou une entreprise. Lorsque l'utilisation de l'eau est optimale, l'empreinte hydrique est nulle. À la différence du coefficient de consommation, les usages faits de l'eau sont distingués par l'empreinte hydrique, qu'elle soit bleue (eau de surface ou souterraine), verte (précipitation) ou grise (eau recyclée). Déterminer l'empreinte hydrique d'un processus ou entité est utile pour en comprendre l'usage de l'eau et pour explorer les alternatives permettant de réduire, de réutiliser et de recycler l'eau. Bien qu'assez nouvelle, cette notion est déjà utilisée par certaines grandes compagnies de boissons. On retrouve dans le plan de la Ville de Chicago une information abondante sur les mesures pour réduire la demande en eau, entre autres, sur l'implantation de la tarification de l'eau.

3. Indiana

3.1 Conservation de l'eau

Les objectifs de conservation et d'utilisation efficace de l'eau de l'Indiana sont : 1) Conduire des programmes à long terme pour la durabilité de l'eau; 2) Adopter et implanter la gestion de l'approvisionnement et de la demande en eau pour promouvoir l'utilisation efficace et la conservation de l'eau; 3) Améliorer la surveillance des cours d'eau et standardiser les données; 4) Développer la science, la technologie et la recherche; 5) Développer des programmes pour l'éducation et le partage d'information entre les usagers de l'eau. À ce titre, le Programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau vise à : maximiser l'utilisation efficace de l'eau et minimiser les déchets; promouvoir les technologies innovantes de réutilisation de l'eau; conserver et gérer efficacement les approvisionnements actuels en eau pour différer l'ajout de nouvelles sources d'approvisionnement; offrir des incitatifs pour encourager l'utilisation efficace et la conservation de l'eau; inclure la conservation et l'utilisation efficace de l'eau dans les nouvelles réglementations; promouvoir l'investissement et l'entretien des infrastructures vertes.

3.2 Prélèvement d'eau

Depuis 2006, l'Indiana oblige les industries ou toute personne prélevant plus de 100 000 gallons d'eau par jour (379 m³/jour ou 138 000 m³/an) à déclarer ses prélèvements via un programme de déclaration des prélèvements. Les données de prélèvement par comté sont téléchargeables sur le site gouvernemental de l'Indiana (Indiana Department of Natural Resources, 2012a).

3.3 Dispositif d'urgence

L'État est doté d'une réglementation d'urgence des droits d'eau de surface (*Emergency Regulation Of Surface Water Rights*) pour protéger les propriétaires riverains de lacs contre la sur-puncton (Indiana Department of Natural Resources, 2012b). Cette loi ne s'applique pas au Lac Michigan. L'Indiana dispose également d'un plan détaillé en cas de manque d'eau (Indiana Department of Natural Resources, 2009). Le plan mentionne que les mesures proposées en situation de manque d'eau pourront servir à réduire la demande en eau et à minimiser les impacts du manque d'eau. Toutes les mesures proposées dans un programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau sont pré-requises à un plan d'intervention en cas de manque d'eau. Des mesures ont été identifiées pour réduire la demande en eau pour les catégories

d'usage suivantes (entre parenthèses, l'objectif demandé) : domestique et sanitaire (réduction), services essentiels (réduction), approvisionnement public (réduction), approvisionnement industriel (réutilisation et recyclage), institutionnel (réduction), irrigation (amélioration de l'efficacité), élevage (réduction) et autres. Ces mesures sont proposées sur une base volontaire, sous forme de recommandations ou d'obligation, dépendant du niveau d'urgence de la situation. Non seulement les usages de l'eau de surface, mais de l'eau souterraine également, sont visés par ce plan. En cas d'urgence, les usages suivants sont priorisés, dans l'ordre : domestique, santé et sécurité, production d'énergie, industrie et agriculture, autres.

Les sécheresses sont répertoriées à l'aide d'un outil national : U.S. Drought Monitor (United State Department of Agriculture, 2012a)

3.4 Adaptabilité aux changements climatiques

L'Indiana prévoit des changements dans le climat futur qui se traduiraient par une baisse des précipitations en été, combinée à une augmentation au printemps, ainsi qu'une augmentation générale des températures allant jusqu'à 10°C à la fin du siècle (Purdue Climate Change Research Center, 2008). Ces changements affecteront entre autres l'agriculture et la demande énergétique en chauffage et en refroidissement. Actuellement, on ne trouve pas mention de mesure d'adaptation aux changements climatiques dans le programme de conservation d'eau de l'Indiana.

4. Michigan

Le conseil consultatif de conservation des ressources en eau (*Water resources conservation advisory Council*) s'occupe d'évaluer les différents programmes en eau et de produire des recommandations.

4.1 Conservation de l'eau

Le Michigan travaille sur un programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau (*State water conservation and efficiency Program*), cependant les détails nous sont inconnus. Des mesures de conservation de l'eau visant des secteurs précis, comme le secteur municipal, peuvent être consultées à même le site du Département de la qualité de l'environnement (Michigan Department of environmental quality, 2012).

4.2 Prélèvement d'eau

Depuis 2009, un permis doit être obtenu pour les grands préleveurs, soit les préleveurs de plus de 100 000 gallons par jour (379 m³/jour ou 138 000 m³/an). Les grands prélèvements faits par des personnes doivent aussi être rapportés (Michigan Department of environmental quality, 2011). Le Michigan dispose d'un outil pour l'évaluation des prélèvements d'eau. On peut y télécharger les données les plus à jour sur les prélèvements (Michigan Department of natural resources, 2012).

5. New York

5.1 Conservation de l'eau

Le Programme sur l'approvisionnement public en eau potable (*Public water supply program*) protège et permet la conservation de la disponibilité en eau en assurant l'utilisation équitable de l'approvisionnement (Department of environmental conservation, 2012a). Une série de mesures sont disponibles pour réduire l'utilisation d'eau dans les résidences, les commerces, les industries et les établissements publics.

5.2 Prélèvement d'eau

La Loi sur les ressources en eau (*Water resources law*) exige via le registre des prélèvements d'eau (*Annual water withdrawal reporting*) un permis de prélèvement pour tous les préleveurs de plus de 100 000 gallons d'eau par jour (379 m³/jour ou 138 000 m³/an), incluant ceux du secteur agricole (Department of environmental conservation, 2012b). Cette loi est entrée en vigueur le 15 février 2012, mais doit être réglementée pour la rendre opérationnelle. Sont requis pour toute demande de permis de prélèvement d'eau les renseignements suivants : la source d'eau, sa localisation et sa capacité; la quantité d'eau prélevée (minima, maxima et moyennes mensuels); une description de l'utilisation faite de l'eau; un estimé de l'eau retournée au bassin ainsi que la méthode et la localisation du site de retour de l'eau.

5.3 Dispositif d'urgence

L'état de New York s'est doté d'un dispositif en cas de sécheresse. Les niveaux d'eau et les précipitations sont consignés par zone de gestion de sécheresse pour évaluer les risques. Chacune des neuf zones de l'état de New York a son propre programme d'intervention en cas de sécheresse. Par exemple, le Plan d'intervention de la ville de New York mise sur la recharge

complète de ses réservoirs dès le mois de juin pour pallier à toute sécheresse (Department of environmental conservation, 2012c).

5.4 Adaptabilité aux changements climatiques

L'état de New York dispose d'une stratégie intégrée d'adaptation aux changements climatiques : *ClimAID* (NYSERDA ClimAID Team, 2010). Cette stratégie vise à donner des outils aux décideurs pour développer leur propre programme d'adaptation en fonction de la vulnérabilité des activités au climat changeant. Une évaluation intégrée détaillée des stratégies (*Integrated assessment for effective climate change adaptation strategies*) est en cours de production et vise spécifiquement les gestionnaires gouvernementaux et municipaux et ceux qui gèrent l'eau, l'énergie, l'agriculture, les activités économiques et autres, au fur et à mesure qu'ils doivent proposer des mesures d'adaptation aux changements climatiques (NYSERDA, 2012).

6. Ohio

6.1 Conservation de l'eau

Un programme pour la conservation et l'utilisation efficace de l'eau (*Water conservation and efficiency*) doit être livré prochainement (Ohio Great Lakes Compact, 2010). Le 8 décembre 2010, les objectifs du programme ont été déposés. Ces objectifs sont : 1) assurer l'amélioration des eaux du bassin et des sources d'eau naturelles dépendantes, 2) protéger et restaurer l'intégrité hydrologique et des écosystèmes du bassin, 3) conserver les volumes d'eau de surface et d'eau souterraine du bassin, 4) assurer l'utilisation durable des eaux du bassin et 5) promouvoir l'utilisation efficace et réduire les déversements et les déchets dans le bassin. Les recommandations suivantes ont été identifiées pour la conservation et l'utilisation efficace de l'eau:

- Reconnaître la nature omniprésente de l'eau et les besoins multiples en eau qui requiert des prélèvements;
- Encourager et soutenir le développement économique et assurer un approvisionnement adéquat aux commerces et aux industries de l'Ohio;
- Démontrer les bénéfices qu'un programme de conservation de l'eau procure sur l'activité économique et sur l'environnement;
- Tirer parti de la richesse des expertises disponibles (agences, universités, etc.);

- User de transparence dans le choix des mesures, comprendre les modes d’application de ces mesures et soutenir les modifications futures au programme;
- Identifier et promouvoir les pratiques de conservation actuellement disponibles, techniquement et économiquement possibles et respectueuses de l’environnement;
- Considérer les installations impliquées et reconnaître la diversité des approches d’usage;
- Cibler les plus grands utilisateurs d’eau et les engager dans un effort collectif.

Pour le moment, ce programme n’est assujetti à aucune réglementation. Plus de détail peut être obtenu en consultant le document préliminaire du programme (Ohio Great Lakes Compact, 2010).

6.2 Prélèvement d’eau

Le programme sur l’enregistrement des prélèvements d’eau (*Water withdrawal facilities registration program*) exige de tous les préleveurs de plus de 100 000 gallons d’eau par jour (379 m³/jour ou 138 000 m³/an) l’obtention d’un permis de prélèvement. Sont requises toutes les informations permettant de calculer la consommation de l’eau (Ohio Department of natural resources, 2012). Il est prévu que cette loi entre en vigueur d’ici décembre 2013. Par ailleurs, l’Ohio mise beaucoup sur une connaissance approfondie des coefficients de consommation des différentes industries et des modes d’usage de l’eau pour décrire les usages de l’eau effectués sur son territoire.

6.3 Adaptabilité aux changements climatiques

L’Ohio prévoit que son programme de conservation de l’eau sera adaptable, donc flexible aux modifications futures. Les changements climatiques prévus pour l’Ohio sont une augmentation générale des températures de 1,6 à 2,2°C et une augmentation des précipitations pour toutes les saisons (Center for integrative environmental research, 2008). Malgré une augmentation des précipitations, l’Ohio verra son approvisionnement en eau menacé par un climat généralement plus sec dû à une évaporation accrue et une contribution réduite du couvert nival. Des conflits entre les usagers sont à prévoir, notamment pour l’industrie agricole dont les besoins en eau devraient augmenter. Bien que l’Ohio soit documenté sur les changements climatiques à venir, on n’en retrouve pas mention dans les objectifs préliminaires du programme de conservation de l’eau.

7. Ontario

7.1 Conservation de l'eau

L'Ontario dispose d'une politique concernant les stratégies de conservation de l'eau. Les trois éléments clés de cette politique sont : 1) développer une stratégie de conservation et d'utilisation efficace de l'eau, 2) renforcer la réglementation des nouveaux et des plus grands transferts interbassins et 3) implanter la seconde phase du programme de facturation de l'eau étendu aux commerces et aux industries (The living water policy, 2010).

En réponse à cette politique, la Loi des technologies et de la conservation de l'eau (*Water opportunities and water conservation act*) vise à 1) encourager les technologies innovantes de l'eau, des eaux usées et pluviales, des services et des pratiques dans les secteurs privé et public, 2) créer des opportunités pour le développement économique et des emplois en technologies propres en Ontario et 3) conserver et maintenir les ressources en eau pour les générations présentes et futures (Ontario's Ministry of the Environment, 2010). Premièrement, la loi aidera les municipalités à améliorer l'efficacité des infrastructures et des services municipaux, soit en identifiant des solutions innovantes et à coût réduit pour répondre aux différents défis de l'eau, en optimisant les systèmes en vue d'améliorer la conservation de l'eau et en identifiant des opportunités de développer et de mettre en œuvre les technologies émergentes de l'eau. Deuxièmement, la Loi appuiera les Ontariens dans leur effort de réduction des quantités d'eau utilisées à travers des mesures habilitantes telles que l'implantation de standards d'utilisation efficace de l'eau dans les produits de consommation, la définition des objectifs de consommation d'eau et la standardisation des exigences sur la facturation de l'eau. Troisièmement, par cette loi, le gouvernement ontarien entend travailler avec les partenaires pour piloter les nouvelles technologies afin d'en soutenir le développement et la vente pour la conservation et le traitement de l'eau, à la maison et partout dans le monde, en plus de sensibiliser le public sur une utilisation judicieuse de l'eau et de préparer la prochaine génération des professionnels de l'eau.

L'Alliance ontarienne de conservation de l'eau recommande que tout programme de conservation de l'eau intègre la notion de conservation d'énergie (Maas *et al.*, 2010). Par exemple, chaque fois qu'une chasse d'eau est tirée, c'est une quantité d'énergie qui est drainée; c'est le nexus eau-énergie décrit précédemment. En ce sens, la Loi de l'énergie verte (2009) permet de rattacher l'utilisation efficace de l'énergie à la conservation de l'eau (Ontario green

act alliance, 2009). Parmi les objectifs de la Loi de l'énergie verte (2009), on retrouve l'engagement de tous les Ontariens à participer à la conservation et l'utilisation plus efficace d'une énergie durable (Ontario green act alliance, 2009).

7.2 Prélèvement d'eau

Avec la Loi de 1990 sur la ressource en eau en Ontario (*Ontario water resources act*), un permis de prélèvement est exigé pour tous les préleveurs de plus de 50 000 litres d'eau par jour (50 m³/jour ou 18 250 m³/an). Le but de cette loi est de protéger l'écosystème naturel, de conserver et partager l'eau de manière équitable et d'éviter d'interférer avec d'autres utilisateurs. Les demandeurs de permis doivent présenter un rapport d'utilisation de l'eau prélevée.

7.3 Dispositif d'urgence

D'autre part, l'Ontario dispose d'une stratégie de réponse aux sécheresses, soit le Plan d'intervention en cas de baisse du niveau des eaux en Ontario. Ce dernier fournit un cadre pour le partage des eaux en permettant de prioriser les usages de l'eau en cas de sécheresse prolongée. Le Plan reconnaît les propriétés uniques de chacun des bassins versants de l'Ontario et prévoit une équipe d'intervention locale en matière de ressources en eau qui prend les décisions sur les façons de réduire ou de mieux gérer les prélèvements d'eau en période de faible niveau. Ce plan fait suite à un enchaînement de saisons de cultures ayant connu moins de précipitations, entre 1998 et 2003, particulièrement les années 2001 et 2002, et qui ont été la cause de nombreux conflits entre les différents utilisateurs de l'eau des bassins versants les plus critiques (Ministère des ressources naturelles, 2003).

7.4 Adaptabilité aux changements climatiques

Le site *The living water policy project* regroupe l'information sur les politiques de l'eau en Ontario (The living water policy project, 2010). L'Ontario a un plan d'action (*Climate ready : Ontario's adaptation strategy and action plan 2011-2014*) pour l'adaptation des infrastructures de l'eau et la gestion des interventions d'urgence sur les ressources en eau pour la période 2011-2014 (Government of Ontario, 2011). Également, la Loi de l'énergie verte (2009) vise l'atténuation des effets des changements climatiques via l'économie d'énergie (Ontario green act alliance, 2009). Parallèlement, la stratégie verte (*Go green : Ontario's action plan on climate change*) vise la réduction des gaz à effet de serre. Ces stratégies sont soutenues par l'entente de

2007 entre le Canada et l'Ontario sur le respect de l'écosystème du bassin des Grands Lacs (Government of Canada and Government of Ontario, 2002) qui prévoit déterminer les impacts des changements climatiques. Finalement, la Loi de l'eau potable (Clean water act, 2006) considère la menace sur la quantité et la qualité de l'eau face aux changements climatiques.

8. Pennsylvanie

Il existe plusieurs programmes visant les normes et la réglementation de l'eau et des installations pour la Pennsylvanie qui sont régis par trois unités : *Bureau of Water standards and facility regulation* (Pennsylvania Department of environmental protection, 2012a) en charge de la réglementation de l'eau potable, *Bureau of Watershed management* en charge de la restauration et de la protection des bassins versants (Pennsylvania Department of environmental protection, 2012b) et *Bureau of Waterways* en charge des cours d'eau et des lacs (Pennsylvania Department of environmental protection, 2012c).

8.1 Conservation de l'eau

Le Plan des eaux de l'état de la Pennsylvanie est régi par une agence d'état (Pennsylvania Department of environmental protection, 2012d et 2012g). Ce plan répond essentiellement à trois questions : quelle quantité d'eau est disponible sur le territoire?, quelle quantité d'eau est utilisée? et quelle quantité d'eau est nécessaire? Il sert de référence pour la gestion de la ressource en eau en fournissant une description qualitative et quantitative de la ressource. Actuellement en révision, il prévoit la publication en ligne d'un atlas.

8.2 Prélèvement d'eau

La Pennsylvanie tient un registre des prélèvements d'eau qui exige de tous les préleveurs de plus de 100 000 gallons d'eau par jour ($379 \text{ m}^3/\text{jour}$ ou $138\,000 \text{ m}^3/\text{an}$) l'obtention d'un permis de prélèvement (Pennsylvania Department of environmental protection, 2012e). L'agence met à disposition publiquement sur le web les données sur les prélèvements.

8.3 Dispositif d'urgence

Parmi les programmes gérés par le Bureau des standards, on retrouve un accès public à l'information sur les sécheresses en cours pour chaque sous-région de la Pennsylvanie (Pennsylvania Department of environmental protection, 2012f).

8.4 Adaptabilité aux changements climatiques

Le Plan des eaux de l'état de la Pennsylvanie se veut dynamique et adaptable. Il est présenté comme un processus évolutif pour demeurer actuel. On prévoit déjà des ajustements au Plan pour répondre à l'augmentation de la population, à l'évolution des technologies de l'énergie, aux modifications des pratiques culturelles et aux changements climatiques (Pennsylvania Department of environmental protection, 2012g).

9. Wisconsin

9.1 Conservation de l'eau

Le Programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau poursuit les cinq objectifs suivants : 1) assurer l'amélioration des eaux et des ressources naturellement dépendantes de l'eau, 2) protéger et restaurer les écosystèmes hydrologiques, 3) maintenir une quantité suffisante d'eau de surface et d'eau souterraine, 4) assurer la durabilité des usages de l'eau et 5) promouvoir l'efficacité de l'utilisation d'eau et la réduction des pertes dans le cycle de traitement de l'eau (Wisconsin Department of natural resources, 2012). Ce programme combine à la fois les aspects de l'offre et de la demande en eau. Pour ce faire, le programme se base sur différentes études menées sur le territoire, par exemple une étude sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau (Wisconsin Department of natural resources, 2011).

9.2 Prélèvement d'eau

Tous les préleveurs de plus de 100 000 gallons par jour ($379 \text{ m}^3/\text{jour}$ ou $138\,000 \text{ m}^3/\text{an}$) doivent s'enregistrer depuis 2011. Ils peuvent le faire en ligne.

10. Autres

Le Mid-Atlantic water program (2010) a été mis en place pour les états du Maryland, du Delaware, de la Pennsylvanie et de la Virginie. Ce programme met en valeur les prévisions climatiques pour venir en aide aux décideurs, particulièrement à ceux qui construisent les politiques sur l'eau, particulièrement du domaine de l'agriculture.

11. Régions analogues

En milieu agricole, deux programmes nationaux sont actuellement en application dans la plupart des états américains : *National Water Quality Initiative Conservation* et *Conservation Reserve*

Enhancement Program (United States Department of Agriculture, 2012b). Ces programmes visent à améliorer la qualité de l'eau en milieu agricole pour des bassins versants sélectionnés. Également une assistance financière est disponible pour encourager la conservation de l'eau (quantité et qualité) : *Water Conservation Project Assistance* (United States Department of Agriculture, 2012b). Le programme fédéral de conservation d'énergie (*Federal Energy Management Program*) fournit quelques lignes directrices pour concevoir un programme de conservation de l'eau en cinq étapes : 1) analyser les usages de l'eau, 2) développer des prévisions d'utilisation de l'eau, 3) explorer les mesures d'adaptation, 4) faire une analyse de coûts-bénéfices et 5) développer un plan à long terme (Federal Energy Management Program, 1998).

La proposition d'un programme de conservation de l'eau pour les états américains ne faisant pas partie spécifiquement de l'Entente se fait sur une base volontaire. La plupart n'en ont pas. Les initiatives concernant la conservation de l'eau sont tout de même présentées brièvement par état analogue, par ordre alphabétique. Une liste des organismes en charge de programme de conservation est disponible par état (Water Use It Wisely, 2012b).

11.1 Connecticut

L'État du Connecticut n'a publié que très peu de documentation pour la conservation de l'eau, dont des guides généraux pour la conservation de l'eau pour les utilisateurs de puits, de l'eau publique et pour l'utilisation efficace de l'eau en secteur résidentiel (State of Connecticut, 2002a) et son plan de réponse aux sécheresses (State of Connecticut, 2002b). Les mesures résidentielles visent principalement les utilisations dans la salle de bain, dans la cuisine et la salle de lavage, à l'extérieur, les équipements et l'aménagement paysager. La philosophie prônée par l'État est la suivante : « Économisez l'eau, économisez de l'argent, économisez l'énergie ». Le plan de réponse aux sécheresses du Connecticut comprend une description des informations climatiques à jour : statut des réservoirs, des rivières et de l'eau souterraine.

11.2 Maryland

Le Maryland dispose d'un plan d'action pour la conservation de l'eau qui cible principalement trois secteurs : les industries, les usages de l'eau et l'éducation publique. Les objectifs de ces secteurs sont respectivement : la réduction de l'usage, l'évaluation des prélèvements et l'information (Department of the environment, 2012). L'état du Maryland est concerné par les

changements climatiques, principalement par la hausse du niveau des océans. Une stratégie a été mise en place pour réduire la vulnérabilité du Maryland aux changements climatiques. Les recommandations liées à la ressource en eau sont les suivantes : assurer un approvisionnement à long terme, sécuritaire et adéquat, pour les humains et les écosystèmes; réduire les impacts des inondations et des précipitations extrêmes; assurer une eau propre à la consommation et en quantité suffisante pour la population; intensifier la gestion de l'eau pour des fins agricoles (Boiscourt and Johnson, 2010).

11.3 New Jersey

Le New Jersey dispose de programmes qui s'apparentent aux programmes de conservation de l'eau requis chez les partenaires de l'Entente. Entre autres, une réglementation a été mise en place pour l'allocation d'eau et l'enregistrement des prélèvements. Un permis est requis pour les prélèvements de plus de 100 000 gallons d'eau par jour (379 m³/jour ou 138 000 m³/an) pour tous les usages ou dérivations autres que pour l'agriculture (Department of Environmental Protection, 2012a). De plus, en 2007, le New Jersey en collaboration avec l'université Rutgers ont commencé à développer un programme de conservation de l'eau (*New Jersey Water Savers Program*) avec la sollicitation des municipalités, incluant des mesures telles que : la réduction de consommation résidentielle et la certification de bâtiments eau-efficacité et des activités de promotion du contrôle efficace des systèmes d'irrigation et de la récupération de l'eau de pluie, par exemple (Department of Environmental Protection, 2012a). Le New Jersey a également mis en place une base de données pour la gestion des déficits et des surplus d'eau. Cette base de données permet d'obtenir de l'information sur les limites d'approvisionnement en eau par comté, sur la demande en eau et sur la capacité des industries. Le Département de la protection de l'environnement de l'état dispose d'un outil d'information en ligne sur les sécheresses : *NJ Drought Information* (New Jersey Department of Environmental Protection, 2012b). Ce site permet d'accéder rapidement aux données à jour de précipitation, du niveau des réservoirs, des statuts et des indicateurs de sécheresse et des conditions d'approvisionnement en eau. Le New Jersey est particulièrement concerné par les changements climatiques. Par exemple, l'université de Rutgers a créé un outil de surveillance du climat sous forme de rapports mensuels et annuels (Rutgers University, 2012). Également, cet état dispose de plusieurs programmes concernant la consommation et les prélèvements d'eau résidentielle, commerciale et industrielle.

11.4 Virginie Occidentale

Le West Virginia Conservation Agency fait la promotion de la préservation des ressources naturelles en rendant accessibles les programmes nationaux de la conservation des sols et de l'eau (West Virginia Conservation Agency, 2012).

Annexe F : Stratégies d'adaptation chez les analogues

1. États du nord-est

Les états concernés sont : le Maine, le New Hampshire, le Vermont, le Massachusetts, le Rhode Island, le Connecticut, la Pennsylvanie, New York, New Jersey, le Delaware, le Maryland et la Virginie Occidentale.

Les productions agricoles telles que l'industrie laitière, la production de fruits et de sirop d'érable risquent d'être grandement affectées par un climat plus chaud. Particulièrement, la production de pommes, de bleuets et de canneberges pourraient devenir inaptes (United States global change research program, 2011). Selon le Mid-Atlantic water program (2010), les cultures telles que la pomme et la pomme de terre, qui prospèrent en milieu plus froid, sont moins productives dans les états du sud, la Géorgie par exemple, que dans les états du nord-est. Cela laisse supposer que ces cultures vont décliner selon un gradient nord-sud marqué par l'augmentation des températures. La Pennsylvanie, par exemple, pourrait voir sa production de céréales et d'oléagineux, de fruits et de légumes augmentée (Mid-Atlantic water program, 2010).

L'État de New York fait bonne figure au sein des États-Unis en termes d'adaptation aux changements climatiques (Rosenweig *et al.*, 2010). Parmi les stratégies à grande échelle déployées par l'état de New York face aux changements prévus au climat, on retrouve : 1) des programmes de contrôle des pertes et gaspillages domestiques; 2) la régulation des cours d'eau imitant le comportement saisonnier et les patrons hydriques naturels et 3) le développement d'une gestion adaptée aux sécheresses.

En ce qui a trait à l'agriculture, la plupart des cultures de New York sont sous régime pluvial, mais en été, les précipitations ne suffisent pas toujours à combler leurs besoins. Le climat n'est pas le seul facteur qui exerce une pression sur l'agriculture, l'économie ne fait qu'augmenter cette tension. Les stratégies d'adaptation préconisées sont: le changement dans les dates de plantation et les cultivars, la diversification des cultures, l'amélioration de la capacité de refroidissement dans les installations d'élevage, l'augmentation du contrôle des mauvaises herbes et des insectes avec des produits chimiques, le développement de nouvelles variétés adaptées et l'investissement dans l'irrigation et le drainage. Les secteurs les plus vulnérables aux changements climatiques sont : l'industrie laitière, les cultures en saison froides telles que les

pommes, les cultures qui sont plus sensibles aux températures élevées en été telles que les pommes de terre et les choux. Par exemple, certaines variétés de pommes telles que la McIntosh et la Empire pourraient disparaître au profit de cultures moins sensibles. Les petites fermes sont plus vulnérables étant donné leur capacité réduite d'investir dans des variétés plus tolérantes au stress des températures, dans les produits chimiques et dans le refroidissement des installations d'élevage.

2. États du centre-est

On prévoit une réduction du niveau de l'eau des Grands Lacs qui pourrait avoir des répercussions sur le transport, l'érosion des berges et les écosystèmes. La hausse des températures s'accompagnera nécessairement d'une hausse de l'évaporation et d'une réduction de la couche de glace des lacs qui accéléreront toutes deux la baisse de niveau des Grands Lacs (United States environmental protection agency, 2011; Davis and Dodson, 2011).

Tandis que les précipitations augmenteront en hiver et au printemps, des averses intenses et une plus grande évaporation en été devrait donner lieu à des périodes tantôt d'inondations, tantôt de manque d'eau (United States government, 2010). Les inondations du printemps sont appelées à retarder la plantation. Une augmentation des maladies, des insectes et des mauvaises herbes pourraient coûter cher à l'agriculture, de la même façon que l'industrie animale, plus soumise aux différents stress de température (United States government, 2010).

En Ohio, moins de 15% des terres sont irriguées (Antosh *et al.*, 2003). La raison principale pour irriguer est l'obtention de bons rendements. Les autres raisons incluent la germination des semences, la prévention contre le gel, l'application d'intrants, le refroidissement des cultures, la prévention des maladies et de l'érosion par le vent. En Ohio, on irrigue de janvier à décembre, suivant une courbe normale, atteignant son apogée en juillet et en août.