



Changements climatiques : vers une adaptation des acteurs de la zone de gestion intégrée de l'eau du COBALI

Outil d'accompagnement

Comité du bassin versant de la rivière du Lièvre

2019

Réalisation : Comité du bassin versant de la rivière du Lièvre

Recherche et rédaction : **Marjorie Lemire-Garneau**

Révision : **Janie Larivière et Pierre-Étienne Drolet**

©COBALI – 2019

www.cobali.org / info@cobali.org

Avant-propos

Le *rapport de synthèse* de 2014 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est sans équivoque, « L'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie et, aujourd'hui, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont les plus élevées jamais observées. Les changements climatiques récents ont eu de larges répercussions sur les systèmes humains et naturels ». Ce groupe, créé en 1988 par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et par l'Organisation météorologique mondiale (OMM), examine et évalue les données scientifiques, techniques et socio-économiques publiées dans le monde, relatives au sujet des changements climatiques. Depuis longtemps des actions sont posées pour tenter de réduire mondialement les émissions de gaz à effet de serre et ainsi espérer d'éviter les scénarios catastrophes des années à venir quant au réchauffement planétaire. Par contre, au fil des années, parallèlement aux efforts de lutte aux changements climatiques la notion d'adaptation prend de plus en plus sa place. Cette notion intervient sur la réduction de la vulnérabilité des systèmes naturels et humains contre les effets des changements climatiques par l'élaboration et la mise en place de stratégies, et d'initiatives par diverses mesures.

Ce document a pour objectif d'aider les élus et les acteurs locaux et régionaux, dont les décisions ont un impact dans la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE) du COBALI, à emboîter le pas de l'adaptation aux changements climatiques.

Le document représente donc un outil d'accompagnement et d'aide à la décision. Il comprend un aperçu factuel et actuel du climat ainsi que des aléas climatiques attendus dans le futur. Ces résultats sont présentés à une échelle régionale (Québec méridional) et locale (ZGIE du COBALI). De plus, les impacts sont décrits par composantes (foresterie, agriculture, tourisme, aménagement du territoire, milieux naturels et humains). Les éléments présentant des vulnérabilités particulières sont également abordés, mais ceux-ci devront faire l'objet d'explorations supplémentaires.

À la lumière des constats présentés dans ce document, les acteurs de l'eau seront munis des informations nécessaires à la poursuite d'un plan d'adaptation aux changements climatiques. Les étapes qui figurent d'ordinaire dans un tel plan sont résumées et des références supplémentaires sont fournies pour faciliter ce processus d'élaboration.

Les actions à prioriser proposées par le COBALI n'ont pas fait l'objet d'une analyse de risque complète. Toutefois, il préconise de cibler des actions dès aujourd'hui sur les points suivants :

les glissements de terrain, la gestion des eaux pluviales, les risques d'inondations et l'approvisionnement en eau potable des résidences situées aux abords des plans d'eau. Ces enjeux sont jugés par le COBALI comme prioritaires et pourront faire l'objet de recherches plus approfondies, à la lumière des réalités territoriales que chacune des municipalités aura répertorié.

Ces recommandations, lorsque mise en œuvre, ont un fort potentiel de diminuer les risques jugés majeurs et de générer des bénéfices indirects sur d'autres composantes. De plus, ces solutions sont simples et peu coûteuses à opérer considérant les coûts *a posteriori* qu'un *statut quo* pourrait engendrer. De plus, le COBALI préconise une approche de gestion intégrée de l'eau par bassin versant (GIEBV) qui favorise la concertation et la coalition des acteurs de développement régional afin de faire front commun face aux changements à venir.

Remerciements

Le COBALI remercie tous les intervenants qui ont collaboré à la réalisation de cet outil d'aide à la décision. Tout d'abord, il salue les scientifiques dont le travail factuel et soutenu contribue concrètement à augmenter les capacités d'adaptation des collectivités, que ce soit à l'échelle globale qu'à l'échelle locale.

Parmi les experts qui ont contribué directement à l'intégrité de ce document, on compte tout d'abord Mme Catherine Guay, chercheure en hydrologie pour l'Institut de recherche d'Hydro-Québec, dont la modélisation a permis d'agrémenter les savoirs relativement aux changements attendus dans les paramètres hydroclimatiques à l'échelle du bassin versant de la rivière du Lièvre, mais également des incertitudes qui sont associées à leur modélisation.

Le COBALI remercie également l'équipe de M. Robert Leconte, notamment titulaire de la Chaire de recherche industrielle du CRSNG sur la valorisation des observations de la Terre en ressources hydriques et expert en modélisation hydrologique, dont les travaux ont permis de préciser les risques associés aux inondations sur le bassin versant de la rivière du Lièvre.

L'organisme aimerait également souligner la participation des intervenants qui ont généreusement accepté de répondre aux entrevues semi-dirigées; entrevues qui ont permis de cadrer les besoins des municipalités et des municipalités régionales de comté face aux enjeux régionaux que soumettent les changements climatiques. Parmi ces intervenants, on compte MM Louis Garon, Patrick Laliberté, Arnaud Holleville, François Loiselle, Yvann Blayo et Frédérick Tremblay.

Merci aux nombreux autres intervenants qui ont fourni des conseils avisés relativement à diverses problématiques traitées dans le présent outil d'aide à la décision. Merci à Mmes Julie Chagnon, Audrey Lavoie et Jeanne-d'Arc Raymond, et à MM. Pascal Sarrasin, Christian Poirier et Jacques Supper.

Merci à la société d'histoire et de généalogie des Hautes-Laurentides et à sa coordonnatrice Mme Véronique Paul pour son aimable soutien et sa généreuse contribution.

Finalement, Bravo à tous les membres de l'équipe du COBALI (Danielle, Janie, Kristel et Pierre-Étienne) d'avoir participé de près ou de loin à la réalisation de ce document et notamment à celle qui en a assuré la recherche et la rédaction : Marjorie Lemire-Garneau, en ajoutant l'apport externe d'Alexandre Tremblay.

À propos du COBALI

Le COBALI est une table de concertation qui a pour mission de protéger, d'améliorer et de mettre en valeur la ressource eau de sa zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE), ainsi que les ressources et habitats qui y sont associés, et ce, dans un cadre de développement durable et en concertation avec les acteurs de l'eau. La ZGIE du COBALI comprend le bassin versant de la rivière du Lièvre et, à l'est de celle-ci, le bassin versant de la rivière Blanche, située dans la MRC de Papineau. La ZGIE inclue aussi un bassin orphelin de la rivière des Outaouais situé entre les deux bassins versants précédents, soit le bassin versant du ruisseau Pagé.

La ZGIE du COBALI couvre une superficie de 10 127 km², touche à quatre régions administratives, sept MRC ou territoires équivalents, quatorze territoires non organisés et trente-quatre villes ou municipalités.

Le principal mandat du COBALI est d'élaborer le Plan directeur de l'eau de sa zone de gestion intégrée. Par celui-ci le COBALI a aussi pour objectifs :

- D'améliorer les connaissances sur les ressources et les potentiels des trois bassins versants;
- De concilier les usages de la ressource pour une gestion intégrée;
- D'être un agent de formation, d'éducation et de mobilisation auprès de la population;
- De développer des projets susceptibles de mener à la réalisation des objectifs de l'organisme;
- D'organiser et d'orchestrer toute activité permettant d'amasser les fonds nécessaires à la réalisation de ces objectifs.

Le COBALI est conscient que certaines des recommandations qui figurent dans ce document débordent parfois du cadre de gestion intégrée de la ressource en eau. Il assume cependant que les changements climatiques sont un enjeu majeur et qu'il est de son devoir d'en informer le plus grand nombre de gens afin de multiplier les savoirs et d'augmenter la résilience du milieu dans lequel il opère.

Table des matières

Avant-propos	iii
Remerciements	v
À propos du COBALI	vi
Liste des figures	ix
Liste des tableaux	xi
Lexique et abréviations	xii
1-Introduction	1
2-Mise en contexte.....	4
2.1 La science du climat et les projections climatiques.....	6
3-Les changements climatiques : du mondial au local.....	8
3.1 Contexte mondial	8
3.2 Les coûts des changements climatiques	9
3.3 Les enjeux des changements hydroclimatiques	12
3.4 Contexte du Québec méridional	13
Tendances climatiques générales en bref pour le sud du Québec	14
Tendances hydroclimatiques en bref pour le sud du Québec.....	14
Aléas attendus annuellement pour le sud du Québec	15
3.5 Contexte régional et local : la ZGIE du COBALI.....	17
Évolution du climat dans la ZGIE du COBALI	17
Changements climatiques anticipés dans la ZGIE du COBALI	25
Modélisation hydroclimatique sur la rivière du Lièvre pour les horizons 2030 et 2050.....	31
4-Les impacts des aléas climatiques sur la ZGIE du COBALI.....	34
4.1 Impacts sur le milieu hydrique	34
4.2 Impacts sur certains éléments de l'aménagement du territoire.....	37
4.3 Impacts sur les secteurs forestier et agricoles	43
4.4 Impacts sur les activités récréatives et le tourisme	46
5-Vers une démarche d'adaptation aux changements climatiques.....	48
5.1 Le langage de l'adaptation aux changements climatiques.....	48
Vulnérabilité et résilience.....	50
Les risques inhérents : la maladaptation.....	57
5.2 Les vulnérabilités de la ZGIE du COBALI	59
Municipalités régionales de comté (MRC) et Ville de Gatineau.....	60
Vulnérabilité inhérente au cadre institutionnel	67

Vulnérabilités inhérentes aux mouvements de masse	70
Vulnérabilités des municipalités comprises dans la ZGIE du COBALI.....	72
Vulnérabilité des écosystèmes forestiers et de l'industrie forestière dans la MRC d'Antoine-Labelle	78
Autres vulnérabilités associées aux impacts des changements climatiques	81
De la vulnérabilité à l'adaptation	81
6-Le plan d'adaptation aux changements climatiques.....	83
6.1 Analyse du risque	85
Méthodes d'analyse du risque	86
Priorisation des options pour la gestion des risques.....	88
6.2 Gestion du risque.....	89
6.3 Calendrier de mise en œuvre	90
6.4 Mécanismes de suivi et de mise à jour.....	91
6.5 Communication et diffusion	91
6.6 Les ressources financières disponibles.....	92
7-Recommandations : les priorités d'action des acteurs de l'eau de la ZGIE du COBALI	93
8-Conclusion	99
Références.....	103
Annexes	115
Annexe 1. Précisions climatiques	116
Annexe 2. Articles d'événements extrêmes historiques ayant eu lieu dans la ZGIE du COBAL..	130
Annexe 3. Exemple de présentation des mesures d'adaptation du Plan d'adaptation aux changements climatiques de la communauté métropolitaine de Montréal	135

Liste des figures

Figure 1. Planification de l'adaptation aux impacts des aléas climatiques à anticiper et notion de seuil	5
Figure 2. Guidage du modèle climatique régional par le modèle climatique global	6
Figure 3. Échelles météorologiques et climatiques.....	7
Figure 4. Scénarios d'émissions pour 2100 selon quatre scénarios d'émission développés par le GIEC	8
Figure 5. Pourcentage des indemnités payées par année, selon le type de sinistre de 2001 à 2005.....	10
Figure 6. Évolution des anomalies de températures moyennes annuelles observées pour la région Sud du Québec et simulées (1990-2100) par rapport à la moyenne 1971-2000, pour la période historique (gris) et selon les scénarios optimistes RCP 4,5 (bleu) et pessimistes RCP 8,5 (rouge).....	13
Figure 7. Synthèse des changements en cours et à venir dans le sud du Québec.....	15
Figure 8. La crue de mai 1974 à Ferme-Neuve. Des sinistrés se déplacent en canot et en chaloupe	18
Figure 9. La crue de mai 1974 a submergé l'île Bell (à gauche) et son pont (à droite), à Mont-Laurier	19
Figure 10. Une résidence de la rue du chemin Fer-à-Cheval dans le secteur de Masson-Angers de Gatineau est inondée jusqu'au rez-de-chaussée lors des crues printanières exceptionnelles de 2017	20
Figure 11. Glissement de 40 hectares de terrain à Poupore survenu en 1903 et vestiges en 2017.....	21
Figure 12. Scène de désolation à Poupore vue du Nord-Ouest, en 1903	22
Figure 13. Cérémonie religieuse avant l'enterrement des victimes	22
Figure 14. Des îlots de terre argileuse subsistent au milieu de la rivière suite au glissement de terrain de 1908.....	23
Figure 15. Décombres générés par le glissement de terrain de Notre-Dame-de-la-Salette en 1908.....	23
Figure 16. Glissement de terrain survenu le 1 ^{er} juin 1975 en périphérie de Thurso.....	24
Figure 17. Glissement fortement rétrogressif, Notre-Dame-de-la-Salette, 2010.....	24
Figure 18. Délimitation des sous-bassins versants des ouvrages de retenue des eaux (barrages) situés sur la rivière du Lièvre pour lesquels une modélisation hydroclimatique a été effectuée	31
Figure 19. Chaîne de modélisation hydroclimatique généralement employée par l'IREQ.	32
Figure 20. Fissures dans la fondation d'une habitation sur des argiles sensibles (Montréal)	38
Figure 21. Impacts de l'urbanisation sur le cycle de l'eau.....	39
Figure 22. Mécanisme d'un ouvrage de surverse d'un milieu urbanisé	41
Figure 23. Modèle conceptuel simplifié décrivant l'impact, la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques	49
Figure 24. Représentation schématisée du concept de vulnérabilité.....	51
Figure 25. Schéma de concept de l'adaptation aux changements climatiques	57
Figure 26. Étapes d'évaluation de l'adaptation.....	60

Figure 27. Emplacement du lot 799 du « village » de Mont-Laurier	69
Figure 28. Argile sensible au remaniement : à gauche, à l'état intact et à droite, à l'état complètement remanié.....	71
Figure 29. Glissements de terrain survenus en Outaouais. La rivière du Lièvre longe la municipalité Notre-Dame-de-la-Salette, ainsi que le secteur de Buckingham de la ville de Gatineau	72
Figure 30. Zones de glissements de terrains générés par tremblements de terre (4550 ans avant aujourd'hui) et par perturbation (7060 ans avant aujourd'hui)	72
Figure 31. Les étapes d'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques.....	84
Figure 32. Éléments de l'analyse du risque	86
Figure 33. Étapes en évaluation du risque	86
Figure 34. Exemple de calcul des probabilités via un arbre de défaillance du risque qu'une crevasse survienne sur un véhicule	87
Figure 35. Exemple d'évaluation qualitative des niveaux de risque	87
Figure 36. Abaque de l'acceptabilité d'un risque donné.....	88
Figure 37. Projets de noue végétalisée en milieu imperméabilisé	95
Figure 38. Évolution des anomalies des températures moyennes observées pour la période 1950 à 2012 et simulées (1900-2100) pour le sud du Québec. A) Hiver (DJF) b) Printemps (MAM) c) Été (JJA) d) Automne (SON). Les anomalies sont calculées par rapport à la moyenne de 1971 à 2000.....	117
Figure 39. Changement de débit mensuel moyen au barrage Mitchinamecus	120
Figure 40. Changement de débit mensuel moyen au barrage de Mont-Laurier	121
Figure 41. Changement de débit mensuel moyen au barrage de Kiamika	122
Figure 42. Changement de débit mensuel moyen au barrage Rapides-des-Cèdres (Réservoir du lac du Poisson Blanc)	123
Figure 43. Changement de débit mensuel moyen au barrage High Falls.....	124
Figure 44. Changement de débit mensuel moyen au barrage Masson	125

Liste des tableaux

Tableau 1. Tendances principales des changements hydrologiques pour les cours d'eau du Québec méridional en 2050.....	16
Tableau 2. Changements annuels anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5.....	26
Tableau 3. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5 pour la période hivernale	27
Tableau 4. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5 pour la période printanière	28
Tableau 5. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5 pour la période estivale	29
Tableau 6. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5 pour la période automnale	30
Tableau 7. Composantes d'un bassin versant en milieu urbanisé et processus typiquement associés	39
Tableau 8. Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers	43
Tableau 9. Types d'adaptation aux changements climatiques et exemples	50
Tableau 10. Exemples de facteurs pouvant influencer sur la sensibilité d'un système.....	53
Tableau 11. Sensibilité des écosystèmes : Exemples de facteurs pouvant influencer la sensibilité de l'habitat d'une espèce de poisson	54
Tableau 12. Dimension des collectivités influant sur la capacité d'adaptation	56
Tableau 13. Acteurs de l'eau contactés par le COBALI.....	61
Tableau 14. Principales expositions biophysiques passées et actuelles identifiées par les communautés de Mont-Laurier et de Ferme-Neuve	75
Tableau 15. Évaluation de la sensibilité aux changements climatiques des objectifs d'aménagement associés aux enjeux du PRDIRT de la CCRNT des Laurentides.....	80
Tableau 16. Vocabulaire du risque	85
Tableau 17. Données climatiques pour trois stations météorologiques de la ZGIE du COBALI, par décennies, de 1984 à 2013 ¹	118
Tableau 18. Probabilité associée au pourcentage de scénarios projetant une augmentation....	119
Tableau 19. Changement de débit annuel moyen pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre	119
Tableau 20. Projections de changement de la contribution saisonnière au débit annuel pour six barrages sur le bassin versant de la rivière du Lièvre	126
Tableau 21. Changement du volume de la crue pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre, selon le scénario d'émission RCP 8.5 du GIEC	127
Tableau 22. Changement de la durée de la crue pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre	127
Tableau 23. Changement du nombre de jours avec neige au sol pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre	128
Tableau 24. Changement de l'accumulation maximale de neige au sol pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre	129

Lexique et abréviations

Acteurs de l'eau : Toute personne ou organisation concernée et impliquée, de près ou de loin, dans la gouvernance de l'eau : producteur forestier, pêcheur, citoyen, élu, agriculteur, association de lac...

Conditions abiotiques : Ensemble de facteurs physiques et chimiques qui décrivent un système donné et qui ont une influence sur les organismes qui y évoluent.

CFPB : Collectivité forestière du Projet Le Bourdon

CRRNT : Commission régionale des Ressources Naturelles et du Territoire

Crue : Augmentation importante du débit (et par conséquent du niveau) d'un cours d'eau, le plus souvent attribuable aux apports verticaux : la fonte de la neige ou les précipitations sous forme liquide.

Débit de pointe : Débit maximal instantané d'un hydrogramme donné

Débit de base : Débit associé à l'écoulement d'un cours d'eau pendant les périodes sans précipitations. Il résulte du tarissement des nappes.

Étiage : Correspond statistiquement (sur plusieurs années) à la période de l'année où le niveau d'un cours d'eau atteint son point le plus bas.

Eaux pluviales : l'eau de pluie et l'eau provenant de la fonte de la neige qui s'infiltrent dans le sol ou qui ruissellent à sa surface avant de terminer leur course dans les cours d'eau avoisinants ou la nappe d'eau souterraine

MRC : Municipalités régionales de comté

MELCC : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

MES : Matières en suspension

MFFP : Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs

MAMH : Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation

MTQ : Ministère des Transports du Québec

PRDIRT : Plan régional de développement intégré des ressources et du territoire

SAD : Schéma d'aménagement et de développement

SADR : Schéma d'aménagement et de développement révisé

Stratification thermique d'un lac : phénomène qui s'observe lors du réchauffement des eaux d'un lac et qui subdivise la colonne d'eau en couches possédant une température similaire. On retrouve généralement trois couches soit la couche supérieure (épilimnion), la couche intermédiaire (métalimnion) et la couche inférieure (hypolimnion)

1- Introduction

Comment penser le développement régional à l'ère des changements climatiques? Voilà une question légitime et qui se retrouve sur les lèvres de tous les décideurs municipaux à travers le monde. Les changements climatiques sont observés partout au Québec. La zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE) du COBALI, qui comprend les bassins versants de la rivière du Lièvre, de la rivière Blanche est et du ruisseau Pagé, n'y fait pas exception. Les changements climatiques sont à nos portes et le temps est venu de les considérer dans une perspective de développement durable, en prévision des événements climatiques extrêmes, qui soumettront des pressions sans cesse grandissantes sur l'environnement bâti et naturel ainsi que sur la santé et la sécurité de la population qui s'y trouve. Celle-ci se fait d'ailleurs de plus en plus vieillissante, et ce facteur démontre à lui seul la nécessité d'agir de manière préventive afin de limiter les coûts exorbitants qu'une action *a posteriori* pourrait engendrer.

À cet effet, le présent travail se veut un outil d'aide à la décision pour les acteurs de l'eau (municipalités, MRC, ou toute autre instance décisionnelle garante de développement régional et local) afin de les accompagner dans leurs futures actions d'adaptation aux changements climatiques.

Au cours de leur lecture du présent outil, les acteurs de l'eau pourront apprivoiser les différentes étapes d'un plan d'adaptation aux changements climatiques. Certaines d'entre elles seront développées en regard des connaissances dont le COBALI disposait au moment de réaliser ce travail.

Dans un premier temps, la mise en contexte ciblera les objectifs du présent travail, objectifs qui s'inscrivent dans la course à l'adaptation aux changements climatiques et de réduction des impacts des gaz à effet de serre (GES). Un bref survol de la science du climat fournira aux lecteurs les outils pour comprendre les projections climatiques et les incertitudes qui en découlent. Ces projections seront présentées plus tard dans le document. Les enjeux des changements climatiques seront par la suite abordés en mettant l'emphase sur le volet économique.

Dans un deuxième temps, à la lumière de ces renseignements, les données climatiques les plus récentes seront présentées afin d'informer les élus des aléas à anticiper dans le climat futur. Celles-ci seront développées à l'échelle du sud du Québec en décrivant les tendances climatiques généralement attendues pour cette région qui comprend la ZGIE du COBALI.

Le portrait climatique régional et local sera présenté dans un troisième temps. Le plan d'adaptation aux changements climatiques, dont la démarche a été développée par le MAMOT et le consortium Ouranos, traite des impacts actuels du climat pour ensuite revenir aux impacts anticipés. C'est à ce moment que les aléas climatiques seront détaillés à l'échelle de la ZGIE du COBALI, et ce, sur une base annuelle et saisonnière.

Les impacts des aléas climatiques sur la ZGIE du COBALI seront, dans un quatrième temps, détaillés en fonction de composantes régionales clés : la forêt, l'agriculture, le tourisme, le développement du territoire et les milieux hydriques. C'est dans cette section que seront résumés les résultats d'une modélisation de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) présentant certains paramètres hydroclimatiques. Bien que celle-ci n'apporte des réponses que pour le bassin versant de la rivière du Lièvre, elle livre néanmoins des informations pertinentes aux acteurs dont le territoire est compris dans les bassins versants de la rivière Blanche et du ruisseau Pagé.

L'étape suivante du plan d'adaptation aux changements climatiques consiste à évaluer les vulnérabilités issues du système à l'étude. Certaines bases du vocabulaire associé à l'adaptation seront abordées de manière vulgarisée afin de saisir l'ensemble des paramètres dont les acteurs de l'eau doivent tenir compte à cette étape. Dans un cinquième temps, les vulnérabilités connues par le COBALI seront présentées. Également, le résultat des entrevues semi-dirigées réalisées auprès des MRC seront présentées, puisque ces acteurs régionaux ont un rôle à jouer dans la capacité d'adaptation et la transmission d'information. Les besoins et les vulnérabilités des communautés seront également abordés dans cette section, tout comme celles qui émanent des caractéristiques naturelles du milieu à l'étude. L'identification de ces éléments est essentielle puisqu'ils permettront d'orienter les futures démarches d'adaptation aux changements climatiques en évitant les maladaptations

Dans un sixième temps, le présent document reviendra sur la méthodologie proposée dans le plan d'adaptation aux changements climatiques. En résumé, il réfère les acteurs de l'eau aux ressources externes qui leur permettront de poursuivre l'élaboration de leur plan d'adaptation, dont les bases ont été entamées par le COBALI dans le cadre du présent outil d'aide à la décision.

L'étape de la gestion du risque comprend ultimement des pistes d'action qui pourront être consultées par les acteurs de l'eau. Bien qu'elles ne découlent pas d'une analyse de risque détaillée, ces pistes d'action constituent néanmoins des propositions adaptées dans une

perspective de gestion intégrée de la ressource en eau. Ainsi, elles permettront d'augmenter la résilience et la capacité d'adaptation de la population en générale.

En juin 2012, le gouvernement du Québec s'est doté de la toute première *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*. En reconnaissant l'urgence d'agir devant les changements du climat déjà présents et leurs amplifications au cours des années futures, le gouvernement souhaite avec cette nouvelle *Stratégie*, à travers son plan d'action 2013-2020, atteindre les objectifs qu'il s'est fixé, mais vise également « ... à renforcer la prise de conscience du Québec à l'égard de cette question, ainsi que la prise en charge et l'appropriation locale et régionale des solutions d'adaptation aux changements climatiques ». D'ailleurs, à ce propos le projet *Rés'Alliance*, coordonnée par le Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ), s'est donné comme objectif d'assurer un transfert de connaissances et un partage d'expériences entre les différentes collectivités qui souhaitent s'adapter aux nouvelles réalités climatiques qui affectent la gestion des ressources en eau. Ce projet qui prend la forme d'une communauté de pratique rallie un ensemble de partenaires qui veulent mettre en place des moyens d'action afin de contribuer à augmenter leur résilience face aux changements hydroclimatiques.

« À titre de tables de concertation et d'experts de l'eau à l'échelle du bassin versant, les OBV du Québec constituent des partenaires incontournables des municipalités, du gouvernement du Québec et des usagers de la ressource pour l'identification de solutions d'adaptation durables. »

- Marie-Claude Leclerc, directrice générale du ROBVQ, 2016

2- Mise en contexte

Aujourd'hui, de plus en plus de gens savent que les changements climatiques sont présents au Québec et que leurs impacts se multiplieront au cours du XXI^e siècle. Dans le cadre de la *Stratégie d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*, le gouvernement encourage les démarches des municipalités du Québec qui vont dans le sens du développement durable. La *Stratégie* vise ainsi la réduction des impacts des aléas climatiques en renforçant la résilience de la société québécoise, mais elle s'intéresse aussi à diminuer les adaptations de type « spontanées », puisqu'elles s'accompagnent souvent de pertes et de coûts importants. Pour réduire ces coûts, la planification de l'adaptation aux nouvelles situations est essentielle.

À cet effet, l'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques s'avère l'outil le plus adéquat. Issu d'une collaboration entre le ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) et le consortium d'experts en climatologie régionale Ouranos, le guide «Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques», destiné au milieu municipal québécois, explique la démarche de manière approfondie.

Dans le présent document, le COBALI reprend les étapes de l'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques et se permet de développer davantage certaines des étapes, à la lumière des informations dont il dispose. Le document se veut être un outil d'accompagnement afin de guider et de fournir, aux acteurs municipaux, locaux et régionaux, les informations nécessaires pour élaborer leur propre plan d'adaptation.

Ainsi, le COBALI estime que les actions qui seront entreprises par les acteurs de l'eau réduiront les impacts (qu'ils soient directs, indirects ou cumulatifs) des changements climatiques sur la ressource en eau de la ZGIE. Il est à noter que pour l'ensemble du document, le terme « acteur » réfère aux organismes publics dont les décisions ont le pouvoir de générer ou non de l'adaptation au sein du territoire couvert par celles-ci.

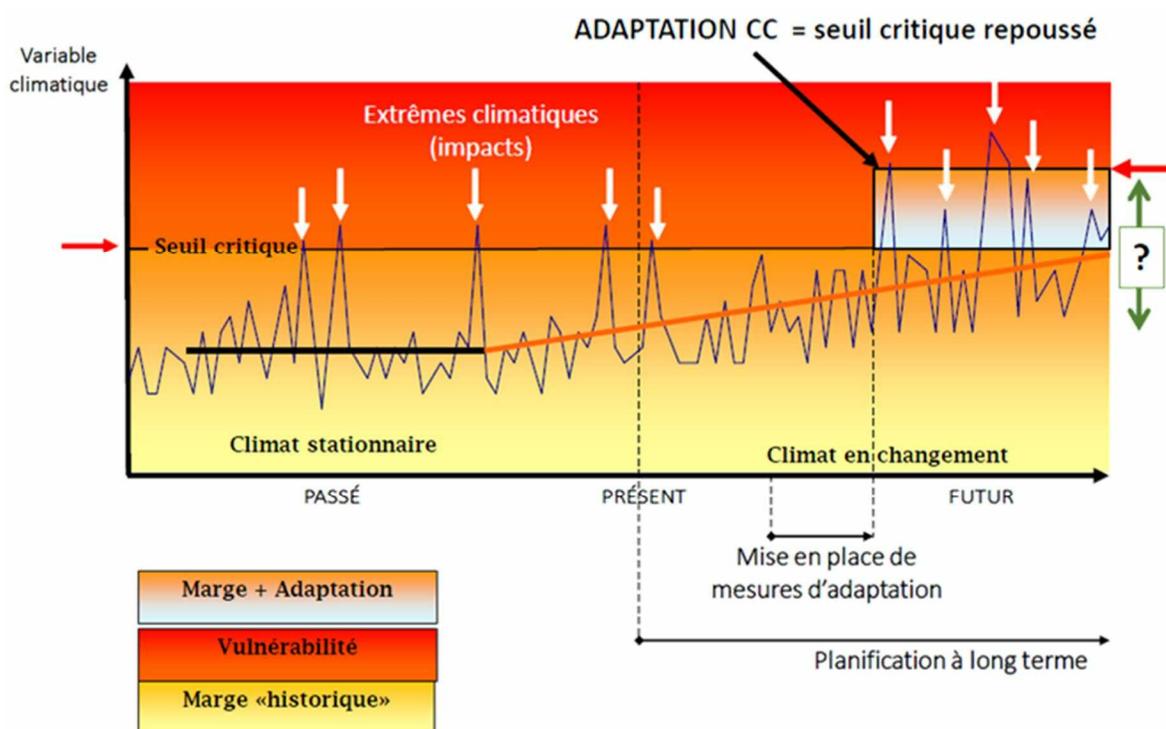
Avant d'élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques, il est d'abord nécessaire de répondre à la question « À quoi doit-on s'adapter? ». Les sections suivantes s'efforcent y répondront puisque, bien que les changements climatiques soient connus de bon nombre de gens, leurs manifestations demeurent encore peu connues.

« L'adaptation aux changements climatiques est un concept qui consiste à changer nos comportements afin d'améliorer notre capacité à faire face aux impacts inévitables des nouvelles réalités climatiques. »

- ROBVQ, 2017.

Avant d'aborder l'adaptation aux changements climatiques, il faut savoir comment se déploieront les aléas climatiques afin de mieux anticiper les impacts (Charron, 2017). La figure 1 représente de manière schématisée le concept d'aléas climatiques (ligne bleu foncé) appelés à s'intensifier dans le futur.

Dans un contexte de changements climatiques, on peut vraisemblablement s'attendre à ce que les événements climatiques extrêmes prennent de l'ampleur. L'adaptation aux changements climatiques vise à repousser le seuil critique acceptable afin de diminuer les impacts subis. Les dépassements de ce nouveau seuil incarnent les événements extrêmes à anticiper. Ce sont ceux à qui il faut faire face (flèches blanches à droite du graphique) en instaurant sans tarder des mesures d'adaptation.



Source : Charron, 2017; adapté de Smit *et al.* (1999)

Figure 1. Planification de l'adaptation aux impacts des aléas climatiques à anticiper et notion de seuil

2.1 La science du climat et les projections climatiques

La science du climat est la science qui étudie la manifestation des phénomènes climatiques (ensemble des conditions météorologiques et ses manifestations) sur de longues périodes, selon les saisons, et en fonction de l'endroit où l'on se situe sur Terre (Équiterre, 2015). Les applications de ce domaine peuvent être très variées, allant de la modélisation à l'expérimentation, de la glaciologie à la télédétection spatiale en passant par l'étude de la qualité de l'air. Dans le cas qui nous intéresse, les experts de la science du climat, comme le consortium Ouranos, utilisent deux outils sophistiqués pour effectuer des projections climatiques pour le Québec : les modèles climatiques et les scénarios d'émission.

Les modèles climatiques sont des outils mathématiques qui utilisent des paramètres climatiques connus pour tenter de prédire le climat futur. Ces modèles sont opérés par ordinateur et emploient des matrices (grilles) à différentes échelles. Un modèle global fournit l'évolution de l'état de l'atmosphère à grande échelle, tandis que le modèle régional simule les phénomènes climatiques à une plus petite échelle (Drobinski, 2015).

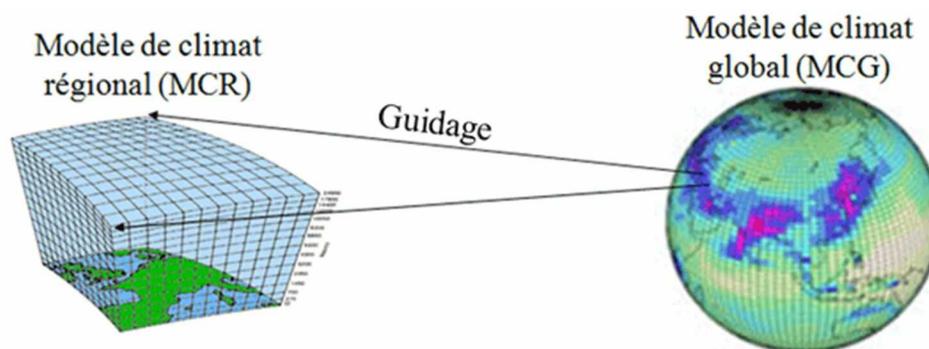


Figure 2. Guidage du modèle climatique régional par le modèle climatique global

Les scénarios d'émission projettent pour leur part des quantités de gaz à effet de serre (GES) qui pourraient être émis dans l'atmosphère à une date donnée. Ces quantités de GES ont un effet sur l'effet de serre, le réchauffement global et les dérèglements climatiques (GIEC, 2013). Or, les changements climatiques sont observables à l'échelle de décennies, voire de siècles (Paquin, 2017). C'est pourquoi les membres du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le GIEC, évaluent sur une base régulière les scénarios jusqu'en 2100 (GIEC, 2013), question d'être significatifs à l'échelle d'une vie humaine.

Il est à noter que chacun des modèles possède ses forces et ses faiblesses. En effet, il existe trois sources principales d'incertitudes inhérentes aux projections climatiques :

1. **La variabilité naturelle sera toujours présente dans le futur.** La météo est variable et les modèles illustrent plutôt des tendances qui peignent un tableau des événements qu'il sera plausible d'observer sur un intervalle de temps donné à l'échelle d'une décennie ou plus (figure 3). Leur occurrence et leur ampleur pourra également être anticipée sans pour autant prédire à quelle année ces événements pourraient survenir (Ouranos, 2017).

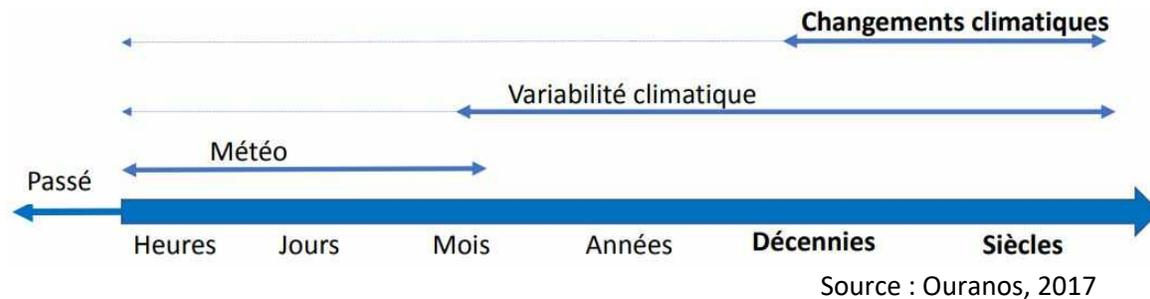


Figure 3. Échelles météorologiques et climatiques

2. **Certains éléments sont difficilement modélisables.** Par exemple, c'est le cas des nuages parce qu'ils engendrent des effets amplifiés de refroidissement et de réchauffement, nommés respectivement rétroactions positives et négatives (Villeneuve et Richard, 2007). Les événements convectifs comme le verglas, les vents violents et la grêle sont également observables à des échelles beaucoup plus petites que ce qu'il est possible de modéliser dans les matrices (Ouranos, 2017).
3. **L'émission de GES et d'aérosols dépendent des efforts de réduction internationaux.** Les experts ne peuvent pas prédire ce que les acteurs mondiaux poseront comme action pour réduire les émissions, ni à quel rythme ces actions seront entreprises.

« [Malgré que des incertitudes demeurent dans la situation actuelle], je pense qu'on prend régulièrement des décisions dans nos vies avec de l'incertitude. »

- Alain Bourque, Directeur général, Consortium Ouranos, 2017

Cette phrase du directeur général du consortium d'expert sur le climat exprime bien que, malgré les incertitudes émergeant de la science du climat, il est nécessaire de s'adapter en amont des aléas climatiques anticipés et des conséquences qui en découleront. C'est le principe de précaution à la base du développement durable.

3- Les changements climatiques : du mondial au local

3.1 Contexte mondial

Il est désormais reconnu que le réchauffement climatique planétaire pourrait atteindre la barre du 1,5°C si tous les efforts sont consentis pour réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre (GES). Il s'agit du scénario optimiste (RCP 4.5) développé actuellement par le GIEC. En contrepartie, selon le scénario le plus pessimiste (RCP 8,5), il serait probable que la température planétaire augmente jusqu'à 4,5°C si aucun effort n'est consenti pour réduire les émissions de GES (GIEC, 2013).

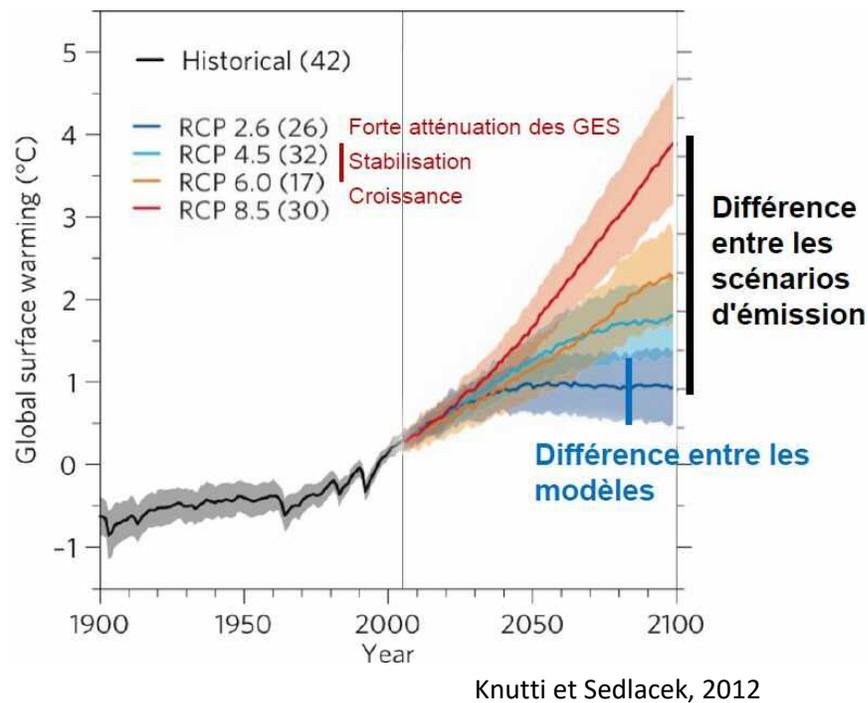


Figure 4. Scénarios d'émissions pour 2100 selon quatre scénarios d'émission développés par le GIEC

En décembre 2015, 195 parties signent la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques. L'objectif de cet accord historique est de maintenir le seuil d'augmentation de la température en dessous d'un réchauffement global de 2°C d'ici 2030 par rapport aux niveaux préindustriels. Cela veut dire que les signataires de l'accord mettront en œuvre des mesures afin de maintenir les émissions de GES à un niveau similaire à celui décrit par le scénario le plus optimiste. D'ailleurs, l'accord reconnaît que 100 milliards de dollars (G\$) en prêts et en dons doivent être consacrés chaque année pour le financement de projets qui permettent aux pays les plus touchés de s'adapter aux changements climatiques (Convention cadre sur les changements climatiques, 2015).

« On a déjà atteint la barre du 1 degré. Notre marge de manœuvre est limitée. [...] Beaucoup de scientifiques affirment que nous allons certainement dépasser le 1,5 degré Celsius. Le 2 degré Celsius va dépendre de la réponse planétaire face à la menace des changements climatiques. Plus nous agissons rapidement, moins on a de chances d'atteindre ce seuil critique. »

- Steven Guilbeault, 2017

« Un an après l'entrée en vigueur de l'accord de Paris sur le climat, nous sommes loin de faire ce qu'il faudrait pour préserver des centaines de millions de personnes d'une vie de misère. »

- Erik Solheim, directeur du Programme des Nations unies pour l'Environnement (PNUE)

Bref, il est urgent d'agir dès maintenant : la vulnérabilité des populations est réelle et les actions actuellement entreprises sont encore une portée trop faible pour limiter les émissions de GES à un niveau supportable, selon les experts (Hours, 2017). C'est dire que les dérèglements climatiques pourraient être plus importants. C'est pourquoi les projections climatiques présentées dans le présent outil d'aide à la décision s'affairent à tenir compte de cette éventualité en calculant un **intervalle minimal et maximal des potentiels dérèglements au niveau des paramètres météorologiques régionaux**.

3.2 Les coûts des changements climatiques

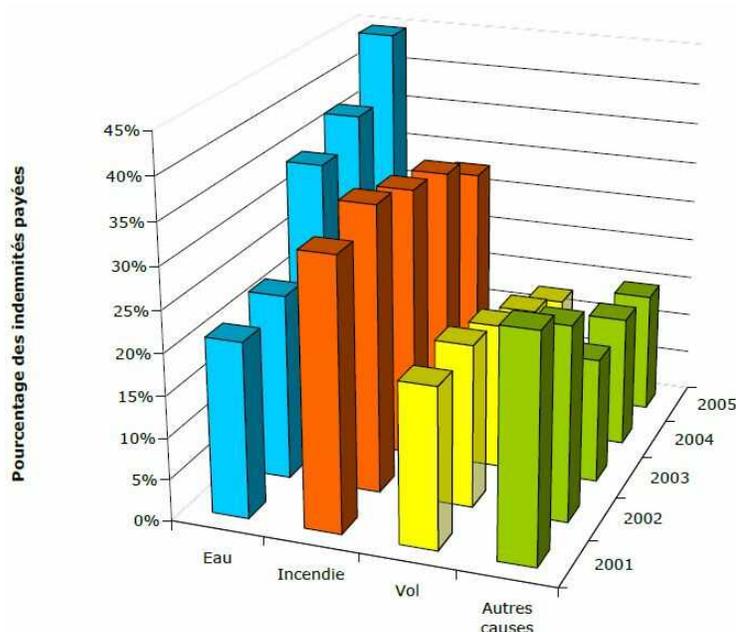
Printemps 2017, 40 résidences de trois municipalités de la ZGIE du COBALI sont inondées par des crues exceptionnelles et plusieurs personnes doivent être évacuées. Huit chemins et routes sont fermés, dont la route 309 entre Notre-Dame-du-Laus et Val-des-Bois, en raison d'une accumulation d'eau (Radio-Canada, 2017).

Les crues comme celles du printemps 2017 engendrent des impacts importants au niveau du portefeuille des contribuables. En effet, en juin 2017, le gouvernement a déboursé une somme de 13 581 633 \$ en aide financière pour les inondations survenues entre le 5 avril et le 16 mai 2017 (MSPQ, 2017).

Dans son rapport « Le prix à payer : répercussions économiques du changement climatique pour le Canada », la *Table ronde nationale sur l'économie et l'environnement* avance que les

répercussions économiques pourraient se chiffrer à 5 G\$ par année à compter de 2020 et entre 21 et 43 G\$ par année à compter de 2050, soit 0,8 % et 1,0 % du PIB (2011).

Le statut quo n'est pas une option, selon les assureurs (Roy, 2009), car l'inaction pourrait engendrer des pertes de 5 à 20 % du PIB mondial par an (Stern, 2006), voire même plus (Stern et Persson, 2008; Larrivée *et al.*, 2015). Une étude récente comparable à celle du «Prix à payer [...]» pour les États-Unis évaluait le coût de l'inaction face aux changements climatiques dans des secteurs comme l'agriculture, le travail, le crime et la mortalité entre 0,8 et 3,3 % du PIB du pays (Risky Business, 2014).



(Tiré de Bolduc *et al.*, 2011*)

* Les données proviennent d'assureurs totalisant 83% du volume des polices souscrites en assurance habitation (biens des particuliers) pour l'année 2005 (Bureau d'assurance du Canada, 2006).

Figure 5. Pourcentage des indemnités payées par année, selon le type de sinistre de 2001 à 2005

Une étude récente du *Government Accountability Office* (GAO) des États-Unis va même jusqu'à affirmer que les changements climatiques auraient coûté 350 milliards US depuis les 10 dernières années à nos voisins du sud pour venir en aide aux sinistrés. De ce montant, les frais engendrés par les feux de forêt et les trois ouragans qui ont frappés le pays en 2017 ne sont pas

inclus (The Associated Press, 2017). Pourtant, il n'en coûterait qu'un pourcent du PIB mondial, selon Stern (2006), pour passer à l'action et éviter la crise à venir.

« Le statut quo n'est pas une option. »

- John Strome, président de La Capitale assurances, 2009

Les chiffres de Stern (2006) ont été repris par le consortium Ouranos pour calculer les impacts économiques au Québec. Évaluée à 300 milliards de dollars (G\$), la part du PIB que pourraient coûter les changements climatiques au Québec s'élèverait entre 2,4 et 9,9 G\$. Sur un PIB qui pourrait atteindre 450 G\$ en 2050, cette proportion représenterait entre 3,6 et 14,9 G\$. Or, **ces chiffres sont très conservateurs**, selon les auteurs de l'étude, puisque **l'étude sous-estime plusieurs paramètres difficilement modélisables** mais qui pourraient néanmoins avoir une influence majeure sur la facture finale (Larrivée *et al.*, 2015).

« L'inaction face aux changements climatiques pourrait engendrer des pertes de 5 à 20 % du PIB mondial par an, voire même plus. »

- Sterner et Persson, 2008

Premièrement, dans l'étude, il est considéré que les infrastructures sont bien adaptées aux conditions climatiques alors que, pour plusieurs d'entre elles, **il existe un manque d'efforts pour leur mise à niveau ou pour assurer un entretien adéquat**. De fait, l'état actuel des infrastructures (techniques de construction, usage et pratiques d'entretien) peut provoquer une **accélération de leur rythme d'usure, voire même de leur défaillance** (Larrivée *et al.*, 2015). Même des changements climatiques de petite amplitude peuvent entraîner des conséquences significatives et faire augmenter les coûts de manière importante (Félio, 2012, cité dans Larrivée, 2015). Bien que l'état des infrastructures soit fondamental en ce qui concerne l'ampleur des impacts et des coûts conséquents, ils n'ont pas été considérés dans l'étude et les coûts sous-jacents ont été sous-estimés.

Deuxièmement, le scénario employé pour réaliser l'étude de Larrivée *et al.* **suppose également que les lois et règlements, comme ceux découlant de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, seront mis en application et respectés** et qu'il n'y aura pas de constructions dans les zones à risque (Larrivée *et al.*, 2015).

Troisièmement, **les effets des impacts cumulés sur les coûts n'ont pas été modélisés**. La combinaison de pluie abondante, d'un important couvert de neige et des sols gorgés d'eau au printemps de 2017 ont engendré des conséquences bien plus importantes que si chacun de ces éléments avait été pris séparément, comme ce fut également le cas pour les inondations au Saguenay en 1996, alors que plusieurs événements de pluie se sont succédé l'un après l'autre (Larrivée *et al.*, 2015).

« Sur un PIB qui pourrait atteindre 450 milliards de dollars en 2050 au Québec, la part que pourrait coûter les changements climatiques représenterait entre 3,6 et 14,9 milliards de dollars. Ces chiffres sous-estiment le coût réel de manière non-négligeable. »

- Larrivée *et al.*, 2015

Bref, le montant de 3,6 à 14,9 G\$ estimé dans l'étude est fort probablement inférieur à ce qu'il en coûtera réellement, ne serait-ce qu'en raison des impacts des aléas climatiques cumulatifs (qui statistiquement ont des chances de survenir). De plus, un manque d'application des règlements (par exemple en permettant la construction dans des zones inondables) et une négligence relative à la réfection des infrastructures du territoire, pourrait également contribuer à augmenter la facture finale.

3.3 Les enjeux des changements hydroclimatiques

Il n'y a pas que des conséquences économiques liées aux changements climatiques. La santé et la sécurité de la population des municipalités du Québec sont directement liées à leur environnement. Les changements climatiques à venir pourraient diminuer la qualité de vie des populations y étant les moins bien adaptées. Certains facteurs, comme le vieillissement de la population de l'ensemble des municipalités de la ZGIE du COBALI, peuvent amplifier cette sensibilité.

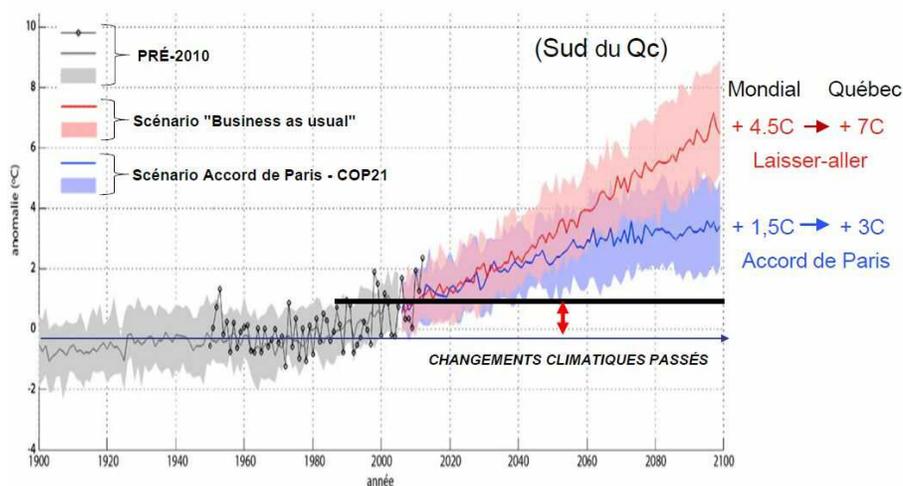
La ressource en eau est indispensable à la vie. C'est pourquoi il est capital que les décideurs locaux tiennent compte des effets des changements climatiques sur cette richesse d'une rare qualité. De fait, les municipalités devront adopter des mesures d'adaptation qui s'arriment avec

les réalités de sa population et des changements qu'il sera plausible d'observer dans les prochaines années. Les actions qui seront prises aujourd'hui sont décisives car elles auront un impact direct sur la santé, la sécurité et la qualité de vie d'un nombre important de leurs citoyens.

L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) est sans équivoque : **ne pas s'adapter aux changements climatiques peut mettre en péril la ressource hydrique à long terme et rendre très coûteux les moyens pour améliorer sa qualité (2014)**. Dans l'optique d'augmenter le capital d'adaptation des individus sur le territoire de la ZGIE du COBALI, il est d'abord nécessaire de prendre connaissance des changements à anticiper pour réagir de manière préventive. La section qui suit peint un portrait de ces changements, d'abord à l'échelle du sud du Québec, puis ensuite à l'échelle de la zone de gestion intégrée de l'eau du COBALI.

3.4 Contexte du Québec méridional

Les différents intervalles de réchauffement global suggérés par les scénarios climatiques constituent des moyennes à l'échelle du globe. Certains endroits subiront moins de réchauffement, d'autres auront des hausses plus importantes. C'est le cas au Québec : la vitesse de réchauffement global, telle que modélisée par le GIEC (figure 4), est environ 2 fois plus rapide au Canada (Charron, 2017). Les intervalles de réchauffement sont donc multipliés par deux (figure 6).



Source : Charron, 2017

Figure 6. Évolution des anomalies de températures moyennes annuelles observées pour la région Sud du Québec et simulées (1990-2100) par rapport à la moyenne 1971-2000, pour la période historique (gris) et selon les scénarios optimistes RCP 4,5 (bleu) et pessimistes RCP 8,5 (rouge)

Tendances climatiques générales en bref pour le sud du Québec

Voici les tendances climatiques anticipées au sud du Québec. Les informations sont reprises textuellement depuis le rapport « Vers l'adaptation – Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec », produit par Ouranos (Édition 2015). Les précisions relatives aux changements attendus pour la ZGIE du COBALI seront décrites dans la section « contexte régional et local ».

Température

- Augmentation importante de la température maximale de la journée la plus chaude de l'année. Selon la région, les résultats montrent des augmentations médianes de l'ordre de 3 à 5 degrés pour un scénario d'émissions modérées et de 4 à 7 degrés pour un scénario de fortes émissions.
- Fortes augmentations dans la durée des vagues de chaleur et dans la fréquence de nuits plus chaudes.
- Fort réchauffement de la température minimale de la journée la plus froide de l'année

Précipitations

- Hausses des cumuls de précipitations (printemps et hiver)
- Augmentation des pluies (printemps et automne).
- Baisse des précipitations sous forme de neige
- Hausse des quantités maximales de précipitations lors d'un épisode de 5 jours consécutifs pendant l'automne
- Augmentation de la quantité maximale annuelle de précipitations pour toutes les durées et pour toutes les périodes de retour
- Raccourcissement significatif des périodes de retour des maximums annuels du cumul quotidien de précipitations
 - Un maximum annuel dont la période de retour est de 20 ans sur l'horizon 1986-2005 pourrait avoir une période de retour autour de 7 à 10 ans vers 2046-2065
- Hausses pour tous les indices de précipitations abondantes et extrêmes

Tendances hydroclimatiques en bref pour le sud du Québec

Les tendances sont tirées textuellement du rapport « Adaptation aux changements climatiques – Un outil informatif à l'intention des intervenants membres des Organismes de bassin versant du Québec », produit par le regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ, 2013).

- Augmentation de l'évaporation des eaux de surface, en raison d'une hausse de température
- Augmentation générale de l'incertitude relative aux précipitations annuelles; l'intensité des phénomènes de précipitation sera elle aussi affectée

- Baisse du stockage d'eau dans la glace et la neige due à des hivers moins longs : gel tardif et dégel précoce.
- Augmentation du ruissellement avec l'augmentation des pluies abondantes et la fonte rapide des neiges. Ceci pourrait avoir un impact sur les processus de recharge des nappes phréatiques, sur les processus d'érosion et de transport des sédiments dans les cours d'eau.
- Modification des débits et des niveaux d'eau
- Perturbation de la durée, de l'intensité et de la fréquence des inondations des rivières
 - Complication dans la gestion des débits
 - Diminution de l'efficacité des choix techniques du passé

Les changements climatiques anticipés pour l'ensemble du Québec méridional se manifesteront à l'échelle de chacune des saisons. Voici un survol des tendances attendues pour la portion sud du Québec (figure 7). La ZGIE du COBALI connaîtra dans l'ensemble des changements similaires.



Source : Charron, 2017

Figure 7. Synthèse des changements en cours et à venir dans le sud du Québec

[Aléas attendus annuellement pour le sud du Québec](#)

Période de gel

Il est projeté que la durée de la période de gel diminuera. Ainsi, la période où les sols sont recouverts de neige serait écourtée en raison d'un réchauffement des températures. La latitude influence les changements liés au couvert de neige (nombre de jours avec neige au sol et accumulation maximal du couvert nival) (Guay, Minville et Braun, 2015).

Précipitations

La quantité maximale annuelle de précipitations (qu'elles soient pluvieuses ou neigeuses) aura tendance à augmenter pour toutes les durées et pour toutes les périodes de retour (occurrence) (Ouranos, 2015). En ce qui concerne l'intensité des précipitations, les extrêmes sont susceptibles d'augmenter plus rapidement que la moyenne : plus de pluie sur une plus courte période, pas forcément une plus grande quantité annuellement pour ce type d'événement. Présentement, les épisodes climatiques exceptionnels, comme les pluies diluviennes observées au Saguenay en 1996, ont tendance à revenir à tous les cinquante ou cent ans. Les changements climatiques pourraient raccourcir la période de récurrence de ce genre d'événements par deux. En effet, au lieu de survenir à tous les 50 ou 100 ans, de tels événements extrêmes pourraient survenir à tous les 25 et 50 ans, (respectivement) sur l'horizon 2050.

Influence sur les débits des cours d'eau

Pour un horizon 2050, les débits hivernaux moyens sont susceptibles d'augmenter pour l'ensemble du Québec en raison d'épisodes de dégel plus fréquents. Comme la neige accumulée au sol dégèlerait plus tôt au printemps, il est probable que la pointe des crues printanières survienne plus tôt (Guay, Mainville et Braun, 2015; CEHQ, 2015). Les débits estivaux (étiages) et automnaux seraient appelés à diminuer, selon les prévisions (CEHQ, 2015).

Tableau 1. Tendances principales des changements hydrologiques pour les cours d'eau du Québec méridional en 2050

Tendances à l'horizon 2050	Niveau de confiance
Les crues printanières seront plus hâtives	Élevé
Le volume des crues printanières diminuera au sud du Québec méridional	Modéré
La pointe des crues printanières sera moins élevée au sud du Québec méridional	Modéré
Les étiages estivaux seront plus sévères et plus longs	Élevé
Les étiages hivernaux seront moins sévères	Élevé
L'hydraulicité hivernale sera plus forte	Élevé
L'hydraulicité estivale sera plus faible	Élevé

Tiré de : CEHQ, 2015

Somme toute, on observera une plus grande variabilité dans la dispersion des données climatiques (augmentation des périodes extrêmes). Les minimums et les maximums climatiques s'accroîtront et la moyenne des températures et des précipitations continuera d'augmenter sur une base annuelle.

3.5 Contexte régional et local : la ZGIE du COBALI

La présente section se veut un outil décrivant l'ensemble des changements qui ont cours de manière plus détaillée à l'échelle régionale et locale. Les **changements climatiques enregistrés à ce jour** dans la ZGIE du COBALI seront d'abord décrits. Les **impacts anticipés** seront ensuite énoncés.

Évolution du climat dans la ZGIE du COBALI

Climat actuel (1984-2013)

Le réchauffement observé au Québec depuis 1980 s'est aussi fait sentir dans la zone de gestion intégrée de l'eau (ZGIE) du COBALI. En effet, l'augmentation des températures enregistrées pour le sud du Québec entre 1980 et 2010, telle que présentée à la figure 39 (annexe 1), concorde avec les données climatiques dont le COBALI dispose. Le tableau 17 (annexe 1) résume l'évolution des paramètres climatiques enregistrés aux stations météorologiques de Sainte-Anne-du-Lac, de Mont-Laurier et du secteur Angers de la ville de Gatineau.

De manière générale pour la période 1984-2013, on remarque une augmentation (réchauffement) des moyennes quotidiennes pour les trois stations météorologiques (jusqu'à 1 °C pour les stations de Sainte-Anne-du-Lac et d'Angers). Les maximums extrêmes et quotidiens tendent à se réchauffer. Les minimums extrêmes et quotidiens s'adoucissent également. Les chutes de neige et les précipitations totales pour la station d'Angers ont légèrement augmenté. Les chutes de pluie et les précipitations totales ont diminué de façon notable pour la station de Mont-Laurier entre 1984 et 2013. À la station de Sainte-Anne-du-Lac, les chutes de pluie et de précipitations totales ont diminué, tandis que les chutes de neige ont augmenté. Bref, **la ZGIE du COBALI ne fait pas exception lorsqu'il est question de réchauffement des températures.**

Événements extrêmes enregistrés

Dans un contexte de changements climatiques, l'ampleur des événements exceptionnels n'a pas été clairement établie sur le long terme (horizon 2100). Il est toutefois attendu que ceux-ci **surviennent plus fréquemment** (période de récurrence plus courte). Suite à un survol de l'historique d'événements extrêmes répertoriés dans la ZGIE du COBALI, il ressort clairement que deux types d'événements catastrophiques liés aux aléas météorologiques surviennent de façon récurrente, soient les inondations et les mouvements de masse (glissement de terrain). Dans ce dernier cas, ceux-ci produisent généralement aussi des inondations puisqu'ils surviennent habituellement dans la rive d'un cours d'eau, créant une obstruction et une onde de choc.

Inondations

Tout citoyen résidant dans la plaine inondable d'un cours d'eau est susceptible de connaître une crue printanière importante, selon la période de récurrence des crues. Historiquement, certains événements ont été particulièrement remarquables. Lors de ces crues, la municipalité de Ferme-Neuve est particulièrement susceptible de connaître des inondations, car une partie de ses citoyens ont élu domicile en zone inondable. En effet, selon la MRC d'Antoine-Labelle, une soixantaine de bâtiments se trouvent présentement en zone inondable de crues de récurrence 0-20 ans (MRC Antoine-Labelle, 1998).

La crue de mai 1947

La crue de mai 1947, sur la rivière du Lièvre, a été jusqu'à submerger certaines des résidences de Ferme-Neuve depuis leur fondation jusqu'à leur rez-de-chaussée (Écho de la Lièvre, 1974-c (15 mai)). Jacques Supper, ancien directeur au service de l'aménagement du territoire d'Antoine-Labelle affirme que cette crue était d'une période de récurrence de 50 ans, dite crue cinquantennale (Communication personnelle, septembre 2017).

La crue de mai 1974

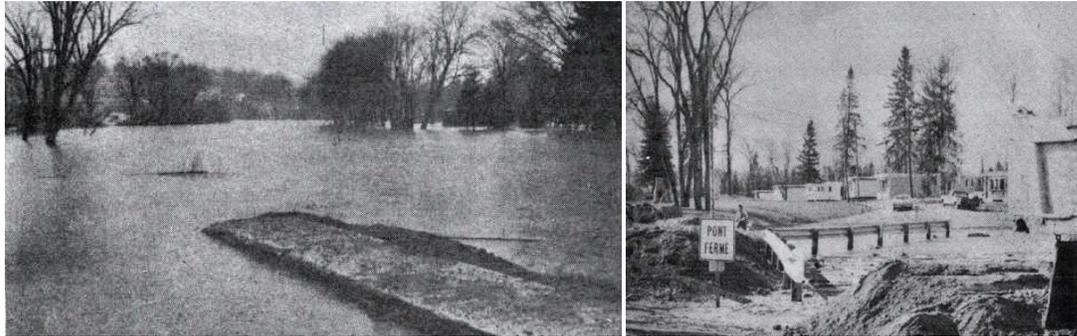
La crue printanière de mai 1974, aussi sur la rivière du Lièvre, dite vicennale (période de récurrence de 20 ans), a été si importante que les habitants de la portion est de Ferme-Neuve devaient se déplacer en chaloupe dans les rues de la ville (Écho de la Lièvre, 1974-a (22 mai); annexe 2; Jacques Supper, Communication personnelle, septembre 2017).



Photo : Studio Fleur de Lys, Écho de la Lièvre, 1974-d

Figure 8. La crue de mai 1974 à Ferme-Neuve. Des sinistrés se déplacent en canot et en chaloupe

Cette même année, Mont-Laurier n'a pas été épargnée, alors que le niveau de la rivière du Lièvre est monté jusqu'au-dessus du pont menant à l'île Bell, submergeant complètement cette dernière (Écho de la Lièvre, 1974-a).



Photos : Écho de la Lièvre, 1974-a

Figure 9. La crue de mai 1974 a submergé l'île Bell (à gauche) et son pont (à droite), à Mont-Laurier

Des résidences aux abords de la rivière Kiamika ont également subi des dommages en raison des débordements de ce tributaire. Le dégel tardif des neiges a été mis en cause (Écho de la Lièvre, 1974-a, 1974-d).

Les inondations de 2017 : plusieurs municipalités de la ZGIE du COBALI touchées

Les crues survenues au Québec au printemps 2017 ont également causé des dégâts importants aux habitations et aux infrastructures de plusieurs municipalités de la ZGIE du COBALI: L'Ange-Gardien, Ferme-Neuve, Kiamika, Mont-Laurier, Notre-Dame-du-Laus, Mayo et Mulgrave-et-Derry ont toutes été aux prises avec des débordements de rivières. Le secteur Masson de la ville de Gatineau a particulièrement été touché lors des débordements de la rivière des Outaouais (Poulin, 2017). Ce sont essentiellement les infrastructures bâties dans les zones inondables de ces rivières qui ont été touchées.



Photo TC Media - Louis-Charles Poulin, 2017

Figure 10. Une résidence de la rue du chemin Fer-à-Cheval dans le secteur de Masson-Angers de Gatineau est inondée jusqu'au rez-de-chaussée lors des crues printanières exceptionnelles de 2017

Mouvements de masse

Par le passé, la portion sud de la ZGIE a davantage connu des glissements de terrain. La fragilité inhérente au type de dépôt caractérisant la région administrative de l'Outaouais favorise l'occurrence de ce type d'événement lorsque les sols sont gorgés d'eau. Les changements climatiques sont susceptibles de multiplier de tels événements en raison de précipitations plus intenses et des coups d'eau qui en résulteront sur les différents tributaires de la ZGIE du COBALI.

Des glissements de terrain à répétition

La disparition du lac à Thomas, aussi appelé en anglais Tamo lake, est un événement historique spectaculaire survenu le 22 avril 1896. D'une longueur de 5,6 km et de 0,8 km de large près de la limite est de la municipalité de Notre-Dame-de-la-Salette, il s'est vidé en quelques heures dans le lac adjacent, le lac du Rat Musqué, pour disparaître et ne laissant qu'un important complexe de milieux humides pour témoigner de sa présence. Un glissement de terrain près de sa décharge en est la cause (Lapointe, 2006).

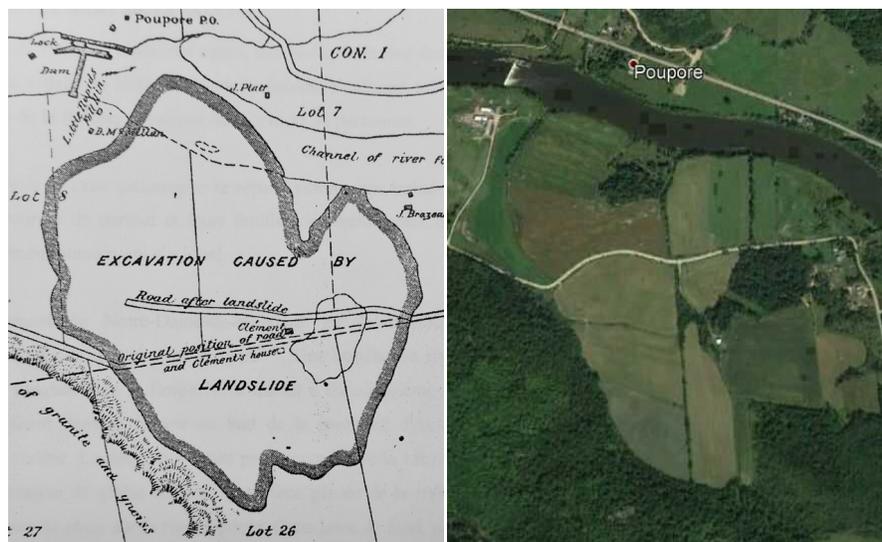
En avril 1900, à 1,6 km au sud de l'écluse de Poupore (aujourd'hui disparue), une centaine de mètres de rive du côté ouest s'effondraient dans la rivière.

En octobre de 1903, immédiatement au sud de la même écluse, 40 hectares de terrain s'effondrent depuis la rive est de la rivière sur une distance d'un peu moins de 100 mètres. Cet événement a emporté plusieurs bâtiments de ferme ainsi qu'un barrage et représente encore aujourd'hui le glissement de terrain le plus important en termes de superficie et de volume déplacés.

« Les fortes pluies des jours précédents avaient complètement saturé la platière argileuse qui, ayant tourné à l'état semi-liquide, se mit à glisser vers la berge de la rivière, engloutissant une demi-douzaine de fermes et une vingtaine d'autres bâtiments » (Lapointe, 2008).

« Le barrage du gouvernement est renversé et l'écluse, dont les portes sont défoncées, est remplie d'argile provenant de l'éboulement. Les masses d'argile bloquent la rivière jusqu'à 700 pieds en amont de l'écluse. Derrière ce barrage naturel, le niveau des eaux de la rivière grimpe de plus de 24 pieds [7,3 mètres] et dépasse d'un pied le sommet de l'écluse. »

- Fonds Pierre-Louis Lapointe, 2006



Source : Geological Survey of Canada, 1904, cité dans Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 1974 ; Google Earth ©, 2017

Figure 11. Glissement de 40 hectares de terrain à Poupore survenu en 1903 et vestiges en 2017

Deux familles se voient contraintes de reconstruire leurs bâtiments de ferme. Le gouvernement doit pour sa part reconstruire le barrage, réparer l'écluse et draguer la rivière afin que le chenal redevienne navigable. Il construit également un chemin de portage qui contourne l'éboulis et assume les coûts de transport. Pour l'époque, les coûts s'élèvent à 63 732 \$ pour la reconstruction et 31 000 \$ pour le rétablissement du chenal (Ministère des Travaux publics,

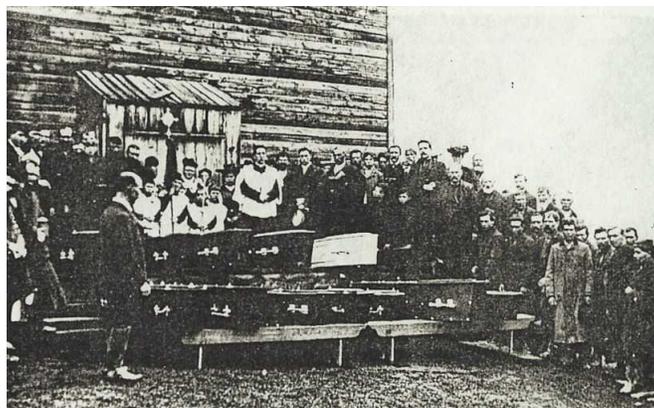
1907; Cité dans Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006), ce qui reviendrait aujourd'hui à un coût de plus de 2 millions de dollars (Banque du Canada, 2017). La municipalité se charge pour sa part de réparer les chemins et les ponts du *Clay creek* et du *Malcolm Creek*.



Source : Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 1903

Figure 12. Scène de désolation à Poupore vue du Nord-Ouest, en 1903

Les deux derniers événements sont certes dignes de mention, mais c'est toutefois l'éboulement de Notre-Dame-de-la-Salette, le 26 avril 1908, qui fut le plus meurtrier de l'histoire du Canada. Le bilan est sombre : 34 personnes périssent dans l'incident, dont près de la moitié des victimes n'ont jamais été retrouvées.



Source : Lapointe, 1974

Figure 13. Cérémonie religieuse avant l'enterrement des victimes

Une portion de 400 mètres de la rive ouest de la rivière glisse perpendiculairement et fracasse la surface glacée du cours d'eau. À cet instant, d'énormes plaques de glace sont projetées sur la rive opposée. La vague créée par l'affaissement, transportant argile, billots de bois emprisonnés dans la glace et débris de toutes sortes, s'abat sur tous les bâtiments du village se trouvant sur

son passage. Puis, en raison de l'obstruction causée par l'argile, le niveau de la rivière s'élève en amont, alors que son cours est dévié sur les propriétés avoisinantes.



Source : Fonds James MacLaren Company, 1908

Figure 14. Des îlots de terre argileuse subsistent au milieu de la rivière suite au glissement de terrain de 1908

Côté infrastructure, douze maisons et vingt-cinq bâtiments sont entièrement détruits. Plusieurs autres sont lourdement endommagés. Des citoyens qui s'y trouvent, dont bon nombre sont des femmes et des enfants, sont également emportés par la vague, qui atteint 15 mètres.



Source : Lapointe, 1974

Figure 15. Décombres générés par le glissement de terrain de Notre-Dame-de-la-Salette en 1908

Un chemin de fer abîmé

La James MacLaren Company a commandé un rapport à la firme Geocon Ltd suite à un glissement de terrain survenu le 1^{er} juin 1975 à environ 4,8 km au nord du Thurso. Le glissement en question a interrompu les activités du Thurso and Nation Valley Railway (TNVR), atteignant également une route y étant adjacente (Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 1975).

Peu d'informations ont été trouvées au sujet de l'événement. Les photos suivantes en témoignent néanmoins.



Source : Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 1975

À gauche : vue vers le sud depuis l'extrémité nord de la zone de glissement. Notez le décalage latéral de la route. À droite : vue vers le nord à partir de l'extrémité sud de la zone de glissement, montrant une structure en blocs d'argile dans le massif

Figure 16. Glissement de terrain survenu le 1^{er} juin 1975 en périphérie de Thurso

Plus récemment, en 2010 à Notre-Dame-de-Salette, des pluies importantes combinées à un séisme, ont causé un glissement de terrain dit fortement rétrogressif, sur la propriété d'un agriculteur de la municipalité, sur 425 mètres (Radio-Canada, 2010; MAMOT, 2017).



Source : MAMOT, 2017

Figure 17. Glissement fortement rétrogressif, Notre-Dame-de-la-Salette, 2010

Puisque de tels événements sont liés à une série d'aléas climatiques exceptionnels, tels des précipitations ou des crues importantes, et que les changements climatiques devraient amener

davantage d'épisodes météorologiques de ce genre, il est à propos de se questionner sur la façon dont les aléas pourraient se manifester dans le futur, car on peut s'attendre qu'ils **provoquent davantage d'inondations et de glissements de terrain** dans la ZGIE du COBALI.

Changements climatiques anticipés dans la ZGIE du COBALI

Les changements climatiques généraux anticipés pour la ZGIE du COBALI sont principalement tirés des sources suivantes:

- *Le Portrait des changements climatiques pour les zones urbaines du Québec* (Logan, 2016);
- Le rapport « *Vers l'adaptation – synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec – Édition 2015* » d'Ouranos;
- Un rapport de modélisation des paramètres hydroclimatiques sur le bassin versant de la rivière du Lièvre par l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (Guay, 2017);
- Un mémoire de maîtrise réalisé par un étudiant en génie civil de l'Université de Sherbrooke, sous la supervision du professeur titulaire Robert Leconte, notamment expert en modélisation hydrologique et en impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques (Huaranga-Alvarez, 2014; Leconte, 2012).

Ces documents dressent un portrait des changements auxquels on peut s'attendre. Les paramètres climatiques et les changements associés sont décrits à l'intérieur d'une fenêtre d'extrémums (maximum et minimum). Ces fenêtres sont conséquentes avec les différents scénarios d'émission employés, mais également avec les incertitudes intrinsèques issues des modèles climatiques. Il est à noter que les incertitudes liées à la modélisation des paramètres hydroclimatiques sont également plus nombreuses, notamment lorsque l'on observe la portion sud de la ZGIE du COBALI et les résultats de ces paramètres doivent être interprétés conséquemment. Le degré de certitude associé à la modélisation des paramètres hydroclimatiques peut être consulté au tableau 18 de l'annexe 1.

Les informations sont répertoriées sous forme de tableau pour en faciliter la lecture. Les données sont présentées sur une période annuelle dans un premier temps pour la région de Mont-Laurier et celle de Gatineau et ensuite détaillées par saison pour l'ensemble de la ZGIE du COBALI. Des précisions sur certaines variables climatiques et hydroclimatiques se trouvent à l'annexe 1.

Changements climatiques anticipés annuellement

Tableau 2. Changements annuels anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5

Paramètre climatique		Gatineau		Mont-Laurier	
		Min	Max	Min	Max
Température	Température moyennes	+2,4 °C	+4,6 °C	+2,2 °C	+4,2 °C
Précipitations	Précipitations totales	+ 5 %	+ 14 %	+ 7,7 %	+ 19,1 %
	Neige précipitée (eau liquide)	- 15,7 %	+ 45,2 %	- 35,6 %	- 14,2 %
Autres	Événements de gel-dégel	- 4 GD	- 16 GD	- 25 GD	- 11GD
	Degrés-jours de croissance	+ 281 DJC	+ 709 DJC	+ 258 DJC	+ 655 DJC
	Degrés-jours de gel	- 396 DJG	- 177 DJG	- 471 DJG	- 221 DJG
	Longueur de la saison de croissance	+ 24 LSC	+ 27 LSC	+ 7 LSC	+ 40 LSC
	Indice de sécheresse canadien	+ 4 CDC	+ 18 CDC	- 10 CDC	+ 34 CDC
Débit	Des changements probables de l'ordre de -2,2 % à +10,5 % du débit annuel moyen sont à prévoir sur le bassin versant de la rivière du Lièvre, selon la latitude, l'horizon de temps et le scénario d'émission considérés (25ème et le 75ème centile*) (tableau 18, Annexe 1).				

GD : Nombre de jours avec événement de gel-dégel dans une saison; DJC : Degrés-jours de croissance par année; DJG : Degrés jours de gel par année; LSC : Longueur de la saison de croissance, en jours; CDC : Indice de sécheresse canadien (estimation empirique de la teneur moyenne en eau des sols forestiers) L'intervalle dans les Δ (min et max) indique les 10e et 90e percentiles des simulations climatiques (RCP 8.5 de CMIP5). Note *: Cinquante pourcent des résultats sont situés à l'intérieur de cet intervalle, ce qui signifie que les valeurs sont représentatives de ce qui peut être attendu comme changement dans la ZGIE du COBALI.

Source : Logan 2016 et Guay, 2017

Hormis les changements décrits au tableau 2 concernant le débit, le tableau 19 (annexe 1) indique les projections de changements de la contribution saisonnière au débit annuel pour deux scénarios d'émission (RCP 4.5 et 8.5) selon deux horizons temporels : 2030 et 2050. Dans l'ensemble, il est probable, voire très probable que les débits hivernaux et printaniers contribuent davantage au débit annuel, selon le scénario d'émission et l'horizon temporel considéré. Les débits printaniers y contribueraient cependant dans une moindre mesure, ce qui corrobore les prédictions d'une augmentation des précipitations sous forme de pluie en hiver, tout comme celles de l'augmentation des redoux causant une fonte des neiges en hiver. La réserve de neige générant habituellement les crues printanières sera ainsi moins abondante, diminuant la contribution des débits printaniers au débit annuel. Finalement, il est probable, voire très probable que la contribution des débits estivaux (et automnaux) au débit annuel diminue.

Changements climatiques anticipés par saison

Les données présentées dans les tableaux suivants tiennent compte des valeurs minimales de la ville de Mont-Laurier et des valeurs maximales de la ville de Gatineau. En ce qui concerne les débits, les données ne réfèrent pas toujours à celles du scénario de *statut quo* (parfois présentées selon le scénario RCP 4.5) et peuvent aussi différer de l'horizon temporel 2050. Ces informations sont spécifiées dans les tableaux ou dans les annexes auxquelles le tableau réfère, le cas échéant.

Tableau 3. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5 pour la période hivernale

Paramètre climatique		Min	Max
Température	Température moyenne (2050, RCP 8.5)	+3,0 °C	+5,5 °C
Précisions	<ul style="list-style-type: none"> - Multiplication des événements de températures extrêmes (intensité et fréquence) - Aléas de température en dents de scie 		
Précipitations	Précipitations totales (2050, RCP 8.5)	+5 %	+27 %
	Neige précipitée (eau liquide) (2050, RCP 8.5)	-13,7 %	+34,2 %
Précisions	<ul style="list-style-type: none"> - ↑ des précipitations sous forme liquide - ↓ très probable du nombre de jours avec neige au sol pour l'ensemble du bassin versant de la rivière du Lièvre pour l'horizon 2030 (voir tableau 23, annexe 1) - ↓ probable à très probable de l'accumulation maximale de neige au sol, en fonction de la latitude, de la fenêtre de temps considérée et du scénario d'émission (voir tableau 24, annexe 1) 		
Autres	Événements de gel-dégel	+4 GD	+6 GD
Précision	- Multiplication vraisemblable d'épisodes de frasil (Ouranos, 2015)		
Débit	- ↑ de la contribution des débits hivernaux au débit annuel pour l'ensemble de la ZGIE, en fonction de la fenêtre de temps et du scénario d'émission considérés (tableau 19, annexe 1)		
	Décembre	- ↑ probable à très probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour tous les scénarios d'émission et toute la ZGIE (Guay, 2017)	
	janvier		
février:			

GD : Nombre de jours avec événement de gel-dégel dans une saison

Source : Logan 2016 et Guay, 2017

Tableau 4. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5 pour la période printanière

Paramètre climatique		Min	Max
Température	Température moyenne	+2,2 °C	+5,5 °C
Précisions	<ul style="list-style-type: none"> - ↑ de la température (Ouranos, 2015) - Dégel printanier plus hâtif survenant jusqu'à trois semaines plus tôt dans la ZGIE - Fonte plus hâtive de la neige - Reprise de croissance des végétaux plus hâtive 		
Précipitations	Précipitations totales	+ 7 %	+ 18 %
	Neige précipitée (eau liquide)	- 90,3 %	+ 61,3 %
Autres	Événements de gel-dégel	-4 GD	-9 GD
Débit	<ul style="list-style-type: none"> - Crues printanières devancées jusqu'à trois semaines - ↑ probable dans le volume de la crue printanière, en fonction de la latitude, de la fenêtre de temps considérée et du scénario d'émission (tableau 21; annexe 1) - Augmentation probable de la durée de la crue printanière au réservoir du lac du Poisson Blanc d'ici 2050 (tableau 22, annexe 1) - ↑ de la contribution des débits printaniers au débit annuel pour l'ensemble de la ZGIE en fonction de la fenêtre de temps et du scénario d'émission considérés (tableau 20, annexe 1) 		
	Mars	<ul style="list-style-type: none"> - ↑ probable à très probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour tous les scénarios d'émission et toute la ZGIE 	
	Avril	<ul style="list-style-type: none"> - ↑ très probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour tous les scénarios d'émission pour le réservoir Mitchinamecus - ↑ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour tous les scénarios d'émission pour les barrages de Mont-Laurier et de Kiamika - ↑ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050 pour le barrage de High Falls sauf pour le scénario RCP 8.5 en 2030 où il n'y a pas de signal clair - ↑ probable du débit mensuel moyen pour 2030 pour le scénario RCP 8.5 pour le barrage de Masson 	
	Mai	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050 pour le barrage de Mitchinamecus sauf pour le scénario RCP 8.5 en 2030 où il n'y a pas de signal clair - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour tous les scénarios d'émission pour le barrage de Mont-Laurier - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour le scénario d'émission RCP 4.5 pour le barrage de Kiamika. Cette diminution devient très probable pour 2030 et 2050 pour le scénario d'émission RCP 8.5 - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour tous les scénarios d'émission pour le réservoir du lac du Poisson Blanc - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2050, pour les deux scénarios d'émission pour le barrage de High Falls - Pas de signal clair pour le sous-bassin versant relié au barrage de Masson 	

GD : Nombre de jours avec événement de gel-dégel dans une saison

Source : Logan, 2016 et Logan *et al.*, 2011; Leconte, 2012; Huaranga-Alvarez, 2014; Guay, 2017; Bélanger et al., 2013

Tableau 5. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d'ici 2050 et selon le scénario d'émission RCP 8.5 pour la période estivale

Paramètre climatique		Min	Max
Température	Température moyennes	+ 2,2 °C	+ 4,2 °C
Précisions	<ul style="list-style-type: none"> - ↑ de la température - ↑ des températures moyennes et extrêmes - ↑ de la durée des épisodes de chaleur extrême - ↑ de l'évapotranspiration des végétaux 		
Précipitations	Précipitations totales	- 5 %	+ 10 %
Précisions	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de changements clairs dans la quantité saisonnière d'eau précipitée - ↑ de l'intensité des pluies et diminution de leur durée - Périodes sans pluie plus longues entre les épisodes de précipitations (influence les points avec un *) 		
Autres	<ul style="list-style-type: none"> - Modification de l'habitat riverain* 		
Débit	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ de la contribution des débits estivaux au débit annuel pour l'ensemble de la ZGIE, en fonction de la fenêtre de temps et du scénario d'émission considérés (tableau 20, annexe 1) - ↓ des débits d'étiage* 		
	Juin	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour tous les scénarios d'émission pour les barrages de Mitchinamecus, de Kiamika et de High Falls - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2050, pour les deux scénarios d'émission pour le barrage de Mont-Laurier et pour le scénario RCP 8.5 pour 2030 - ↓ probable du débit mensuel moyen pour le scénario d'émission RCP 8.5 (2030 et 2050); absence de signal clair pour le scénario RCP 4.5 pour le réservoir du lac du Poisson Blanc 	
	Juillet	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2050 (deux scénarios) pour tous les bassins versants à l'exception du barrage de Masson (RCP 8.5) - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 pour les deux scénarios d'émission pour les réservoirs Mitchinamecus et Kiamika - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 pour le scénario RCP 4.5 pour les barrages de Mont-Laurier et de Kiamika et pour le scénario RCP 8.5 pour le réservoir du lac du Poisson Blanc 	
	Août	<ul style="list-style-type: none"> - ↓ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour les deux scénarios d'émission pour le barrage de Kiamika et le réservoir du lac du Poisson Blanc - ↓ probable du débit mensuel moyen pour les deux scénarios d'émission pour le réservoir Mitchinamecus en 2050 et pour le scénario RCP 8.5 en 2030 - ↓ probable du débit mensuel moyen pour les deux scénarios d'émission pour les barrages de Mont-Laurier et de High Falls en 2050 et pour le scénario RCP 4.5 en 2030 - Absence de signal clair pour le sous bassin versant relié au barrage de Masson sauf en 2050 (scénario RCP 8.5) où une diminution est probable 	

Source : Logan, 2016 et Logan *et al.*, 2011; Leconte, 2012; Huaranga-Alvarez, 2014; Guay, 2017; Bélanger *et al.*, 2013

Tableau 6. Changements anticipés pour la ZGIE du COBALI, d’ici 2050 et selon le scénario d’émission RCP 8.5 pour la période automnale

Paramètre climatique		Min	Max
Température	Température moyennes	+2.5 °C	+4.2 °C
Précision	- Prolongation de la saison de croissance de végétaux		
Précipitations	Précipitations totales	-2 %	+14 %
	Neige précipitée (eau liquide)	-100 %	+85 %
Précision	Pas de changements clairs dans le régime de précipitations		
Autres	- ↓ des événements de gel-dégel	-4 GD	-10 GD
Débit	- ↓ de la contribution des débits automnaux au débit annuel pour l’ensemble de la ZGIE, en fonction de la fenêtre de temps et du scénario d’émission considérés (tableau 20, annexe 1)		
	Septembre	- ↓ très probable du débit mensuel moyen en 2050 (RCP 8.5) pour les barrages de Mont-Laurier et de Kiamika	
		- ↓ probable du débit mensuel moyen en 2050 (RCP 8.5) pour les quatre autres barrages	
		- ↓ probable du débit mensuel moyen en 2030 (RCP 8.5) pour les barrages de Mont-Laurier, de Kiamika et de High Falls	
		- ↓ probable du débit mensuel moyen en 2030 (RCP 4.5) pour le barrage de Kiamika et en 2050 (RCP 4.5) pour le barrage de High Falls.	
	Octobre	- ↓ probable du débit mensuel moyen en 2050 (RCP 8.5) pour l’ensemble des sous-bassins versants	
		- ↓ probable du débit mensuel moyen au réservoir du lac du Poisson Blanc (2030 et 2050; RCP 4.5 et 8.5)	
- ↓ probable du débit mensuel moyen au barrage de Mont-Laurier (2030 pour RCP 8.5 et 2050 pour 2050 RCP 4.5)			
- ↓ probable du débit mensuel moyen au barrage de High Falls en 2030 (RCP 8.5)			
Novembre	- ↑ probable du débit mensuel moyen pour 2030 et 2050, pour les deux scénarios d’émission pour le barrage de Mitchinamecus		
	- Absence de signal clair pour les autres sous-bassins versants (Guay 2017)		

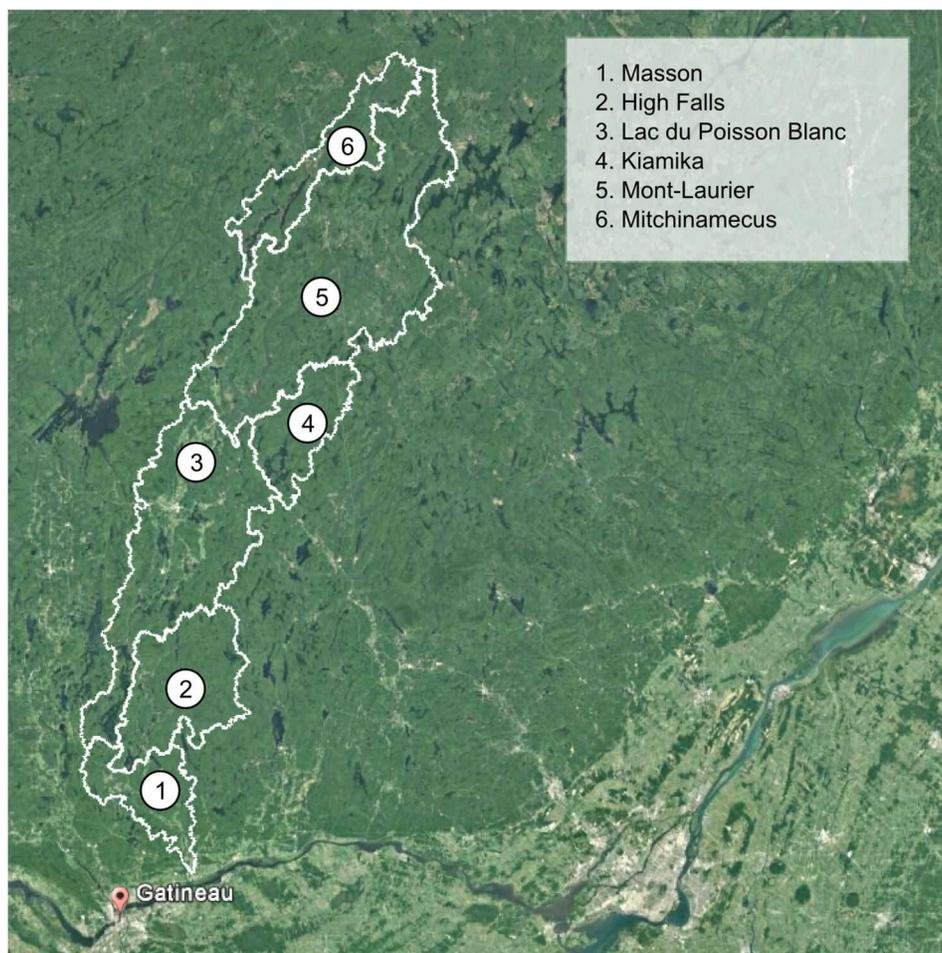
GD : Nombre de jours avec événement de gel-dégel dans une saison

Source : Logan, 2016 et Logan *et al.*, 2011; Guay, 2017;

À la lumière des informations, de manière générale, on peut affirmer que les changements anticipés pour l’horizon 2050 en Outaouais et dans les Laurentides seront la continuité des variations ayant déjà été observées, mais que ces changements sont susceptibles de survenir de manière extrême.

Modélisation hydroclimatique sur la rivière du Lièvre pour les horizons 2030 et 2050

Une modélisation spécifique au bassin versant de la rivière du Lièvre a été effectuée à la demande du COBALI par l'institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ). Les horizons 2030 et 2050 ont été considérés et différents modèles hydroclimatiques ont été employés pour réaliser des scénarios de prédictions. Parmi les paramètres observés, on compte le débit moyen annuel et mensuel, la contribution saisonnière au débit annuel, le volume et la durée de la crue printanière, le nombre de jours avec neige au sol et l'accumulation maximale de neige au sol. Cette modélisation a été effectuée pour chaque sous-bassin versant des ouvrages de retenue décrits à la figure 18.

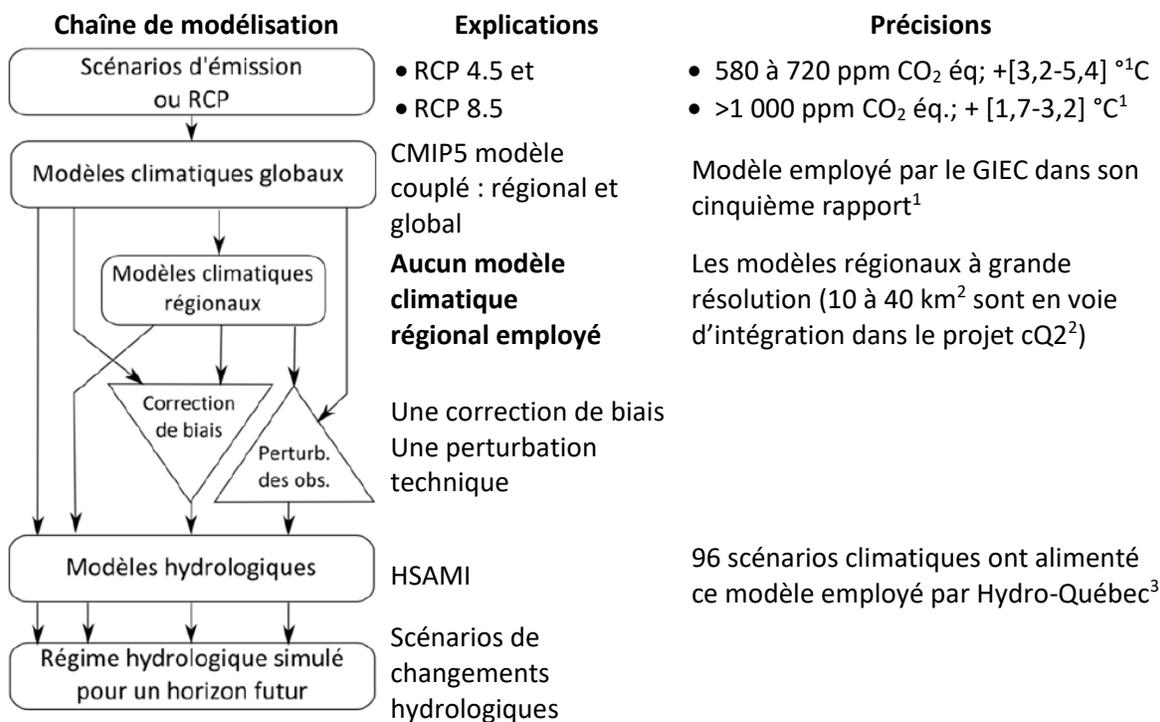


Source : IREQ, 2017

Figure 18. Délimitation des sous-bassins versants des ouvrages de retenue des eaux (barrages) situés sur la rivière du Lièvre pour lesquels une modélisation hydroclimatique a été effectuée

Méthodologie de l'étude

Comme il est expliqué précédemment dans le texte, les modèles employés pour les prédictions climatiques ont différentes résolutions (échelles) et tiennent compte de différents paramètres climatiques. C'est également le cas pour les modèles hydrologiques. La figure 19 présente la chaîne de modélisation employée par l'IREQ pour effectuer les projections hydroclimatiques sur les sous-bassins versants des principaux ouvrages de retenue d'eau situés sur la rivière du Lièvre.



Note 1 : GIEC, 2014; Note 2 : le projet cQ2 regroupe l'IREQ, la Direction de l'expertise hydrique (DEH; MDDELCC), Rio Tinto et Ouranos (CEHQ, 2013; cité dans Ouranos, 2015). Note 3 : Guay, 2017)

Figure 19. Chaîne de modélisation hydroclimatique généralement employée par l'IREQ.

Incertitudes liées au modèle

La modélisation hydroclimatique implique une série d'hypothèses superposées. Lorsque mises l'une à la suite de l'autre dans la chaîne de modélisation présentée à la figure 19, chacune des étapes engendre et cumule des incertitudes. C'est pourquoi un certain niveau de confiance est constamment associé aux résultats obtenus. Les résultats présentés dans le cadre de cette modélisation sont présentés à l'annexe 1 de ce rapport. Seules les projections comprenant un niveau de confiance de l'ordre du « probable » au « très probable » (voir tableau 18, annexe 1) sont présentées, à l'exception du tableau de changements de débits annuels moyens (tableau 19, annexe 1) et du tableau de projections de changement de la contribution saisonnière au débit annuel (tableau 20, annexe 1), où les résultats devront être interprétés en fonction de

l'incertitude y étant associée. Une autre source d'incertitude réside dans les apports d'eau des autres sous-bassins des ouvrages situés en amont qui n'ont pas été pris en compte. Il est à noter que les événements climatiques soudains (dits événements convectifs) comme le verglas, les rafales et les orages estivaux de fin de journée ne sont pas pris en compte dans les modèles dont l'échelle est plus petite (modèles climatiques globaux; Christian Poirier, Communication personnelle, 26 octobre 2017).

Résultats du modèle

La gestion du niveau des eaux des réservoirs de la rivière du Lièvre devra être adaptée aux changements hydroclimatiques appréhendés dans le futur, et ce, principalement sur le réservoir du lac du Poisson Blanc (Leconte, 2012). En effet, une hausse des apports d'eau au barrage des Rapides-des-Cèdres pourrait faire monter le niveau de la rivière en amont, obligeant les gestionnaires à faire évacuer davantage d'eau, générant vraisemblablement des inondations sur les terres situées en aval. Les municipalités potentiellement touchées par un tel événement sont les communautés de Notre-Dame-du-Laus, de Notre-Dame-de-la-Salette (CEHQ, 2014) et celle de L'Ange-Gardien (Julie Chagnon, Communication personnelle, 21 novembre 2017).

4- Les impacts des aléas climatiques sur la ZGIE du COBALI

Il y a fort à parier que les trois pôles du développement durable (environnement, société et économie) seront affectés par les changements climatiques et, indirectement, bon nombre d'enjeux. Dans la section suivante, les impacts des changements climatiques seront décrits au travers de différents éléments (milieu hydrique, l'aménagement du territoire) et secteurs spécifiques (la forêt, l'agriculture, les activités récréatives et le tourisme).

4.1 Impacts sur le milieu hydrique

La santé et la sécurité des populations humaines

Il est reconnu que les changements climatiques auront un impact négatif sur la qualité et la quantité de l'eau disponible à des fins de consommation et de récréation pour l'humain (INSPQ, 2006). En somme, la baisse des niveaux et des débits des cours d'eau (étiage) et la modification du régime pluviométrique sont les principaux facteurs mis en cause. Le débit plus faible et la hausse des températures pourraient par ailleurs réduire le renouvellement de l'eau, la dilution des matières organiques et des substances chimiques dans les eaux de surface et favoriser la prolifération d'algues, de bactéries et de cyanobactéries (EC, 2005; Ouranos, 2004; Saint-Laurent Vision 2000; SC, 2004b dans INSPQ 2006; INSPQ, 2009).

Les précipitations plus intenses annoncées par les modèles climatiques auront des impacts sur l'érosion des sols, la diminution des approvisionnements en eau souterraine, l'accentuation du ruissellement des pesticides, des déjections animales et des fertilisants chimiques vers les eaux de surface et de débordements de réseaux d'égouts (EC 2005; Soil and Water Conservation Society, 2003; Warren *et al.*, 2004 Cité dans INSPQ 2006)).

Les épisodes de pluies extrêmes poseront un défi pour les infrastructures de traitement des eaux usées et les réseaux d'égouts, tandis qu'à l'inverse les épisodes de sécheresse pourraient être problématiques pour l'approvisionnement en eau potable. Ce genre d'événement pourrait aussi avoir des conséquences psychologiques importantes pour les familles (INSPQ, 2006; Enrigh, 2001). La sécurité alimentaire pourrait également être impactée par un manque d'eau (Ouranos, 2004).

Dans un contexte où des précipitations seront plus abondantes et intenses, les sécheresses plus sévères et les températures plus élevées, des maladies infectieuses d'origine hydrique pourraient éclore plus fréquemment. L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) définit une maladie d'origine hydrique comme: « toute maladie de nature infectieuse ou

d'origine physico-chimique causée ou présumément causée par ingestion d'eau, de contact avec l'eau ou d'inhalation de vapeurs ou de gouttelettes d'eau » (INSPQ, 2009).

Parmi les maladies infectieuses d'origine hydrique répertoriées par l'INSPQ (2000), on compte entre autres:

- La diarrhée épidémique
- La gastro-entérite
- La légionellose
- La dermatite
- Otite
- Irritation des muqueuses (peau, yeux)
- Malaise gastrique, étourdissements
- Céphalée
- Encéphalites, méningites
- Conjonctivite

Plusieurs études suggèrent une relation entre l'émergence d'épisodes d'infections d'origine hydrique et des événements météorologiques extrêmes. En effet, une association a été démontrée entre l'augmentation de la température et des infections bactériennes ou parasitaires d'origine hydrique. Il faut toutefois noter que les conditions climatiques ne sont pas les seules conditions nécessaires à leur éclosion (INSPQ, 2008). En effet, la présence de substances chimiques dans l'eau n'est pas causée par les changements climatiques. Cependant, ces substances peuvent se retrouver dans l'environnement et celles-ci peuvent se retrouver en concentration plus élevée, en situation de sécheresse, lorsque la capacité de dilution des cours d'eau récepteurs est réduite, générant potentiellement des conséquences pour la santé publique et pour les écosystèmes.

Écosystèmes lacustres

Les changements climatiques auront un impact plus ou moins prononcés sur les écosystèmes lacustres en fonction du volume d'eau contenu dans les lacs. De manière générale, une modification au processus de brassage des eaux est susceptible de survenir avec le réchauffement. Une fonte plus hâtive au printemps engendrera un brassage des eaux des lacs plus tôt en saison. De plus, les eaux emmagasineront plus longtemps de la chaleur dans la couche d'eau superficielle (appelée épilimnion). Ce phénomène de stratification thermique sera d'autant important que le gel sera retardé à l'automne (journées chaudes plus nombreuses), faisant pénétrer la chaleur à une plus grande profondeur. Les augmentations de température prédites seront généralement plus grandes pour un lac peu volumineux. La température plus chaude et le processus de brassage des eaux vont aussi affecter les concentrations en oxygène dissous, car une eau chaude en contient moins (Stefan *et al*, 1996; Bélanger *et al.*, 2013). La couche inférieure des lacs est également susceptible de connaître un réchauffement pouvant

aller jusqu'à 1 °C supplémentaire à 50 mètres de profondeur pour l'horizon futur 2071-2100 (Saloranta *et al.*, 2009; cité dans Bélanger *et al.*, 2013).

Les changements climatiques pourraient également accélérer le processus d'eutrophisation des lacs. L'eutrophisation est décrite par Charles et Milot (2013) comme suit :

« Il s'agit d'un processus de vieillissement d'un écosystème aquatique. Il résulte d'une prolifération d'algues, de micro-organismes et d'espèces aquatiques végétales en raison, notamment, d'un apport important en nutriments. L'eutrophisation peut être de causes naturelles, mais les activités humaines qui génèrent des apports en nutriments peuvent aussi être en cause. »

L'augmentation de la température de l'eau favorise en effet deux processus : l'évaporation de l'eau et la diminution de l'oxygène dissous. Couplés à un apport supplémentaire en nutriments issus de l'érosion des sols dus à l'augmentation de pluies extrêmes plus fréquente et d'une rive dont la bande riveraine est dégradée (absence d'arbres, d'arbustes ou d'herbacées), ces phénomènes diminuent la qualité de l'eau. Il en va de même pour la qualité de vie des riverains qui en dépendent directement ou indirectement.

Les cyanobactéries

Le processus d'eutrophisation favorise la prolifération excessive des cyanobactéries (Charles et Milot, 2013). En très grande quantité elles forment une fleur d'eau (bloom) visible. Certaines espèces de ces bactéries photosynthétiques libèrent des cyanotoxines lorsqu'elles meurent. Ces substances (toxines) altèrent la qualité de l'eau car elles sont nocives pour les animaux et les humains qui entrent en contact direct avec l'eau contaminée et peuvent causer des symptômes importants : irritation de la peau, dommages hépatiques ou nerveux sérieux (INSPQ, 2006; Charles et Milot, 2013). L'INSPQ (2008) estime que les changements climatiques pourraient modifier la dynamique de prolifération de cyanobactéries en accroissant la fréquence de leur apparition, la quantité de cyanotoxines produites et la durée des périodes à risques pour ce type d'événements (apparition plus tôt au printemps et plus tardive à l'automne), fragilisant ainsi les populations qui s'approvisionnent en eau potable dans les lacs susceptibles d'observer ce phénomène. Or, bien que la situation soit connue du COBALI, il existe peu d'informations relatives au nombre de résidents s'approvisionnant à même l'eau des lacs dans sa ZGIE.

Les inondations

Quatre classes d'impacts négatifs découlent des inondations : les dommages humains, matériels, économiques et environnementaux (Grelot, 2004; cité dans Thomas *et al.*, 2012). Les inondations sont rarement meurtrières au Québec. Elles engendrent toutefois des blessures physiques, mais surtout de la détresse psychologique et des traumatismes, permanents dans certains cas. Les inondations affectent les habitations, les immeubles, les ponts, et diverses infrastructures dont certaines sont essentielles. Les activités économiques peuvent être interrompues pendant un certain temps et ont notamment pour conséquences de réduire les flux de déplacements et d'engendrer des pertes au niveau de la production et des chiffres d'affaires.

Au niveau environnemental, les inondations peuvent entre autres provoquer la destruction d'écosystèmes ou encore être à l'origine de pollution diffuse de milieux environnants. Il est à noter qu'elles peuvent également engendrer des impacts positifs, notamment lorsque le lit de la rivière déborde sur la plaine inondable, apportant fertilité aux sols et contribuant au maintien de la biodiversité (Thomas *et al.*, 2012; INSPQ, 2012).

Les milieux humides

L'augmentation des températures ne sera pas sans impacts pour les milieux humides. L'évaporation qui s'en suivra risque de contribuer à leur assèchement de manière temporaire ou permanente. Bon nombre de milieux humides dépendent de l'apport en eau provenant des tributaires à proximité. La modification des régimes de crues pourrait entraîner la disparition pendant certaines années de certains milieux humides, dont plusieurs espèces aquatiques et amphibies dépendent pour leur reproduction (Charles et Milot, 2013).

4.2 Impacts sur certains éléments de l'aménagement du territoire

La plupart des enjeux liés à l'aménagement du territoire sont susceptibles d'être concernés par les changements climatiques. Parmi ceux-ci on compte les éléments suivants :

- Santé, sécurité et bien-être de la population
- Développement économique
- Milieu urbain
- Infrastructures routières
- Écosystèmes

Bien entendu, cette liste n'est pas exhaustive et de nouveaux enjeux pourraient vraisemblablement émerger dans le futur.

Infrastructures

Qu'il s'agisse du réseau de transport, de communication ou d'énergie, des infrastructures municipales, des bâtiments résidentiels, agricoles, industriels, commerciaux ou institutionnels, les infrastructures représentent un investissement notable au Québec. Il est fort probable qu'elles seront affectées par les changements climatiques. De manière générale, les changements prévus (gel-dégel, réchauffement, etc.) pourraient causer l'affaissement partiel ou total des structures, le bris de certaines de leurs composantes, de même que l'usure prématurée et la perte de leur performance (Desjarlais et Blondot, 2010). Des défaillances sont particulièrement susceptibles de se produire dans les zones où le sol est argileux. C'est le cas pour la portion sud de la ZGIE du COBALI, où des tassements de sols dus à leur assèchement (pendant les périodes de sécheresse prolongées) pourraient causer des fissures dans les fondations des bâtiments (Ouranos, 2015).



Figure 20. Fissures dans la fondation d'une habitation sur des argiles sensibles (Montréal)

Eaux pluviales en milieu urbanisé

« Le développement du territoire contribue à l'augmentation des surfaces imperméables et, par conséquent, à l'augmentation des eaux de ruissellement. Cela a pour effet d'augmenter la rapidité des apports vers les cours d'eau récepteurs et de modifier le régime hydrique naturel de ceux-ci (étiage plus sévère, inondation plus importante, augmentation de l'érosion). De plus, ces eaux véhiculent une charge non négligeable de polluants. Néanmoins, elles sont généralement rejetées directement dans les cours d'eau récepteurs sans aucun traitement. »

Selon le MDDEFP (2013),

L'augmentation anticipée des précipitations pourrait avoir un impact non négligeable sur la conception des réseaux de drainage. De plus, les pluies plus courtes et plus intenses auraient pour effet de favoriser une augmentation des débits et des volumes de ruissellement en milieu urbanisé, particulièrement là où les sols sont les plus imperméabilisés (figure 22) : milieux commerciaux, industriels, résidentiels, etc. (Mailhot *et al.*, 2007).

En gestion des eaux pluviales, le concept de bassin versant en milieu urbanisé est commun. Le tableau 7 en décrit les composantes et les processus impliqués.



Figure 21. Impacts de l'urbanisation sur le cycle de l'eau

Source: Adapté de Stephens, 2002

Tableau 7. Composantes d'un bassin versant en milieu urbanisé et processus typiquement associés

Composantes	Processus
Sous-bassin	Transformation de la précipitation en ruissellement Accumulation et lessivage des polluants
Tronçon de canal naturel – plaine inondable	Transport et laminage de débits Érosion et sédimentation
Réseau d'égout	Transport et propagation des débits Surcharge
Rues	Débit en caniveau et interception par les grilles Transport et propagation des débits Accumulation sur la surface
Bassin de rétention	Laminage des débits Accumulation de sédiments Enlèvement des polluants
Pont/ ponceau	Effet de courbe de remous Affouillement Atténuation des débits

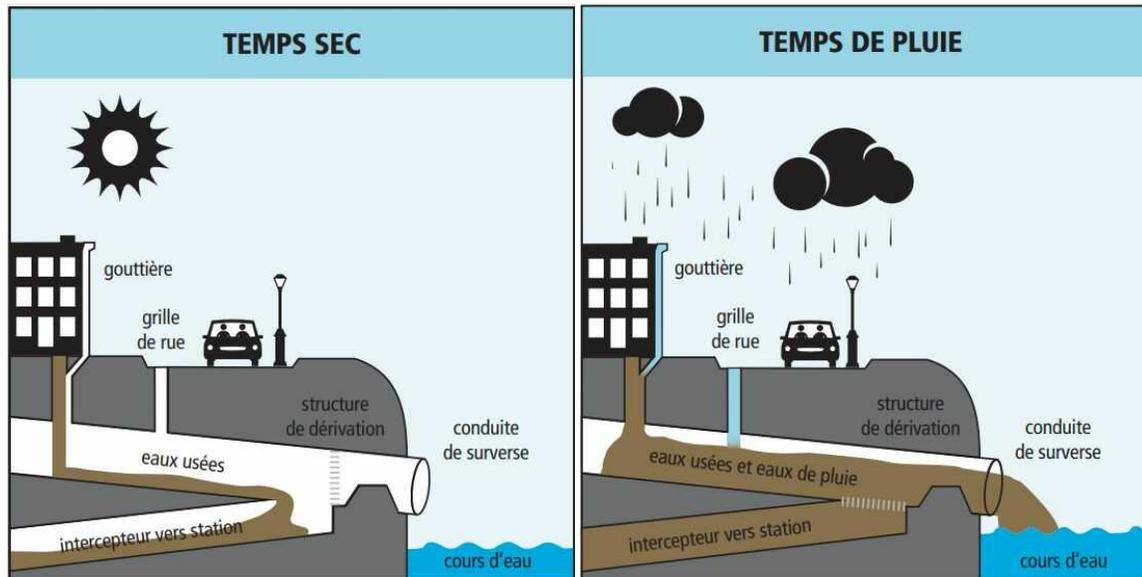
Adapté de Welsh, 1989; Tiré de Gouvernement du Québec, 2011

Dans un contexte où l'intensité des pluies pourrait engendrer de plus forts débits et volumes d'eau de ruissellement, les impacts engendrés par ces processus pourraient se multiplier (Gouvernement du Québec, 2011).

Ouvrages de surverse

L'augmentation de l'intensité des pluies, du volume et des débits d'eau en milieu urbanisé risquent d'engendrer davantage de surverses en milieu urbanisé (Bolduc *et al.*, 2011). En effet, les réseaux d'égout en place depuis très longtemps, sont souvent des systèmes de type unitaire, c'est-à-dire que les eaux sanitaires et pluviales vont dans le même tuyau. À l'origine, ces réseaux n'ont pas été conçus pour que l'eau usée soit traitée. Lorsqu'il y a de fortes pluies, ces réseaux sont parfois rapidement engorgés d'eau pluviale et ne peuvent suffire. Dans ce cas, les eaux présentes dans le réseau d'égout (incluant les eaux sanitaires) sont détournées vers le cours d'eau par un ouvrage de surverse (généralement un tuyau avec ou sans clapet), sans passer par la station d'épuration, c'est ce que l'on appelle un épisode de surverse.

Les auteurs Bolduc *et al.*, estiment que dans le Sud du Québec : les changements climatiques ont le potentiel d'engendrer une augmentation des épisodes de surverses dans l'environnement de 15 % d'ici 2050 pour une pluie exceptionnelle de récurrence de 2 ans, 6 % pour 10 ans et 4 % pour 50 ans (2011). En contrepartie, il est possible selon certains scénarios dans cette étude de maintenir les surverses à un niveau acceptable. Cela pourrait toutefois se traduire par davantage de refoulements d'égouts ou par une augmentation des volumes d'eau à traiter à l'usine d'épuration. De plus, il est à noter que la superficie du bassin versant de l'ouvrage de surverse doit être prise en compte et que les chiffres présentés dans cette étude ne s'appliquent pas nécessairement à toutes les municipalités de la ZGIE du COBALI.



Adapté de l'United States Environmental Protection Agency (EPA);
Cité dans : Ville de Montréal, 2015

Figure 22. Mécanisme d'un ouvrage de surverse d'un milieu urbanisé

Voirie

Les facteurs climatiques seraient responsables de plus de 50 % de la détérioration des routes à fort volume et jusqu'à 80 % des routes à faible débit de circulation (Doré *et al.*, 2006; Cité dans Doré 2014)). Les changements climatiques pourraient amplifier la pression climatique sur l'état du réseau routier. Par exemple, une déformation permanente pourrait être causée par l'augmentation des épisodes de chaleur intense en été. L'augmentation en intensité des épisodes de précipitation favoriserait pour sa part l'atteinte des niveaux de saturation dans les sols et dans les matériaux de la chaussée. Le ruissellement de surface serait également plus important pour cette raison. Pour finir, l'augmentation de la fréquence des cycles de gel-dégel durant l'hiver et au début du printemps pourrait augmenter les dommages faits au revêtement (Doré *et al.*, 2014; Houghton et al. 2001; Mills and Andrey 2002; Chaumont et Brown 2010).

Traverses de cours d'eau

L'augmentation des débits de pointe des cours d'eau due aux précipitations plus intenses et échelonnées sur de plus courtes périodes a également le potentiel d'impacter les traverses de cours d'eau en provoquant leur défaillance, voire en les faisant céder (diamètre insuffisant causant un refoulement ou l'inondation de la chaussée, emportement du chemin, érosion des abords du ponceau, etc. En plus des impacts pour la voirie, cela augmente la présence de matières en suspension (MES) dans les cours d'eau et la faune aquatique en pâtit (Paradis-Lacombe, 2018). En effet, une eau chargée en MES, lorsqu'elle circule dans le système respiratoire des poissons (les branchies), a le même effet que si l'humain respirait un air gorgé

de poussière. Le poisson suffoque et ne survit pas à de telles conditions. Lors des bris de ponceaux, l'ensablement des lits de gravier bien oxygénés qu'on retrouve souvent près des traverses de cours d'eau survient également. Ainsi, les œufs pondus par les poissons sont ensablés, ne sont plus oxygénés, et le taux de survie des espèces de salmonidés (comme l'omble de fontaine ou truite mouchetée) diminue (St-Onge *et al.*, 2001).

Les bassins de sédimentation sont également à risque de se remplir plus rapidement de sédiments en raison de ce genre d'événements pluviaux (Boucher, 2010). Or, une fois rempli, un bassin de sédimentation n'effectue plus son travail de rétention. Les matières en suspension et les sédiments sont ainsi entraînés dans le reste du bassin versant, ayant des conséquences similaires sur la faune aquatique à celles observées dans le cas de bris de traverses de cours d'eau (Paradis-Lacombe, 2018). Bref, les fortes pluies ont le potentiel de générer de la défaillance dans les ouvrages liés à la voirie (Boucher, 2010), ce qui diminuera, à terme, le succès de pêche dans la ZGIE du COBALI (Paradis-Lacombe, 2018).

Épuration des eaux usées et traitement de l'eau potable

Comme les conduites d'égout sont souvent de type unitaire (eaux pluviales et eaux usées combinées), il faut s'attendre à ce que l'augmentation des volumes et des débits d'eau lors de précipitations intenses les sollicitent davantage (Bolduc *et al.*, 2011). Les municipalités s'approvisionnant dans les rivières pourraient subir les contrecoups des surverses de municipalités en amont, et particulièrement durant les périodes d'étiage. En effet, il est possible que la rivière du Lièvre voie son niveau d'étiage diminuer à cette période. De fait, la capacité de dilution des polluants baisse et, inversement, leur concentration augmente (CEHQ, 2013).

Les systèmes d'approvisionnement en eau potable sont également susceptibles d'être entravés par la prolifération de plantes aquatiques due à des eaux plus chaudes, une quantité de nutriments accrue dans les cours d'eau et une baisse du niveau des eaux de surfaces engendrée par l'augmentation de la température de l'eau (évaporation) (Charles et Milot, 2013).

En ce qui concerne les aqueducs, les sécheresses prolongées pourraient augmenter les possibilités de pénurie d'eau potable.

Réservoirs

L'augmentation des débits hivernaux et la diminution des débits estivaux constitueront un défi dans la gestion de niveaux d'eau sur les rivières du sud du Québec, selon les experts (Guay, Minville, Braun, 2015). Les rivières de la ZGIE du COBALI n'y font pas exception. La rivière du Lièvre possède au total un ensemble de 12 barrages dont certains servent à régulariser le débit

de l'eau. Également, trois réservoirs, gérés par le gouvernement du Québec, sont situés dans le bassin versant de la rivière du Lièvre et régularisent près de 80 % de sa superficie totale. Ces réservoirs permettent d'emmagasiner une quantité d'eau pour la production d'électricité, mais aussi pour le contrôle des crues (Énergies Brookfield, [s.d]). Cette série de barrages et de réservoirs constituent un des maillons stratégiques de la chaîne de régulation des débits de la rivière des Outaouais. Lors de crues importantes sur cette dernière, qui alimente également la rivière des Mille-Îles et la rivière des Prairies, les réservoirs Mitchinamecus et Kiamika ont une marge de manœuvre intéressante pour emmagasiner un plus grand volume d'eau et ainsi aider au contrôle des inondations dans l'Archipel de Montréal. Cependant, certains éléments des modèles hydroclimatiques employés dans le cadre d'une modélisation effectuée par le chercheur Robert Leconte démontrent que le réservoir du lac du Poisson Blanc atteint déjà ses contraintes de niveau dans le climat actuel et qu'elles pourraient être dépassées en climat futur (horizon 2041-2070) (2012). Ces dépassements pourraient atteindre plus d'une vingtaine de centimètres sans même retenir les eaux à l'exutoire de la rivière du Lièvre. Une rétention des volumes d'eau pourrait amplifier ce dépassement lors de crues printanières exceptionnelles (Huaranga Alvarez, 2014). Ces résultats doivent toutefois être interprétés avec prudence, car les simulations ont été réalisées sur une plage temporelle réduite.

4.3 Impacts sur les secteurs forestier et agricoles

Forêt

Logan *et al.* ont produit un rapport des scénarios climatiques pour la forêt québécoise (2011) qui regroupe les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers (tableau 8).

Tableau 8. Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers

Paramètre	Impacts sur les écosystèmes forestiers
Température moyenne, Précipitations totales	<ul style="list-style-type: none"> • Modification du métabolisme et de la croissance des végétaux (productivité des forêts, croissance annuelle, production de cellules) • Changements dans la phénologie des végétaux (bourgeonnement, date et durée de la floraison) • Distribution et migration de certaines essences d'arbres vers le nord • Multiplication de la fréquence des perturbations naturelles (épidémie d'insectes, feux de forêt) • Modification des cycles biogéochimiques (cycle du carbone)
Précipitations neigeuses	<ul style="list-style-type: none"> • Modification du métabolisme et de la croissance des végétaux (survie des arbres au gel du sol, retardement du début de la saison de croissance, etc.) • Modification des cycles biogéochimiques (cycle de l'azote et du carbone)

Événements de gel-dégel	<ul style="list-style-type: none"> • Modification du métabolisme et de la croissance des végétaux • Changements dans la phénologie des végétaux • Distribution et migration des essences d'arbres vers le nord • Modification des cycles biogéochimiques (cycle de l'azote et du carbone)
Degrés-jours de croissance	<ul style="list-style-type: none"> • Changements dans la phénologie des végétaux • Distribution et migration des essences d'arbres vers le nord • Modification des mécanismes de compétition entre les espèces)
Saison de croissance	<ul style="list-style-type: none"> • Modification du métabolisme et de la croissance des végétaux (hausse des taux de croissance des végétaux) • Changements dans la phénologie des végétaux (feuillaison plus hâtive au printemps) • Modification des mécanismes de compétition entre les espèces de végétaux et de leurs chances de survie • Modification des cycles biogéochimiques (cycle du carbone)
Indice de sécheresse canadien	<ul style="list-style-type: none"> • Modification du métabolisme et de la croissance des végétaux (diminution de la croissance en période de sécheresse) • Multiplication de la fréquence des perturbations naturelles (feux de forêt)

Source : Adapté de Logan *et al.*, 2011

En plus des impacts subis par les écosystèmes forestiers, il y a fort à parier que les changements climatiques engendreront des impacts sur l'industrie forestière, tels que des changements dans l'approvisionnement en bois, la réduction de la possibilité de récolte durant l'hiver, l'augmentation des coûts du transport du bois, l'augmentation des frais de l'aménagement forestier, etc. Bon nombre de ces impacts ont été identifiés par des intervenants impliqués au sein de la collectivité forestière du projet *Le Bourdon* (CFPB; Doyon *et al.*, 2011).

À leur tour, les opérations forestières peuvent avoir des impacts indirects sur un bassin versant (MFFP, [s.d.]). En effet, certaines d'entre elles peuvent altérer des processus impliqués dans le cycle de l'eau (transpiration, respiration, infiltration, sublimation, interception) mais également dans le cycle de certains nutriments (azote, phosphore, carbone, etc.) et dans la mise en circulation de matières en suspension dans les eaux de surface. C'est ainsi que les changements climatiques pourraient accentuer ou résorber certaines de ces réactions en chaîne, selon le type d'opérations forestières réalisées sur des bassins versants de différents niveaux (Barry et Plamondon, 2009). Les impacts de la foresterie sur les écosystèmes devront également être analysés en regard des changements climatiques anticipés et faire l'objet d'une analyse approfondie, car ils ne seront pas traités dans le présent outil d'aide à la décision.

Cela dit, on peut s'attendre à ce qu'une augmentation des débits des cours d'eau survienne. Les éléments comme les traverses de cours d'eau (ponts et ponceaux) et les bassins de rétention et de sédimentation qui pourraient nécessiter une surveillance plus stricte (Campbell et Doeg, 1989; Ponnampereuma 1972; Lieffers & Rothwell 1987, 1986; Koslowski 1997; Jutras *et al.*, 2006).

Agriculture

Les impacts des changements climatiques sur le secteur agricole sont tantôt positifs, tantôt négatifs. L'augmentation des unités thermiques maïs (UTM) pourrait générer de plus grands rendements en tonnes à l'hectare dans les grandes cultures comme le soja et le maïs, ce qui ne sera pas nécessairement le cas de l'orge. Ces rendements pourraient s'expliquer par une intensification de la photosynthèse et par une diminution de la photorespiration. L'augmentation des degrés jours de croissance (DJC) pourrait générer pour sa part une récolte annuelle additionnelle de plantes fourragères. En contrepartie, un déficit hydrique pourrait être engendré dû aux dérèglements des régimes de précipitations estivales. De plus, la survie des plantes pérennes en hiver pourrait diminuer. En effet, les automnes plus doux pourraient diminuer l'endurcissement des plantes, dont le processus s'enclenche lorsque la plante est exposée graduellement au refroidissement ce qui la prépare aux froids d'hiver. L'endurcissement pourrait également être compromis en hiver par l'absence d'un couvert de neige adéquat. Les dommages causés pourraient augmenter, puisqu'un couvert de neige parfois absent exposerait les plantes à des températures supérieures à 0 °C (gel dégel hivernal). Un couvert de neige absent exposerait également les sols aux pluies hivernales (climat plus doux), ce qui aurait pour effet de former de la glace au sol. Le manque d'oxygène du sol ainsi que la pénétration du gel plus en profondeur pourrait avoir des impacts significatifs sur la vie du sol ainsi que sur le système racinaire des végétaux (Bélanger, 2002). Dans un autre ordre d'idées, on peut s'attendre à ce que les bâtiments d'élevage nécessitent davantage de climatisation en raison des températures plus chaudes anticipées. En raison des sécheresses potentielles, il faudrait revoir les techniques de drainage agricole, ce qui pourrait augmenter les coûts de production. Finalement, la perte de matière organique par érosion pourrait s'accélérer en raison des pluies plus fortes sur de plus courtes périodes, notamment sur les sols nus (labours, semis, etc.).

Tout comme pour la foresterie, l'agriculture génère des impacts sur les écosystèmes aquatiques et sur la qualité de l'eau dans diverses situations. Une analyse approfondie des impacts engendrés par l'agriculture et combinés aux changements climatiques devra par conséquent être effectuée car elle ne sera pas traitée dans ce document. La compréhension de ces éléments pouvant porter atteinte à la qualité de l'eau en sera bonifiée.

4.4 Impacts sur les activités récréatives et le tourisme

À chaque saison son activité récréative. Or, les changements climatiques pourraient avoir des conséquences sur chacune d'elles et, ainsi, sur les retombées qu'elles génèrent dans une région donnée.

Avec l'arrivée plus tardive du couvert de neige durant l'hiver et sa fonte précipitée au printemps, la saison pour la pratique des sports d'hiver se verra très probablement écourtée de 36 à 154 jours, selon que l'on se trouve au nord ou au sud de la ZGIE du COBALI (tableau 23, annexe 1). De fait, l'achalandage lié au tourisme hivernal, tel que pour la pêche blanche et la pratique de la motoneige, moteurs économiques importants pour les communautés de la ZGIE du COBALI, est appelé à diminuer. Ces résultats sont également corroborés par Ouranos (2015) qui prédit également une réduction notable du couvert de neige par endroits. Il est à noter que cette diminution est prévue dès 2030 (Guay, 2017).

En contrepartie, bien que l'achalandage lié aux activités de tourisme estival tendra à augmenter de par une saison chaude prolongée (Ouranos, 2015; Agriculmat, 2017), les gains économiques qu'il pourrait rapporter risquent de ne pas être suffisants pour compenser les pertes associées à la baisse de tourisme hivernal (RNCREQ, 2015-a).

La pêche

Un prolongement attendu de la saison estivale pourrait avoir un impact positif sur les retombées économiques liées à la pêche récréative. Pourtant, l'un des facteurs clés pour la pérennité de certaines espèces de poissons d'intérêt pour la pêche est la présence d'une eau froide et bien oxygénée et spécialement en période de reproduction. Des étés et des automnes plus chauds, générant des débits plus faibles dans les cours d'eau dus à leur évaporation, pourraient causer un réchauffement de l'eau. Or, des eaux plus chaudes, qui sont aussi généralement moins bien oxygénées, compromettent la qualité des habitats et les chances de reproduction d'espèces de poissons d'eau froide comme l'omble de fontaine ou le touladi (MFFP, 2016; Bélanger *et al.*, 2013).

Puisque les changements climatiques pourraient amplifier le phénomène de stratification thermique dans les lacs, la circulation des poissons préférant l'eau froide pourrait être entravée, tout comme leur capacité à s'alimenter. Parmi ces espèces dont la niche écologique est constituée principalement par les lacs, on compte notamment le doré jaune et noir, le touladi, l'omble de fontaine et l'omble chevalier (Charles et Milot, 2013).

Les impacts décrits précédemment pourraient aussi avoir comme conséquence de modifier la disponibilité et la répartition des habitats de ces espèces de poisson, dites oligothermes, et en particulier la famille des salmonidés (Bélanger *et al.*, 2013). Ainsi, les espèces de poisson moins exigeantes au niveau de la température de l'eau, dites eurythermes, et qui sont déjà présentes dans ces lacs, pourraient proliférer davantage et concurrencer pour la nourriture. Il pourrait en résulter une modification de la richesse spécifique des espèces aquatiques des écosystèmes de la ZGIE du COBALI, mais aussi une modification dans leur répartition géographique.

En contrepartie, il est probable que certaines plantes aquatiques prolifèrent et que la navigation soit entravée sur les lacs (Charles et Milot, 2013).

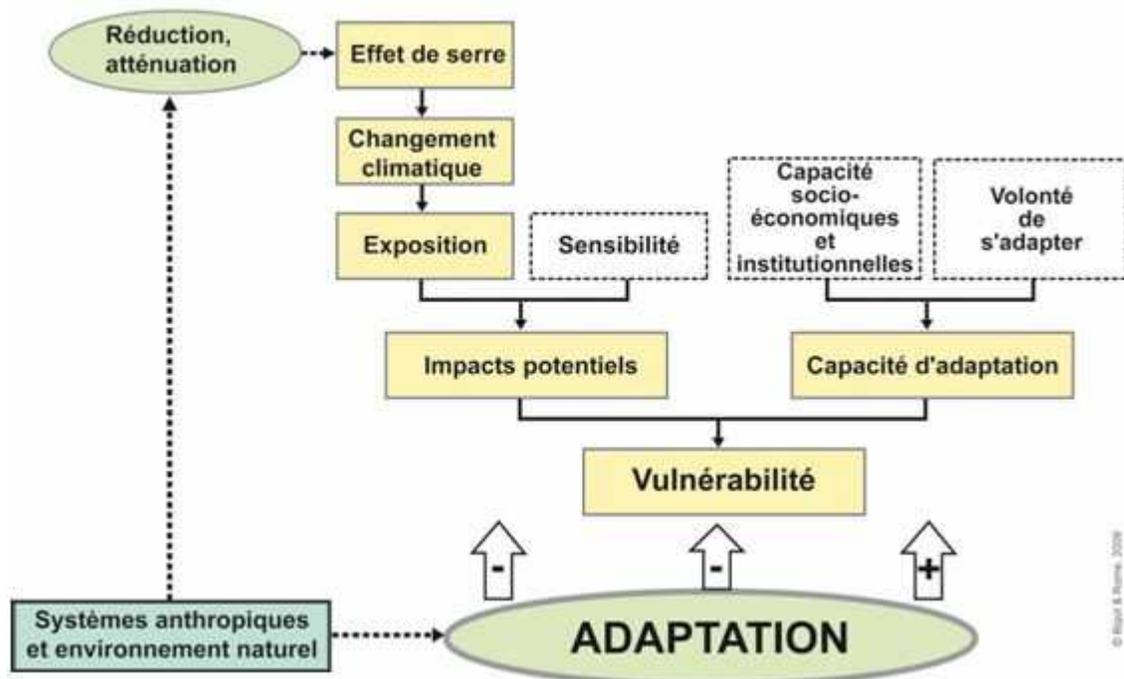
5- Vers une démarche d'adaptation aux changements climatiques

Les acteurs de l'eau compris dans la ZGIE du COBALI (municipalités et autres acteurs participant à la planification territoriale) seront appelés à prendre des engagements pour planifier et mettre en œuvre des mesures d'adaptation stratégiques et le présent document est conçu pour les y aider. Ces mesures devront induire une réduction maximale des impacts des changements climatiques, subis par la population et les écosystèmes. À cet égard, le Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC 2013-2020) du gouvernement du Québec sert de base afin de fournir du soutien aux communautés qui entreprennent de telles actions (Gouvernement du Québec, 2012).

Afin de bien cerner les actions à entreprendre, les décideurs doivent passer par un processus d'évaluation de la vulnérabilité des systèmes et de la population qui se trouvent au sein de leur territoire de gestion. Dans cette optique, la présente section vise à mettre en lumière les notions de bases liées aux concepts de **vulnérabilité** et de **capacité d'adaptation**. Ces concepts introduisent ensuite la **vulnérabilité potentielle**, présentée en mettant l'accent sur les communautés comprises dans la ZGIE du COBALI. Les facteurs non climatiques sont également décrits, car ils sont fonction de l'**ampleur** des impacts subis par les municipalités. Finalement, les notions de **risque**, d'**acceptabilité** et de **tolérance au risque** sont abordées. Forts de ces notions définies, les acteurs de l'eau pourront s'adapter adéquatement aux changements climatiques. Cette section a été conçue dans le but d'aider les acteurs de l'eau à développer des actions d'adaptation. D'abord, il est nécessaire d'assimiler les bases de l'adaptation en se plongeant dans les concepts associés à la vulnérabilité.

5.1 Le langage de l'adaptation aux changements climatiques

Il est possible d'agir sur plusieurs éléments liés au concept de vulnérabilité afin de diminuer les impacts des changements climatiques. La figure 24 en illustre les différentes composantes.



Source : Adapté de Isoard *et al.*, 2008; Agence Européenne pour l'Environnement, 2009

Figure 23. Modèle conceptuel simplifié décrivant l'impact, la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques

Il existe deux types d'adaptation aux changements climatiques : l'adaptation planifiée et l'adaptation spontanée (tableau 9).

Tableau 9. Types d'adaptation aux changements climatiques et exemples

		Adaptation planifiée	Adaptation spontanée
Définition		Actions prises par les gouvernements incluant la législation, les réglementations, les incitations, favorisant des évolutions dans les systèmes socio-économiques dans le but de réduire la vulnérabilité au changement climatique. Résultat de décisions politiques établies par le secteur public et basées sur la prise de conscience que les conditions de vie en société sont en train de changer ou ont changé et que des actions sont nécessaires pour réduire les pertes ou profiter des opportunités.	Adaptation qui se met en place « naturellement », sans l'intervention du secteur public. Liée aux initiatives du secteur privé (le secteur privé renvoie ici aux organisations individuelles ou collectives qui ne relèvent pas de l'autorité publique qu'elle soit nationale ou locale) pour faire face aux modifications actuelles ou futures liées aux changements climatiques
	Systèmes naturels		<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de période de croissance des végétaux • Changements dans la composition des écosystèmes • Migration des milieux humides
Systèmes anthropiques	Privé	<ul style="list-style-type: none"> • Achat d'assurance • Construction d'une maison sur pilotis • Modification des designs de plateformes pétrolières 	<ul style="list-style-type: none"> • Changements dans les pratiques agricoles • Changement des primes d'assurances • Achat d'un système d'air climatisé
	Public	<ul style="list-style-type: none"> • Avertissement précoce de dangers imminents • Nouveaux codes du bâtiment et des standards architecturaux • Incitation à la relocalisation de bâtiments 	<ul style="list-style-type: none"> • Paiements compensatoires et subventions • Renforcement du code du bâtiment • Pulvérisation de sables de reconstitution sur les plages érodées

Source : Klein, 1999; Smit et Pilifosova, 2001 et Burton et al, 2002;
cité par FESR Université de Moncton, 2016

Vulnérabilité et résilience

Les actions qui seront entreprises afin de faire face aux changements climatiques, devront engendrer une **réduction de la vulnérabilité** des communautés et **augmenter leur résilience** (ROBVQ, 2016).

La vulnérabilité

« La vulnérabilité est définie comme la propension ou la prédisposition à subir des dommages. »

- GIEC (2014; cité p. 30 (2) dans Charron, 2017)

Le concept de vulnérabilité englobe divers éléments, notamment les notions de **sensibilité** (ou de fragilité) et de **capacité de faire face et de s'adapter**. Le niveau de vulnérabilité augmente selon le degré d'exposition et diminue selon la capacité d'adaptation (Smit et Pilifosova, 2003; Ford et Smit, 2004).



Source : GIEC, 2014, Tiré de Charron, 2017

Figure 24. Représentation schématisée du concept de vulnérabilité

Il existe près de 30 définitions du concept de vulnérabilité et presque autant de méthodes pour en faire l'évaluation (Thywissen; Hammill *et al.*, 2013; cités dans Hinkel, 2011). Certains estiment que la définition de vulnérabilité n'est toutefois pas quantifiable ni mesurable puisqu'il s'agit d'un concept théorique. C'est le cas d'Hinkel, qui estime que son évaluation est néanmoins utile pour **identifier les populations, les régions et les secteurs particulièrement vulnérables**. Elle permet aussi **d'identifier les objectifs de l'atténuation et d'augmenter la conscience du changement climatique** (2011). Finalement, une **notion de temporalité** existe selon certains auteurs puisque la vulnérabilité change de manière imprévisible en **suivant différentes trajectoires** (augmentation, diminution, accélération, oscillation, concentration ou diffusion) et **varie à trois échelles** : court terme, long terme et par cycles (De Vries, 2011; Bankoff *et al.*, 2004).

Son évaluation est généralement **plus précise et efficace lorsqu'elle est réalisée à l'échelle locale**; les expositions et les capacités d'adaptation au changement climatique étant variables dans l'espace et dans le temps (McLeman, 2010; Smit et Wandel, 2006; Ford, Smit et Wandel., 2006; Ford et Smit 2004; Fraser, Mabee et Slaymaker, 2003; Brooks, 2003 Cité dans Tanguay et Viau, 2012).

L'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ, 2006) estime que la vulnérabilité des individus aux événements climatiques extrêmes peut être présentée selon **trois caractéristiques principales** (Auger *et al.*, 2003), soient:

- la **sensibilité individuelle** (personnes âgées, personnes handicapées, jeunes enfants, femmes enceintes, personnes souffrant de maladies chroniques ou consommant certains médicaments, toxicomanes, résidents des régions nordiques, personnes sans-logis et à faible revenu, personnes vivant des ressources naturelles tels les agriculteurs);
- le **lieu de résidence ou de travail** (personnes demeurant ou travaillant près de forêts, de zones inondables ou côtières);
- la **localisation et le comportement lors de l'impact** (personnes se trouvant dans une maison mobile lors d'une tornade, personnes familières aux situations d'urgence).

Exposition et sensibilité

L'évaluation de la vulnérabilité repose à la fois sur **l'étude de l'exposition et de la sensibilité** d'un système, mais aussi sur les **aptitudes d'une population à faire face à divers types d'exposition** (Smit et Wandel, 2006).

Exposition et sensibilité sont des concepts presque indissociables et, selon la communauté, la région ou le pays, la **dynamique** entre les stress sociaux et les stress climatiques auxquels ils seront confrontés changera (*Ibid.*, 2006).

« L'exposition, c'est la nature et le degré auquel un système ressent un stress environnemental ou sociopolitique. »

- Adger, 2006

Il existe des éléments de perturbation liés (directement ou indirectement) aux variables climatiques et hydroclimatiques et sur lesquels les humains n'ont pas d'emprise (éléments externes au système à l'étude). C'est ce que l'on nomme « **facteur d'exposition** ». Or, les changements climatiques sont susceptibles d'en modifier les caractéristiques (**fréquence, durée et intensité**) (ROBVQ, 2014).

Dans ledit système considéré, on trouve différents **éléments susceptibles de subir des dommages** (GIEC, 2014, cité dans Charron, 2017):

- la présence d'espèces, d'écosystèmes ou de personnes;
- de leurs moyens de subsistance;
- de fonctions, de ressources ou de services environnementaux;
- d'éléments d'infrastructures ou de biens économiques, sociaux ou culturels.

« La sensibilité désigne le degré auquel un système sera affecté ou modifié (positivement ou négativement) par un stimulus lié au climat ou à des perturbations. ».

- GIEC, 2014; cité dans Charron, 2017; Adger, 2006

Les facteurs déterminants de la sensibilité sont issus des caractéristiques issues du système. Ils ont une influence sur l'ampleur des impacts engendrés par des perturbations et sur lesquelles **on peut parfois intervenir**. À exposition égale, deux systèmes ne subiront pas la même ampleur de dommage en raison de composantes leur conférant des sensibilités différentes (Smit et Pilifosova, 2001).

Tableau 10. Exemples de facteurs pouvant influencer sur la sensibilité d'un système

Facteurs déterminants de la sensibilité	Exemple lié aux bassins versants
Caractéristiques du système	Caractéristique d'une rivière
État du système	État et conception des infrastructures (matériaux, âge, données historiques employées, etc. d'un ouvrage de prélèvement)
Présence d'usages conflictuels	Approvisionnement en eau potable et rejets
Positionnement géographique et topographie ¹	Localisation d'une municipalité et identification des enjeux en amont et en aval de celle-ci
Présence, nombre et profil des usagers	Population, âge moyen, variation démographique, scolarité, présence de minorité, taux de chômage, criminalité, etc.
Utilisation du sol	Profil économique de la municipalité. Nombre d'agriculteurs, d'industriels, de commerciaux, d'institutionnels, etc.

Note 1 : le positionnement géographique peut ici référer à deux échelles distinctes, soient le positionnement d'un élément dans la province mais aussi le positionnement d'un usage à l'intérieur même d'un bassin versant. Source : Adapté de ROBVO, 2014

Tableau 11. Sensibilité des écosystèmes : Exemples de facteurs pouvant influencer la sensibilité de l'habitat d'une espèce de poisson

Facteurs déterminants de sensibilité pour les usages reliés aux écosystèmes aquatiques	Facteurs à surveiller liés aux espèces de poissons
Caractéristiques du cours d'eau, du plan d'eau ou du milieu humide	<p>Physiques : profondeur du plan d'eau, grandeur, superficie, débit ou volume d'eau du plan d'eau, flux des eaux : intrants et extrants, importance de l'alimentation en eau souterraine dans le cours d'eau, état des bandes riveraines, érosion, vitesse des vents au-dessus du cours ou du plan d'eau, etc.</p> <p>Chimiques : Présence de pollution, transparence, turbidité, acidité, oxygène carbone, phosphore, azote, mercure, etc.</p> <p>Biologiques : Biodiversité, Espèces exotiques envahissantes (EEE), prédateurs, parasites, etc.</p> <p>Typologiques (milieux humides) : Eau peu profonde, herbier aquatique, marais, marécage, tourbière, milieu humide non classifié</p> <p>Exigences d'habitat : régime alimentaire (benthos, proies, etc.), croissance, reproduction, milieu de vie, routes migratoires, etc.</p>
Caractéristiques de l'espèce	<p>Flexibilité au niveau des exigences d'habitat ¹</p> <p>Résistance aux prédateurs, parasites et aux espèces envahissantes : tolérance à la compétition, présence de prédateurs chez l'adulte, positionnement dans la chaîne alimentaire, etc.</p>
Positionnement géographique et topographique	<p>Latitude, isolement du lac/milieu humide, positionnement dans le bassin versant, pente, altitude, etc.</p>
Présence d'usages conflictuels	<p>Pêche/surpêche, sources de chaleur pouvant modifier la température de l'eau, centrale électrique, acteurs du secteur industriel rejetant de l'eau après des activités de refroidissement, présence sur les cours d'eau de bateaux de plaisance ou provenant de l'étranger, absence de station de lavage des embarcations nautiques (risque de transmission d'EEE), Altération du régime d'écoulement des eaux, obstacles au libre-passage, barrages, activités agricoles intensives/polluants à proximité, prélèvement en eau pour d'autres usages, activités stimulant l'augmentation de la turbidité ou de l'envasement</p>

Note 1 : À vérifier sur les points mentionnés précédemment au tableau 10.

Source : Adapté de ROBVO, 2014

La résilience

« La résilience est définie comme étant le temps nécessaire à un système pour retrouver un équilibre ou un état stable suite à une perturbation. »

- Université de Moncton, 2016

Il est à noter que l'accumulation ou la superposition de perturbations peut diminuer la capacité de ce système à retrouver l'équilibre. De plus, il existe un point de non-retour où certains éléments d'un système, une fois perturbé, ne peut revenir à un état stable, appelé **point de bascule** ou *tipping point*. C'est sur le point de bascule de 2°C d'augmentation que les pays signataires de l'accord de Copenhague se sont basés, point au-delà duquel les changements climatiques pourraient être jugés dangereux (Hours, 2017).

La **résilience mécanique** consiste au temps nécessaire pour retrouver un équilibre global, tandis que la **résilience écologique** est le nombre de perturbations auquel un écosystème peut résister sans modifier son processus d'organisation et sa structure (Gunderson, 2000).

La **résilience sociale** est pour sa part définie comme étant la capacité des groupes ou des communautés de répondre à des stress externes et des perturbations résultant de changements sociaux, politiques et environnementaux (Adger, 2000).

Carpenter *et al.* parlent pour leur part de **résilience socio-écologique** (2001, cité dans Folke, 2006). Ce concept prend notamment en compte trois éléments :

- le **nombre de perturbations** qu'un système peut absorber tout en perdurant dans le même état;
- le degré auquel le système est capable de **s'auto-organiser** et
- le degré pour lequel le système peut **construire ou augmenter sa capacité d'apprentissage et d'adaptation**

L'évaluation de la résilience a pour objectif d'identifier les facteurs externes qui viennent agir sur les systèmes socio-écologiques que sont les modes de gouvernance, le climat, les institutions, les parties prenantes, etc.

La réflexion sur la résilience nous renseigne de trois manières.

1. D'une part, elle nous rappelle que **les problèmes environnementaux ne peuvent pas être traités sans penser le lien avec le contexte social.**
2. D'autre part, elle souligne que l'incertitude est un facteur inhérent aux systèmes complexes et que **nous devons apprendre à vivre avec cette incertitude.**
3. Finalement, la recherche sur la résilience nous rappelle que les changements climatiques sont complexes et que les problèmes engendrés par ceux-ci **ne peuvent pas être analysés à un seul niveau.**

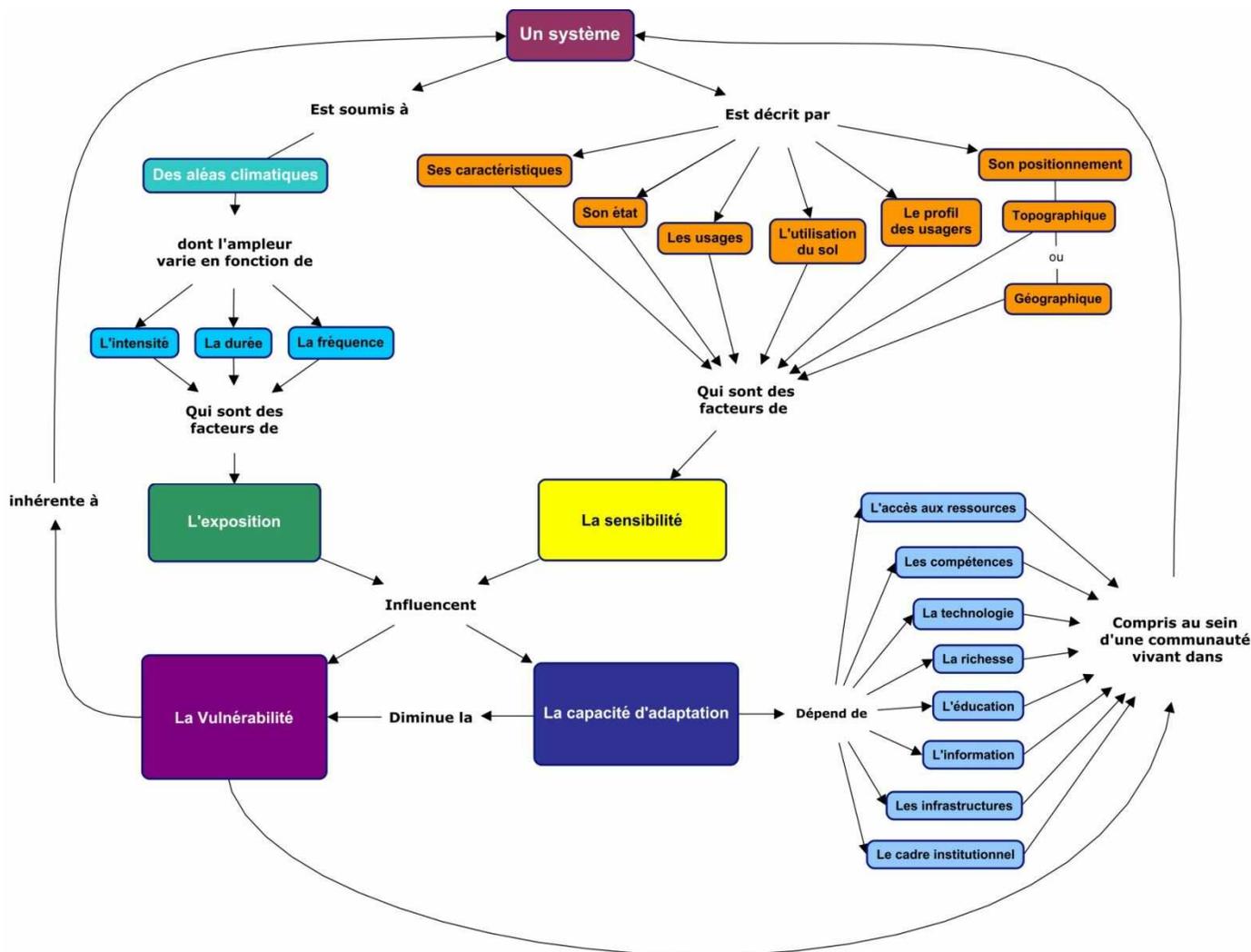
Bref, la recherche de résilience implique une articulation à différentes échelles de gouvernance (Obrian, Hayward et Berkes, 2009).

Une liste des principales catégories de facteurs déterminants de la résilience a été élaborée par le ROBVQ (Charles et Milot, 2013).

Tableau 12. Dimension des collectivités influant sur la capacité d'adaptation

Dimension	Explication
La richesse	Un individu ou une collectivité en mesure d'assumer les coûts liés aux actions à poser est en meilleure situation en vue de l'adaptation
La technologie	Certaines options d'adaptation dépendent de la disponibilité de moyens et/ou d'avancées technologiques
L'éducation	Une population plus éduquée, sensibilisée à diverses problématiques et où l'on retrouve des mécanismes d'apprentissages est mieux à même de faire face aux changements climatiques
L'information	La disponibilité et le partage des connaissances sur les dynamiques climatique, écologique et sociale permettent une meilleure évaluation de l'adaptation à envisager
Les compétences	Certaines adaptations reposeront sur des individus formés et qualifiés. La présence de ces derniers au sein d'une population favorise sa capacité d'adaptation
Les infrastructures	Des infrastructures de qualité permettent d'envisager des options d'adaptation impossibles à réaliser en leur absence
L'accès aux ressources	Vis-à-vis une ressource, le degré d'accès et de dépendance des membres d'une population à celle-ci influence la nature des choix envisageables
Le cadre institutionnel	Les règles en place – plans, politiques, programmes, lois, règlements – peuvent rendre plus ou moins facile l'adaptation

Source : Adapté de Charles et Milot, 2013



© COBALI, 2017

Figure 25. Schéma de concept de l'adaptation aux changements climatiques

Les risques inhérents : la maladaptation

« La maladaptation survient lorsque des changements dans les systèmes naturels ou anthropiques conduisent à l'augmentation de la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatique et/ou en une altération des capacités et des opportunités actuelles et futures au lieu de les réduire. »

- (Scheraga et Gramasch. 1998, GIEC, 2001; Magnan, 2012)

La maladaptation peut faire boule de neige, notamment sur d'autres systèmes, secteurs et groupes sociaux (Barnett et O'Neil, 2010).

Pour prévenir de telles situations, les actions devront viser à :

1. Prendre en considération l'ensemble des solutions et des scénarios climatiques possibles;
2. Être flexible afin de permettre des ajustements qui prendraient en compte des incertitudes nouvelles;
3. Ne pas transférer la vulnérabilité à d'autres usagers ou aux générations futures.

De plus, il est nécessaire de prendre en considération les **risques de maladaptation trans-sectorielle**. Par exemple, il faudra veiller à éviter de porter atteinte à l'approvisionnement en eau pour régler un problème de transport.

Le ROBVOQ (2012) propose quelques exemples de maladaptation dans le secteur de l'eau :

- Afin de protéger une portion de territoire des vagues et des inondations, un riverain construit un muret de pierres devant sa propriété. Ce faisant, la force des vagues sera transférée vers les terrains voisins, augmentant la vulnérabilité de ces derniers (transfert de la vulnérabilité).
- Un programme incitatif favorise un type d'adaptation qui nuit à la production d'autres actions qui s'avèrent être plus pertinentes avec le temps (manque de flexibilité).
- Pour se protéger des inondations à faible taux de récurrences, une infrastructure coûteuse est construite (mauvaise évaluation des scénarios hydroclimatiques et des solutions possibles).
- Pour s'adapter aux fluctuations des débits dans une rivière, il est prévu de gérer différemment certains ouvrages de régulation — barrages — avec comme conséquence d'accélérer le courant du cours d'eau et d'accentuer l'érosion des rives situées sur une terre agricole en aval (maladaptation trans-sectorielle).

Ouranos (2015) dénombre **cinq dimensions de la maladaptation** en gestion adaptative qui engendreraient des conséquences:

- l'augmentation des émissions de GES,
- les coûts d'opportunité élevés,
- l'augmentation de l'iniquité,
- les actions qui diminuent la motivation à s'adapter,
- les schémas de développement qui limitent les capacités d'adaptation futures.

Ils suggèrent notamment de tenir compte des valeurs pouvant surgir selon les institutions, les secteurs ou les groupes à l'étude. C'est à ce stade qu'on peut chercher à trouver des compromis. En somme,

« L'adoption de la gestion adaptative, une approche plus souple et itérative, dans la mise en place des stratégies d'adaptation favorisera les ajustements et permettra de répondre de manière plus appropriée aux besoins et aux objectifs des parties prenantes au fur et à mesure que la situation évoluera. En outre, la gestion adaptative permet d'intégrer de nouvelles informations ou de nouveaux scénarios lorsque ceux-ci deviennent disponibles. Il est important de noter qu'une gamme de mesures de différents types sera souvent nécessaire pour renforcer la résilience. »

- Ouranos, 2015

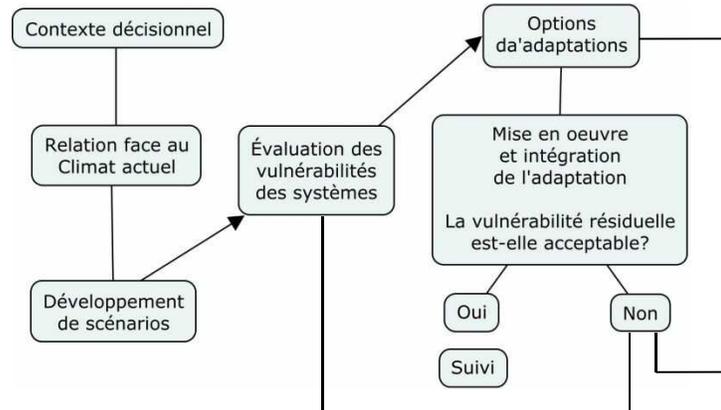
5.2 Les vulnérabilités de la ZGIE du COBALI

Lorsqu'il est question d'adaptation, il ne s'agit pas seulement de connaître les impacts à venir et de rechercher la meilleure solution possible. C'est précisément ce pourquoi il est nécessaire d'observer la **vulnérabilité** des populations, des régions et des secteurs au sein de la ZGIE du COBALI. En décrivant les **facteurs non-climatiques**, il sera possible de comprendre de quelle façon les collectivités concernées sont porteuses de changements adaptatifs. À cet effet, la recherche d'information préalable et le processus d'acquisition de connaissances quant aux possibilités et aux contraintes de la mise en œuvre de l'adaptation sont de bons indicateurs de la proactivité des collectivités.

Chaque composante pouvant être affectées possèdent un degré de vulnérabilité qui lui est propre. On compte notamment l'aménagement du territoire, l'agriculture, l'industrie forestière, les régions urbaines, les infrastructures, la production d'hydroélectricité, le tourisme et la villégiature, la santé des populations, etc. Celles-ci peuvent être classifiés par responsabilité municipale, par éléments biophysique et par éléments socioéconomiques (communautés, ressources en eau, zones inondables, etc.) ou toute autre façon jugée pertinente pour les instances décisionnelles régionales.

La description des vulnérabilités qui suit se veut un bref survol des systèmes à l'échelle de la ZGIE du COBALI. Les acteurs de l'eau entamant une démarche de plan d'adaptation aux changements climatiques devront chercher davantage d'information afin de réduire au maximum les risques inhérents à la maladaptation. Bien entendu, la recherche d'information est

un processus itératif dont le suivi enrichira les connaissances des systèmes compris dans le territoire de gestion des acteurs de l'eau.



Traduit et adapté de : Canadian Council of Forest Ministers, 2010; cité dans Doyon *et al.*, 2011

Figure 26. Étapes d'évaluation de l'adaptation

Municipalités régionales de comté (MRC) et Ville de Gatineau

Les municipalités régionales de comté balisent les décisions municipales par l'entremise de plans et, plus précisément, via leur schéma d'aménagement et de développement. C'est pourquoi le COBALI s'est penché sur ces paliers gouvernementaux pour sonder leurs connaissances relatives aux changements climatiques. Puisque la ville de Gatineau rassemble deux arrondissements compris dans la ZGIE du COBALI, elle a également été abordée. Ultimement, cette démarche avait pour but d'identifier les vulnérabilités au sein de la population de sa ZGIE. À cet effet, des entrevues téléphoniques ont été réalisées avec quatre intervenants provenant des principales MRC de la ZGIE du COBALI, ainsi qu'avec deux intervenants de la Ville de Gatineau. Le tableau 13 résume les informations relatives aux acteurs de l'eau interrogés.

Tableau 13. Acteurs de l'eau contactés par le COBALI

MRC	Nom	Fonction	Date
Antoine-Labelle	Louis Garon	Chargé de projet au schéma d'aménagement	26 sept 2017
Collines de l'Outaouais	Patrick Laliberté	Directeur du service d'aménagement et de l'environnement	27 sept 2017
Papineau	Arnaud Holleville	Coordonnateur en environnement	31 oct 2017
Vallée-de-la-Gatineau	François Loïselle	Responsable du schéma d'aménagement	1 ^{er} nov 2017
Ville de Gatineau	Yvann Blayo	Chargé de projet au service de l'environnement et à la politique environnementale (axe air et énergie)	7 nov 2017
	Frédéric Tremblay	Coordonnateur de projets, expertise conseil au service d'urbanisme et de développement durable	11 déc 2017

De manière générale, les questions suivantes ont été posées dans cet ordre :

1. Est-ce que des mises à jour sont envisagées par votre MRC pour inclure les variations climatiques à venir? Si oui, quelles sont-elles?
2. Quelles sont les connaissances de la MRC relativement aux changements climatiques
3. Avez-vous pris connaissance du plan d'action provincial intitulé «Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020 »?
4. Avez-vous entendu parler du concept de plan d'adaptation aux changements climatiques?
5. Est-ce que des orientations particulières seront prises concernant les actifs, les infrastructures municipales liées à l'eau?
6. Est-ce que vous avez remarqué des changements démographiques dans les municipalités de votre MRC et dont le territoire chevauche la zone de gestion du COBALI?
7. Avez-vous remarqué un vieillissement de la population?
8. Avez-vous remarqué des exodes, des migrations?
9. Avez-vous des projets de conservation?
10. Avez-vous des projets de conservation de milieux humides?

Il est à noter que la MRC de Papineau et la Ville de Gatineau ont déposé leur version révisée de schéma d'aménagement et de développement révisé (SADR) et que ceux-ci ont été acceptés par le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT).

Actions généralement entreprises par la MRC pour augmenter sa capacité d'adaptation et diminuer sa sensibilité : Question 1

Quatre des répondants interrogés ont répondu à cette question par l'affirmative, mais à différents degrés d'implication. En effet, il n'y a pas de méthode qui se démarque chez les MRC pour intégrer les changements climatiques au sein de documents officiels, particulièrement dans leur SADR. Les MRC des Collines-de-l'Outaouais, d'Antoine-Labelle et de la Vallée-de-la-Gatineau

sont toutes trois impliquées de manière plus ou moins importante dans le processus d'acquisition de connaissances. Seule la MRC de Papineau a répondu par la négative. La Ville de Gatineau est, quant à elle, la plus informée et avancée dans le processus d'adaptation aux changements climatiques.

Voici brièvement les actions pour contrer les effets des changements climatiques, entreprises de la part des divers acteurs de l'eau de la ZGIE du COBALI :

- Acquisition de connaissance
- Gestion des îlots de chaleur
- Diminution des GES (transport durable)
- Cartographie des zones inondables et de mouvement de masse
- Élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques et d'un plan de réduction des GES

Connaissances de la MRC au sujet des changements climatiques à venir : Question 2

Cette question avait pour but de sonder l'information circulant au sein des acteurs de l'eau car elle est fonction de la capacité d'adaptation des collectivités (tableau 12).

Bien que trois des cinq collectivités interrogées ont su identifier quelques changements attendus, l'ensemble admet devoir acquérir plus de connaissances au sujet des aléas à anticiper. Certains acteurs connaissent toutefois l'existence de ressources comme le consortium d'experts Ouranos. Deux intervenants ont déploré que l'information provenant de cette source s'appliquait au sud du Québec; information difficilement interprétable à une échelle régionale. La Ville de Gatineau prévoit également augmenter son capital de savoir en procédant à de l'acquisition de connaissance au court de l'élaboration de son plan d'adaptation aux changements climatiques. Elle désire sonder de plus près l'information relative à la vulnérabilité, aux risques et à la priorisation des actions à entreprendre.

Connaissance des outils existants pour faire face aux changements climatiques : Questions 3 et 4

Les questions 3 et 4 avaient pour but de sonder les connaissances des municipalités régionales de comté au sujet des programmes d'aide et des outils développés pour les municipalités. Dans la même optique que pour la question 2, ces questions avaient pour but de sonder quelles sont les connaissances des cadres institutionnels mis en place par le gouvernement, contribuant ainsi à augmenter la capacité d'adaptation (tableau 12).

Certains intervenants étaient bien au fait de ces deux documents. Cependant, certains acteurs ont décidé de ne pas aller de l'avant relativement à la stratégie gouvernementale et au plan

d'adaptation aux changements climatiques développé par Ouranos en collaboration avec la Fondation québécoise des municipalités (FQM). La raison qui a été soulevé dans ce cas était que le gouvernement provincial a souvent mis de côté ses propres politiques dans le passé, en dépit des efforts bien sincères des MRC.

Des MRC interrogées, deux d'entre elles se questionnent sur la façon dont se traduiront les intentions des municipalités vis-à-vis du plan d'action gouvernemental sur les changements climatiques. Un des intervenants a remarqué un certain manque de vision relativement aux actions concrètes qui pourraient être entreprises dès aujourd'hui pour répondre aux changements à venir : gaz à effets de serre (GES), pollution, électrification des transports et transports en commun. Il admet toutefois que les municipalités de sa MRC sont bien au fait des inondations qui pourraient sévir dans le futur.

Deux intervenants ont admis ne pas avoir entendu parler ou partiellement entendu parler des deux outils d'aide à la décision mis en place par le gouvernement provincial.

Adaptations en cours relativement aux infrastructures municipales liées à l'eau : Question 5

Considérant que des changements sont à prévoir concernant des épisodes de pluie plus intenses et de plus courte durée, des répercussions sont à prévoir sur les débits de pointe des cours d'eau. Les débits de pointe ont une influence sur la taille des traverses de cours d'eau choisie sur le réseau routier municipal. La question 5 permettait de savoir si la réflexion était engagée concernant les infrastructures municipales, et de sonder si des actions avaient été entreprises à ce sujet. Ultiment, cette question cible directement la capacité d'adaptation des acteurs de l'eau de la ZGIE du COBALI.

Deux intervenants ont su identifier l'augmentation des débits de pointe en réaction aux régimes de pluie. Un premier a fait mention que sa MRC a pris des actions pour construire des ponceaux à l'aide de tuyaux de plus grands diamètres pouvant recevoir des crues centenaires. Le second considère que la gestion de l'eau sera l'un des grands enjeux des changements climatiques. La mémoire collective est marquée par les inondations qui ont séviés sur son territoire et, à cet effet, il est confiant que des actions seront entreprises à cet égard. Les autres représentants sont davantage dans une phase où l'enjeu des changements climatiques émerge à peine et vers lequel un passage par l'acquisition de connaissances est nécessaire.

Sensibilité des acteurs de l'eau de la ZGIE du COBALI : Question 6, 7 et 8

Les questions 6,7 et 8 avaient pour but d'obtenir des informations sommaires sur une possible sensibilité de la population comprise au sein de la ZGIE du COBALI. L'ordre des questions a été

pensé de manière à ne pas induire de réponse biaisée chez les intervenants. Ainsi, la question 6 était posée de manière à sonder les connaissances générales relativement au profil démographique de la population comprise au sein de leur territoire de gestion respectif. Cette question répond à l'un des critères de la capacité d'adaptation des acteurs de l'eau, soit l'information (tableau 12).

Considérant que l'âge des usagers peut constituer un élément à surveiller dans l'évaluation de leur sensibilité face aux changements climatiques (tableau 10), la question 7 visait à connaître quel est l'état du vieillissement de la population.

Dans l'ensemble des municipalités des MRC interrogées, on observe généralement la série de phénomènes suivants:

- Migration des jeunes vers les villes pour des besoins éducationnels
- Rétention des jeunes dans les centres urbains qui recherchent des habitations plus abordables
- Afflux de nouveaux retraités depuis les centres urbains vers les zones de villégiature périphériques
- Migration des personnes âgées à la recherche de soins vers les centres urbains.

Les personnes âgées de 65 ans et plus sont plus souvent appelées à se déplacer vers les centres de service afin d'avoir accès aux ressources (villes de Gatineau, de Montréal, de Mont-Tremblant et de Mont-Laurier), notamment en matière de santé. Certaines personnes décident alors parfois de déménager vers ces grands centres. D'autres nécessitent plus de ressources pour leur déplacement (présence de transports adaptés, etc.). Finalement, il est fréquemment observé que les résidences des municipalités en périphérie des centres urbains de Mont-Laurier et de Gatineau sont habitées par des personnes nouvellement retraitées dont les besoins relatifs à l'accès aux services est susceptible d'augmenter dans le futur. C'est pourquoi la question 8 visait davantage la capacité d'adaptation des acteurs de l'eau relativement au critère de l'accès aux ressources (tableau 12).

Bref, de manière générale, un vieillissement des populations des municipalités de la ZGIE du COBALI est observé, à certaines exceptions près. Les intervenants ont mentionné les municipalités de Notre-Dame-de-la-Salette, de Denholm, de Lac-du-Cerf comme étant particulièrement vieillissante, tout comme le secteur de Buckingham de la ville de Gatineau. La municipalité de Sainte-Anne-du-Lac voit quant à elle sa population se renouveler de manière constante, selon M. Garon.

Efforts de conservation : Question 9 et 10

La conservation d'une grande diversité d'écosystèmes favorise la résilience des espèces qui s'y trouvent (dont les humains) et le maintien de la biodiversité en général. Les écosystèmes rendent en effet des services d'une valeur non-négligeable à la société en générale. La Ville de New-York aux États-Unis, qui a décidé de conserver une forêt entière en amont du bassin versant de sa source d'eau potable en est un bon exemple : la conservation de ces écosystèmes aura été moins coûteuse que de mettre en place de nouvelles usines de traitement des eaux (Stolton et Dudley, 2007). Tel que mentionné précédemment, la conservation d'écosystèmes fait partie des objectifs de l'accord de Paris et s'arrime avec les ambitions promulguées par la stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020. C'est afin de sonder le degré d'implication des MRC par rapport à ce point que les questions 9 et 10 ont été posées.

Les actions entreprises sur la ZGIE du COBALI sont les suivantes :

- Désir d'augmenter les superficies d'aires protégées pour atteindre les objectifs provinciaux minimaux au sein du territoire de la MRC
- Réflexion sur la limitation du développement de villégiature à proximité des lacs et des cours d'eau
- Identification des milieux humides telle que le requiert la nouvelle *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques*

Vulnérabilité des acteurs de l'eau et capacité d'adaptation

De manière générale, les MRC déplorent le manque de ressources afin de pouvoir mettre en place des mesures s'arrimant à la stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques. Ses intervenants sont conscients qu'il s'agit d'un enjeu réel, mais ils sont encore dans l'attente de soutien de la part du gouvernement.

« En ce qui concerne les changements climatiques, les initiatives pour y faire face sont plus petites qu'embryonnaires à la MRC des Collines-de-l'Outaouais. Les gens de la MRC ont souvent emboîté le pas suite à des politiques provinciales, et ensuite ont vu ces politiques être abandonnées. Pour cette raison, la MRC reste plus réticente à embarquer dans le plan d'action [provincial 2013-2020]. »

- Patrick Laliberté, MRC des Collines-de-l'Outaouais

De plus, dans l'ensemble, les acteurs désirent prendre connaissance des changements susceptibles de survenir à une échelle régionale plutôt que provinciale. Des impacts sont à prévoir, mais ils n'en connaissent pas encore bien les mécanismes, l'ampleur, l'intensité et la

durée, notamment, ni comment ces changements induiront des conséquences sur les éléments en lien avec la gouvernance et la planification territoriale.

« La MRC a pris des actions pour construire des ponceaux de diamètres plus grands pour des crues centenaires. Il manque toutefois d'information à ce sujet à la MRC pour prendre des actions concrètes. »

- François Loiselle, MRC de la Vallée-de-la-Gatineau

« On sait que pour les événements météorologiques, on va observer des changements [mais] la MRC a peu de connaissances sur les impacts réels. »

- Arnaud Holleville, MRC de Papineau

« Les connaissances de la Ville de Gatineau sont essentiellement celles qui ont été transmises par Ouranos à l'échelle du Québec. »

- Yvann Blayo, Ville de Gatineau

De ces trois constats, on peut tirer la conclusion suivante : le manque d'information augmente la sensibilité des acteurs de l'eau compris dans la ZGIE du COBALI. De plus, le pouvoir des MRC concernant les changements climatiques à venir est limité. Elles ne peuvent qu'être incluses au schéma d'aménagement et de développement révisé.

« Une action particulière ne peut pas être ciblée pour une seule municipalité étant donné le rôle du schéma d'aménagement. Si des adaptations doivent être proposées, cela doit donc être fait par objectifs, dans l'optique de convenir à toutes les municipalités. »

- Louis Garon, MRC d'Antoine-Labelle

De fait, les MRC poursuivent l'identification des zones inondables, de glissement de terrain et d'érosion sur leur territoire de gestion, tel que le prescrit la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*. C'est le cas des MRC d'Antoine-Labelle et des Collines-de-l'Outaouais. Pourtant, bien que selon les gestionnaires, ces mesures constituent une façon de s'adapter aux aléas climatiques touchant leur territoire, les organisations municipales les adoptent sans tenir compte de la vulnérabilité de leurs infrastructures et des caractéristiques de leur population (Tédone, 2017).

En plus d'être limités par la structure imposée par le schéma d'aménagement, les intervenants chargés de l'application du document doivent faire approuver les propositions de modifications

aux élus de leur MRC, ce qui peut parfois reléguer certains projets d'adaptation des MRC de la ZGIE du COBALI aux oubliettes.

La question relative aux adaptations des infrastructures liées à l'eau relève aussi d'un manque de connaissances quant aux aléas à venir. Il faudrait toutefois veiller à prendre des actions qui n'induiront pas de maladaptation en considérant les bonnes données : la taille des bassins versants drainés par le cours d'eau et la majoration de la courbe d'intensité-durée-fréquence (IDF) pour des événements extrêmes locaux et régionaux.

En ce qui concerne la sensibilité des acteurs, l'ensemble des intervenants interrogés s'entendent pour dire qu'un vieillissement de la population est en cours dans la majorité des municipalités de la ZGIE du COBALI. Une population plus âgée est plus vulnérable à être atteinte négativement par les aléas des changements climatiques (Brody, Demetriades et Esplen, 2008).

« Un des enjeux de l'aménagement sera également d'encourager les personnes âgées à rester plus longtemps à la maison car peu d'infrastructures n'existent pour le moment pour les accueillir à Mont-Laurier. »

- Louis Garon, MRC d'Antoine-Labelle

Il faudra donc se questionner sur les maladaptations induites par les défis d'aménagement du territoire et par les changements démographiques.

Vulnérabilité inhérente au cadre institutionnel

Selon le gouvernement, le schéma d'aménagement et de développement (SAD) d'une MRC, tel que prévu par la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, devrait considérer les planifications et les orientations en matière de gestion intégrée de l'eau indiquées dans les plans directeurs de l'eau élaborés par les organismes de bassins versants (MDDEFP, 2013). Le SAD reprend également les normes inscrites au sein de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. Ces dernières prévoient le maintien d'une végétation adéquate sur les rives des cours d'eau et des plans d'eau. Bien que cette politique ait une valeur légale de par les règlements municipaux qui ont repris ses articles, il semble qu'ils ne soient pas toujours appliqués en milieu municipal. Cela contribue à augmenter la vulnérabilité des riverains résidant aux abords des cours d'eau de la ZGIE du COBALI, notamment lorsque les rives sont en mauvais état. De plus, l'absence d'un cadre légal qui tienne compte des changements climatiques quant au développement du territoire induit un manque d'initiatives à s'y adapter de la part des acteurs régionaux. Ces derniers, bien que conscients des enjeux qu'imposent les changements

climatiques, sont contraints de demeurer dans ce cadre et dépendent des ressources provenant du gouvernement (financement et expertise). C'est justement une critique qui a été soulevée par Jean-Louis Tédone (2016):

« Le gouvernement provincial devra confirmer l'inscription de l'adaptation aux changements climatiques dans la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme et financer généreusement les actions adaptatives. »

De plus, il déplore également que « le gouvernement du Québec n'a pas encore lancé de véritable campagne de sensibilisation visant à informer les élus et les gestionnaires municipaux sur l'importance d'adapter leur territoire aux conséquences des changements climatiques » (2017). L'absence de telles mesures contribue à diminuer la résilience des acteurs de l'eau, notamment en ce qui a trait au degré de compétence à s'auto-organiser et à construire ou à augmenter leur capacité d'apprentissage et d'adaptation.

Libre écoulement des eaux

Selon la *Loi sur les compétences municipales* (LCM), une MRC peut prévoir des moyens de contrôle des eaux d'un cours d'eau par règlement. L'article 105 précise notamment ce qui suit :

« Toute municipalité régionale de comté doit réaliser les travaux requis pour rétablir l'écoulement normal des eaux d'un cours d'eau lorsqu'elle est informée de la présence d'une obstruction qui menace la sécurité des personnes ou des biens ».

Pourtant, le *Décret concernant l'exclusion de cours d'eau ou de portions de cours d'eau de la compétence des municipalités régionales de comté* estime que la rivière du Lièvre, en aval du lot 799 du [sic] « village » de Mont-Laurier est exclue pour les MRC d'Antoine-Labelle, des Collines-de-l'Outaouais, de Papineau et de Gatineau (art. 2). Ce qui veut dire que ces MRC, dont la rivière du Lièvre croise le territoire, n'ont pas l'obligation, aux termes de la LCM, de gérer le libre écoulement des eaux.



©Google Earth, 2017

Figure 27. Emplacement du lot 799 du « village » de Mont-Laurier

Lorsqu’une obstruction de cause naturelle survient sur la rivière du Lièvre en aval du lot 799, ni la MRC dont la rivière croise la course, ni le gouvernement, n’ont la responsabilité exclusive d’intervenir. Le cas échéant, la municipalité peut demander l’aide au ministère de la Sécurité publique, par exemple lorsque la sécurité des personnes est compromise.

En ce qui concerne les inondations, les experts s’entendent pour dire que les cotes de crues devront être révisées (Christian Poirier, Catherine Guay, Robert Leconte, Audrey Lavoie, Communications personnelles, respectivement les 26 octobre, 28 septembre, 27 novembre et 24 novembre 2017). La responsabilité revient aux municipalités (Audrey Lavoie, Communication personnelle, 24 novembre 2017). Il est à noter que le ministère possède de nouvelles orientations qui consistent à demander systématiquement à toutes les municipalités qui revoient leurs cartes de zones inondables si elles ont l’intention de tenir compte des changements climatiques. Il estime toutefois que les risques qu’ils induisent, notamment en ce qui concerne les inondations par formation d’embâcles de glace et de frasil, relèvent de la responsabilité de tout le monde, tout comme pour les adaptations à mettre en place (*Ibid.*).

L’absence d’un intervenant responsable bien défini quant au libre écoulement de la rivière du Lièvre au sud de Mont-Laurier pourrait rendre plus complexe les interventions en cas d’obstruction. Dans le cas présent, le cadre réglementaire contribue à augmenter la vulnérabilité des acteurs et des utilisateurs de l’eau de la ZGIE du COBALI.

Gestion des eaux pluviales

En matière de gestion des eaux pluviales, le SAD peut (*Ibid.*) :

- Orienter l'expansion urbaine dans les portions du territoire les plus aptes à accueillir le développement en fonction, par exemple, des différentes capacités d'infiltration des eaux de ruissellement que présente le territoire;
- Soustraire au développement certains territoires sensibles (zones d'érosion, fortes pentes, milieux naturels d'intérêt, espace de liberté d'un cours d'eau, etc.);
- Planifier des corridors écologiques et la mise en valeur de certains milieux naturels (MDDELCC, 2017).

Encore une fois, ces mesures ne sont pas obligatoires et relèvent de l'initiative des MRC.

Vulnérabilités inhérentes aux mouvements de masse

L'**exposition** de certaines communautés est en partie expliquée par les conditions naturelles. Parmi celles-ci, on compte les conditions édaphiques (caractéristiques des sols) et les conditions climatiques habituellement présentes (précipitations).

Les sols issus de la mer de Champlain

Au Québec, les mouvements de terrain surviennent plus fréquemment dans les dépôts argileux issus du retrait de la mer de Champlain. Appelée Argile de Leda, ce type de dépôt, **sensible** au remaniement, est réputé comme étant propice à l'apparition de glissements de terrains (Laverdière et Morin, 1959; cité dans Lapointe, 1974), particulièrement sur les berges des cours d'eau (MAMOT, 2017). En effet, lorsque les argiles sont gorgées d'eau, elles gonflent et se fragilisent car elles peuvent carrément changer de phase dans des conditions particulières. Il a été mentionné précédemment que la région de l'Outaouais a enregistré plusieurs événements de glissements de terrain, soit causés par le décrochement des rives des cours d'eau, soit par le glissement des argiles, fluidifiées en raison de leur teneur en eau.



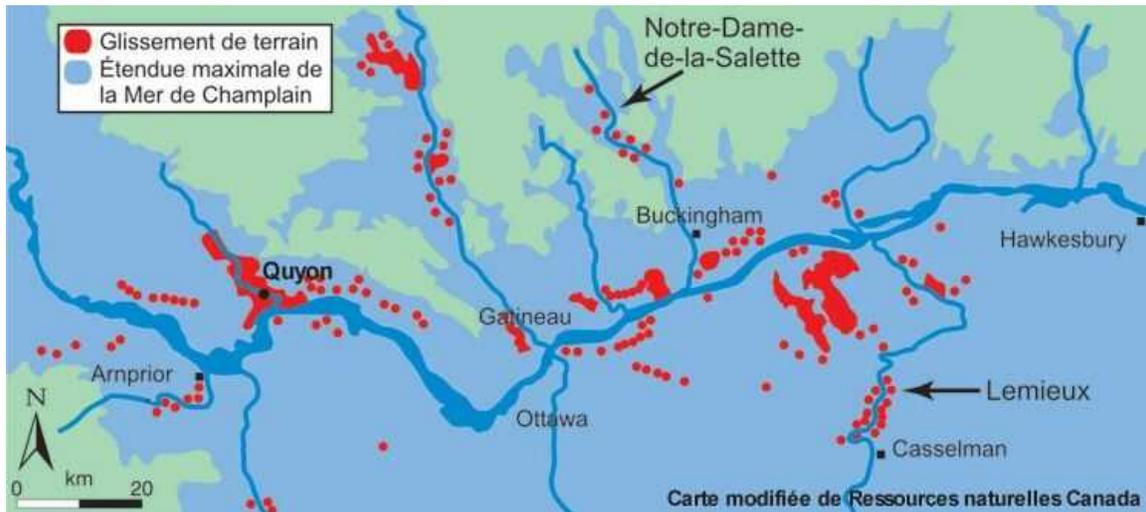
Source : MAMOT, 2017

Figure 28. Argile sensible au remaniement : à gauche, à l'état intact et à droite, à l'état complètement remanié

La présence d'érosion, l'inclinaison de la pente, les propriétés géologiques et géotechniques et les conditions souterraines sont les principaux **facteurs de sensibilité** aggravant ou déclenchant des glissements de terrain en rive suivi fréquemment d'inondations. Cependant, le MAMOT estime que les événements météorologiques extrêmes accentuent leur fréquence (*Ibid.*). Cette vulnérabilité due aux conditions édaphiques des sols issus de l'Argile de Leda est connue depuis plus d'un siècle. Au sujet du glissement de terrain survenu à Poupore au début du XX^e siècle, le géologue R.W. Ells écrivait (Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006):

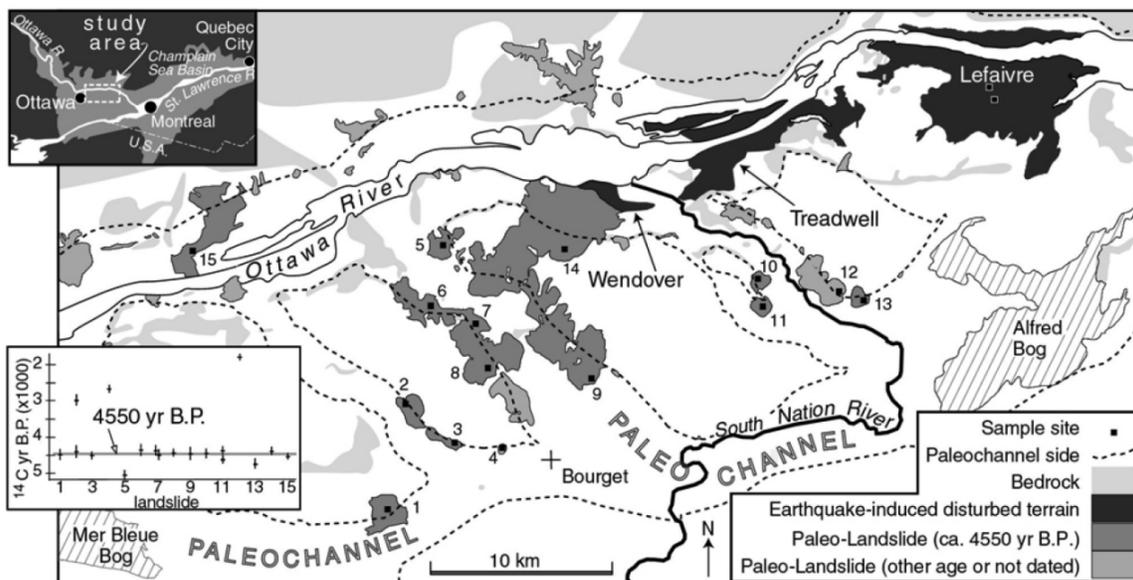
« There had been heavy rains throughout the district for several days previous, so that the whole country was saturated, and numerous small streams descended from the slope of the ridge at the back of the clay flat. Along the foot of this ridge the clay underlain in places by a deposit of boulders and other debris from the rocks of the mountain, so that there was a good opportunity for the water to penetrate beneath the mass of the clay to some distance. One of the small streams crossed the clay flat and flowed into the Lièvre [...]»

Pour ces raisons, les communautés construites sur de tels sols sont plus **exposées** aux risques d'un glissement de terrain. En effet, bien que des mouvements de terrain puissent survenir sur tous les types de sols, ceux qui surviennent sur les dépôts argileux sont plus fréquents et peuvent atteindre de très grandes dimensions. De manière générale, les communautés situées dans la région de l'Outaouais sont les plus vulnérables de la ZGIE du COBALI (MAMOT, 2017) à ce type d'événement.



Tiré de Ressources naturelles du Canada; Cité dans Lessard, 2013.

Figure 29. Glissements de terrain survenus en Outaouais. La rivière du Lièvre longe la municipalité Notre-Dame-de-la-Salette, ainsi que le secteur de Buckingham de la ville de Gatineau



Tiré d'Aylsworth et Lawrence , 2003

Figure 30. Zones de glissements de terrains générés par tremblements de terre (4550 ans avant aujourd'hui) et par perturbation (7060 ans avant aujourd'hui)

Vulnérabilités des municipalités comprises dans la ZGIE du COBALI

En plus des mouvements de masse, certaines municipalités connaissent d'autres conditions qui augmentent leur vulnérabilité ou diminuent leur résilience et, ultimement, leur capacité à faire face aux changements climatiques. Un survol rapide est présenté à la lumière des informations

dont dispose le COBALI. Bien entendu, les communautés qui prévoient mettre en place des actions d'adaptation doivent travailler à étendre leurs connaissances relatives aux vulnérabilités découlant des caractéristiques de leur territoire. En effet, ce n'est qu'en tenant compte de l'ensemble de ces facteurs qu'un plan d'adaptation crédible et cohérent pourra être mise en œuvre.

Notre-Dame-de-la-Salette

De l'ensemble des municipalités de la ZGIE du COBALI, celle de Notre-Dame-de-la-Salette est probablement la plus vulnérable aux aléas climatiques à anticiper. En effet, celle-ci est basée sur des argiles sensibles au remaniement, et a connu de nombreux événements de mouvements de masse par le passé, comme il en a été fait mention précédemment. Les conditions abiotiques (combinaison du type de dépôt, de séismes issus de la zone sismique de l'Ouest et de pluies qui fragilisent les argiles sensibles) **exposent** la petite communauté aux glissements de terrain.

La municipalité est également plus **exposée** à des crues exceptionnelles en cas de dépassement du niveau maximal au barrage hydroélectrique des Rapides-des-Cèdres (CEHQ, 2014). Bien qu'un tel événement ait statistiquement peu de chance de survenir, des modélisations effectuées sur cet ouvrage par des experts en hydrologie de l'Université de Sherbrooke n'excluent pas qu'un tel cas survienne (Leconte, 2012; Huaranga-Alvarez, 2014).

Notre-Dame-de-la-Salette a éprouvé des problèmes avec sa station d'épuration des eaux usées. Celle-ci a fréquemment dépassé les normes gouvernementales ces dernières années (COBALI, 2018). De fortes pluies pourraient venir augmenter la pression sur cette infrastructure (diminution de la capacité d'adaptation due à l'état des infrastructures).

Finalement, la population s'y fait particulièrement vieillissante, comme en faisait mention Patrick Laliberté (2017) lors d'entrevues semi-dirigées que le COBALI a réalisées (**sensibilité** due au profil des usagers).

Les événements climatiques, lorsque couplés aux conditions abiotiques, pourraient avoir des conséquences particulièrement importantes pour la petite communauté de Notre-Dame-de-la-Salette, mais également pour celles situées dans la Basse-Lièvre en aval du barrage de High Falls.

Zones à risque d'inondations

Tel que mentionné dans le portrait, les changements climatiques pourraient multiplier les épisodes de crues extrêmes causant des inondations. De plus, les municipalités en aval du

barrage Rapides-des-Cèdres pourraient bénéficier d'une protection moins importante qu'actuellement advenant que le réservoir du lac du Poisson Blanc atteigne sa pleine capacité.

Les autres municipalités connues pour être à risque d'inondations en cas de crues majeures sont : Kiamika, Chute-Saint-Philippe, Mont-Laurier et Ferme-Neuve. Les municipalités de Mayo, Mulgrave-et-Derry et le secteur de Masson de la ville de Gatineau sont également susceptibles de connaître les impacts des crues majeures, comme l'ont démontré les événements du printemps 2017.

Vulnérabilité de la ville de Mont-Laurier et de la municipalité de Ferme-Neuve

Un étudiant de l'Université d'Ottawa (Tanguay et Viau, 2012) a réalisé une étude qualitative afin d'évaluer les vulnérabilités des résidents de Ferme-Neuve et de Mont-Laurier face aux changements climatiques. Particulièrement pertinente pour les élus municipaux, cette étude possède une méthodologie détaillée qu'il sera aisé de reproduire lors de l'analyse ultérieure des vulnérabilités de leurs municipalités.

Cette étude est le fruit de 25 entrevues réalisées auprès de la population de ces deux communautés. Les résultats de ces entretiens ont permis aux auteurs d'identifier **six vulnérabilités (trois sociales et trois biophysiques)** face aux changements climatiques passés et actuels. Ces dernières ont été validées lors de groupes de discussion. Les éléments clés retenus par les auteurs afin d'identifier les vulnérabilités des communautés de Ferme-Neuve et de Mont-Laurier sont résumés dans la section qui suit.

Vulnérabilités passées

Les deux communautés ont rapporté qu'elles s'estimaient **sensibles** et **exposées** aux inondations, aux extrêmes météorologiques et à la diminution de la qualité de l'eau. Elles se sentaient également **sensibles** en regard de leurs conditions socio-économiques.

Les caractéristiques sociales (*dixit* capital social dans l'étude) fournissent quant à elles des indices relatifs aux stress indirects qui pourraient influencer la **capacité d'adaptation** des deux municipalités à faire face aux changements climatiques.

Expositions biophysiques

Généralement, **les communautés interrogées se sentent à l'abri des changements climatiques puisqu'elles estiment qu'ils se manifestent davantage ailleurs dans le monde qu'au Québec.** Les répondants reconnaissent toutefois que les changements climatiques ont un impact sur la ressource en eau et les extrêmes météorologiques (Tableau 14).

Tableau 14. Principales expositions biophysiques passées et actuelles identifiées par les communautés de Mont-Laurier et de Ferme-Neuve

Expositions biophysiques	Mont-Laurier	Ferme-Neuve
Inondation de la rivière du Lièvre	--Inondations passées liées à la drave --Quelques secteurs exposés (Ile Bell et la cour d'école primaire de Mont-Laurier) --Diminution dans le temps des inondations printanières	--Village exposé aux inondations --Plusieurs dates marquantes (1973, 1977*, 1997, 1998, 2004, 2005, 2008) --Plusieurs résidences sont affectées par les inondations printanières
Changements des conditions météorologiques	<u>Conditions hivernales</u> --Augmentation des températures --Diminution du couvert nival --Diminution de l'épaisseur des glaces --Variation importante des températures (gel-dégel) <u>Conditions estivales</u> --Forts vents et tornade au centre-ville en 2009 <ul style="list-style-type: none"> • 50 maisons ont été endommagées • Environ 7 000 personnes privées d'électricité. --Augmentation de la fréquence et de la magnitude des pluies torrentielles	<u>Conditions hivernales</u> (comme à Mont-Laurier) <u>Conditions estivales</u> --Augmentation de la fréquence et de la magnitude des pluies torrentielles --Record depuis 30 ans Été 2011 : 35 mm de pluie en 20 minutes --Refoulement d'égout dans les résidences
Changements de la qualité de l'eau	<u>Menaces à la qualité de l'eau</u> --Épidémie régionale de cyanobactéries --Plantes envahissantes (Myriophylles à épis) --Pollution de l'eau <ul style="list-style-type: none"> • Agriculture • Sondage de la quantité de ressources en uranium régional • Érosion (déboisement des rives par les villégiateurs et les castors) • Difficulté d'application des règlements municipaux en matière d'environnement 	<u>Menaces à la qualité de l'eau</u> --Épidémie régionale de cyanobactéries <ul style="list-style-type: none"> • Lac Ouellette (le lac le plus affecté par les cyanobactéries au Québec) --Plantes envahissantes (Myriophylles à épis) --Pollution de l'eau <ul style="list-style-type: none"> • Agriculture • Érosion (déboisement des rives par les villégiateurs et les castors) • Application des règlements municipaux en matière d'environnement • Déversement partiel du réseau d'égout dans la rivière du Lièvre

Source : Tiré de Tanguay et Viau, 2012

Les répondants de la municipalité de Ferme-Neuve se considèrent **très exposés aux inondations** de la rivière du Lièvre. Un rétrécissement de ce cours d'eau entre Ferme-Neuve et Mont-Laurier a causé la formation d'**embâcles** de glace par le passé, causant des inondations rapides et imprévisibles. Ce sont toutefois les épisodes de pluies torrentielles, dont l'**amplitude** a augmenté, qui constituent l'aléa climatique le plus nuisible pour la communauté de Ferme-Neuve. Ils ont causé l'érosion des rives du cours d'eau, les débordements du système de drainage des eaux pluviales et les refoulements d'égouts. Dans les deux communautés, il a également été mentionné que les tempêtes estivales de pluies violentes provoquaient une détérioration de la qualité de l'eau. Les répondants de la ville de Mont-Laurier ont pour leur part souligné la présence de forts vents (voire de tornades) comme étant l'aléa climatique le plus marquant. Malheureusement, il est à noter que les experts sont présentement dans l'incapacité de décrire la manière dont ce genre d'événement est susceptible de se produire en climat futur (Christian Poirier, communication personnelle, 26 octobre 2017).

Changements socio-économiques

Les trois **vulnérabilités sociales** répertoriées dans le cadre de cette étude sont issues de pertes massives d'emplois, de l'exode de travailleurs forestiers et de la transition de l'économie régionale forestière et touristique. Ces trois vulnérabilités augmentent la **pauvreté** des deux communautés. Des **inégalités** ont été remarquées concernant les retombées économiques associées à l'industrie du tourisme. Les deux communautés **compétitionnent** entre elles pour les retombées issues de ce secteur, ce qui ne favorise pas l'entraide et l'adaptation, selon les auteurs. De plus, le **vieillissement de la population** observé des intervenants des MRC (et dont le résultat des entrevues a été présenté précédemment) ne fait pas exception dans les deux communautés. Bref, tous ces éléments compromettent la **capacité d'adaptation** des deux communautés aux changements climatiques.

Le capital social, garantie d'une plus forte capacité d'adaptation aux changements climatiques

Les auteurs de l'étude avancent que le **capital social** est un moyen efficace pour évaluer la capacité des collectivités à faire face aux changements climatiques (Adger, 2003; cité dans Tanguay et Viau, 2012). Il existe plusieurs définitions de capital social. Les deux définitions suivantes sont complémentaires et expriment bien ce concept. Elles sont ainsi représentatives de l'utilisation que Tanguay et Viau en font pour analyser la **résilience** de Ferme-Neuve et de Mont-Laurier:

1. Bourdieu, 1980

Ensemble des ressources actuelles ou potentielles qui sont liées à la possession d'un réseau durable de relations plus ou moins institutionnalisées d'interconnaissance et d'inter-reconnaissance ou, en d'autres termes, à l'appartenance à un groupe, comme ensemble d'agents qui ne sont pas seulement dotés de propriétés communes (susceptibles d'être perçues par l'observateur, par les autres ou par eux-mêmes) mais sont aussi unis par des liaisons permanentes et utiles.

2. Coleman, 1998

Tout ce qui facilite une action individuelle ou collective, générée par des réseaux de relations, de réciprocité, de confiance et de normes sociales. Il s'agit d'une ressource neutre qui facilite toute forme d'action, mais le fait que la société s'en tire mieux dépend entièrement des usages individuels auxquels cette action est destinée (Cité dans Foley et Edwards, 1997).

En présence d'un bon capital social, la **résilience** de la communauté augmente. Afin de connaître davantage la méthodologie associée à l'évaluation des différents types de capital social, le lecteur est invité à consulter les travaux de Tanguay et Viau (2012), de Woolcock et Narayan (2000) et de ceux d'Adger (2001 et 2003).

Lors des entrevues, le capital social a été évalué pour les communautés de Ferme-Neuve et de Mont-Laurier. Les auteurs soulèvent les points suivants :

- Les liens de réciprocité sont plus forts dans la communauté de Ferme-Neuve qu'à Mont-Laurier.
- Le vieillissement de la population des deux communautés réduit leur aptitude à réagir rapidement et efficacement lors d'une évacuation due à une inondation.
- Une rivalité existe entre les deux communautés. Selon les auteurs, les communautés sont incapables de travailler ensemble à planifier un avenir économique régional durable, ce qui constitue une limite à la capacité d'adaptation locale et régionale au changement climatique.
- Ferme-Neuve et Mont-Laurier n'hésitent pas à collaborer avec la MRC, le Centre local de développement (CLD), la sécurité publique, le ministère de la Santé publique, les bénévoles de la population, ce qui est bénéfique lorsque de l'aide doit être demandée pour réagir aux changements climatiques.
- Finalement, au sein des deux communautés, la capacité d'adaptation aux risques climatiques analysée en fonction des trois types de capital social est en partie affaiblie par une **rivalité** entre les deux communautés et par le changement de leur **composition démographique**.

Vulnérabilités de Ferme-Neuve et de Mont-Laurier liées aux changements climatiques futurs

Puisqu'une partie de leurs habitations se trouvent à l'intérieur de la plaine inondable de la rivière du Lièvre, les communautés de Ferme-Neuve et de Mont-Laurier sont plus **exposées** aux impacts des inondations.

De plus, la **dépendance** des municipalités au secteur touristique les rend plus vulnérables puisque la durée de la saison où le couvert de neige sera suffisant pour permettre la circulation des motoneiges tendra à s'écourter avec le réchauffement hivernal prévu.

En période estivale, les épisodes de pluies torrentielles pourraient multiplier les refoulements d'égouts des habitations de Ferme-Neuve, qui est plus **exposée** à ce genre d'événement en raison de l'état de ses infrastructures.

Finalement, les auteurs estiment que les deux communautés sont **exposées** à la formation d'embâcles sur la rivière du Lièvre, ce qui pourrait causer des inondations hivernales.

Conclusions de l'étude

Les auteurs de l'étude ont jugé que Ferme-Neuve était la plus vulnérable des deux communautés. Bien que son capital social soit plus élevé que celui de Mont-Laurier, son **économie mono-industrielle** basée principalement sur le tourisme la rend plus dépendante des aléas climatiques. En effet, Mont-Laurier possède une économie plus diversifiée et est susceptible, dans une moindre mesure, d'être affectée par les aléas climatiques. De plus, le

changement dans la **composition démographique** de Ferme-Neuve pourrait augmenter son **exposition** aux événements climatiques extrêmes comme les inondations.

Heureusement, la présence de services de santé, d'institutions d'enseignement et de plusieurs services régionaux et provinciaux basés à Mont-Laurier **augmentent la capacité d'adaptation** des deux communautés. De plus, l'appui des services externes contribue à **l'atténuation des expositions** des deux communautés aux événements climatiques extrêmes et **réduit leur vulnérabilité**.

Vulnérabilité des écosystèmes forestiers et de l'industrie forestière

Un rapport réalisé en 2012 analyse l'expérience du projet « Le Bourdon » issu du programme des collectivités forestières du Canada, du point de vue de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'industrie forestière et des écosystèmes forestiers face aux changements climatiques.

Le projet rassemblait divers participants impliqués directement ou indirectement dans trois secteurs :

- Le secteur des ressources rassemblait les acteurs issus de la transformation, de la planification, de l'exploitation, de la protection, de l'industrie acéricole et du secteur des produits forestiers non-ligneux;
- Le secteur des services comprenait pour sa part les acteurs du récréotourisme, la chasse et la pêche, le trappage des animaux à fourrure;
- Finalement, le secteur du patrimoine et de l'environnement incluait les acteurs issus de la conservation, des valeurs environnementales et de patrimoine naturel et humain associés à la forêt. Les responsables de parcs, les gestionnaires de bassins versants, le regroupement pour la conservation et la biodiversité et les autochtones étaient compris dans ce groupe.

Les participants des trois groupes ont soulevé une série d'impacts susceptibles d'augmenter la vulnérabilité de chacun de ces secteurs. Ceux étant liés à l'eau, ayant une influence sur le cycle de l'eau et les composantes des systèmes s'y rattachant ont été résumées ici.

Secteur des Ressources

- Augmentation des coûts d'entretien des infrastructures d'accès au territoire (moins de chemins d'hiver, dommages aux infrastructures routières, aux traverses de cours d'eau...);
- Suspension des activités de récolte (dans des conditions où les sols sont gorgés d'eau).
N.B. : Ces deux impacts ont le potentiel de générer plus de matières en suspension dans les cours d'eau

Secteur du Patrimoine et de l'environnement

- Qualité des habitats aquatiques et riverains compromise (réchauffement de l'eau et des phénomènes de crues subites);
- Érosion de la biodiversité :
 - Diminution des populations ou disparition d'espèces vulnérables, menacées ou en voie d'extinction (VME);
 - Invasion d'espèces exotiques envahissantes;
 - Augmentation des populations d'espèces indigènes habituellement observées à des niveaux d'effectifs de population plus faibles).
- Augmentation des besoins de conservation des écosystèmes;
- Augmentation des pressions engendrées par les activités récréatives sur les écosystèmes, engendrées par la prolongation de la saison estivale;
- Érosion des rives et sédimentation des fosses de sédimentation;
- Augmentation des coûts de gestion des barrages.

Trois secteurs (Ressources, Patrimoine et environnement et Services)

- Augmentation de la vulnérabilité des populations humaines du point de vue de la sécurité civile : multiplication des feux de forêts (sécheresse) et des inondations (dont les ruptures de barrages), interruption de l'accès au réseau routier sur le territoire, etc.

Les impacts susceptibles de rentre les acteurs du secteur des **Services** vulnérables n'ont pas été répertoriés dans le cadre de la rédaction de cet outil d'aide à la décision puisqu'ils n'impliquaient pas directement de processus hydroclimatiques ou de composantes liées à la ressource en eau.

Le Plan régional de développement intégré des ressources et du territoire (*PRDIRT*) de la défunte Commission régionale des Ressources Naturelles et du Territoire (CRRNT) des Laurentides regroupe des objectifs d'aménagement. Ceux-ci ont également fait l'objet d'une évaluation de leur **sensibilité** aux changements climatiques (tableau 15) dans le cadre du projet « Le Bourdon ».

Tableau 15. Évaluation de la sensibilité aux changements climatiques des objectifs d'aménagement associés aux enjeux du PRDIRT de la CCRNT des Laurentides

ENJEUX	SENSIBILITÉ AUX CC		
	FAIBLE	MODÉRÉE	ÉLEVÉE
1. DIMENSION SOCIALE			
1.1. Enjeux de développement social			
1.1.1. La participation du milieu régional à la mise en valeur des ressources naturelles et du territoire	X		
1.1.2. La mise en valeur des ressources doit générer une prospérité économique favorable au progrès social	X		
1.1.3. Le développement d'un partenariat avec les communautés autochtones	X		
1.2. Enjeux reliés à l'eau			
1.2.1. L'accessibilité aux lacs et cours d'eau	X		
1.2.2. La mise en valeur du réseau des grandes rivières		X	
1.2.3. La qualité de la ressource eau			X
2. DIMENSION ENVIRONNEMENTALE			
2.1. Enjeux forestiers et aménagement écosystémique			
2.1.1. La diminution de la proportion des forêts mûres et surannées			X
2.1.2. La modification de l'organisation spatiale des forêts			X
2.1.3. La modification de la composition végétale de la forêt			X
2.1.4. La raréfaction de certaines formes de bois mort	X		
2.1.5. La modification des structures internes des peuplements		X	
2.1.6. Le maintien de l'habitat d'espèces fauniques et floristiques sensibles à l'aménagement forestier			X
2.1.7. L'acquisition de connaissances concernant les concepts de base et la mise en oeuvre de l'aménagement écosystémique		X	
2.1.8. La productivité des forêts et les aires d'intensification de la production ligneuse			X
2.2. Enjeux fauniques			
2.2.1. La pérennité des ressources fauniques exploitées.			X
2.2.2. La création ou la modification des limites des territoires fauniques structurés .		X	
2.3. Enjeux de conservation			
2.3.1. La pérennité des territoires naturels			X
2.3.2. La préservation et la mise en valeur d'un réseau de territoire de conservation			X
2.3.3. La mise en valeur du réseau d'aires protégées			X
2.3.4. La préservation et la mise en valeur des paysages			X
3. DIMENSION ÉCONOMIQUE			
3.1. Enjeux de développement économique			
3.1.1. La diversification de l'économie des ressources naturelles			X
3.1.2. La relance de l'industrie forestière			X
3.1.3. La certification des territoires forestiers			X
3.1.4. L'accroissement des retombées économiques des territoires d'exploitation faunique structurés		X	
3.2. Enjeux de villégiature et de récréotourisme			
3.2.1. La mise en valeur du potentiel récréotouristique		X	
3.2.2. La diversification et l'accroissement de l'offre de villégiature		X	
4. DIMENSION TERRITORIALE			
4.1. Enjeux territoriaux			
4.1.1. Accessibilité au territoire			X
4.1.2. L'harmonisation des usages sur le réseau routier	X		
4.1.3. Le réseau des sentiers récréatifs motorisés	X		

Tiré de Doyon *et al.*, 2011

La qualité de l'eau est considérée comme ayant une sensibilité élevée aux impacts des changements climatiques. Dans le même ordre d'idée, il est à noter que les enjeux de conservation, qui peuvent avoir une influence dans plusieurs processus hydrologiques, ont également tous été évalués comme ayant une sensibilité élevée aux changements climatiques.

Pour le sud du Québec, incluant la ZGIE du COBALI, le projet « Le Bourdon » relève en bref les vulnérabilités suivantes :

Vulnérabilités

- Migration des espèces et d'espèces invasives non-indigènes
- Augmentation de l'évapotranspiration qui aggrave les conflits de l'utilisation de l'eau

- Dégradation et perte de zones humides
- Augmentation des risques pour les espèces menacées
- L'insecte *Lymantria dispar* (la spongieuse) menace les feuillus
- Augmentation de la fréquence des feux de forêt dans l'ouest du Québec; diminution dans l'Est
- Augmentation des opérations de récolte de bois de récupération
- Changements dans la biodiversité régionale

Opportunités

- Changement positif dans la productivité

Autres vulnérabilités associées aux impacts des changements climatiques

Voici en bref d'autres vulnérabilités qui n'ont pas été mentionnées précédemment et qui sont associées aux changements climatiques :

- Augmentation de la vulnérabilité des villégiateurs circulant sur les plans d'eau gelés l'hiver en raison des redoux hivernaux qui diminueront l'épaisseur de la glace
- Augmentation de la vulnérabilité des écosystèmes en général et de la faune qui les côtoient
- Modification dans les patrons de recharge des nappes d'eau souterraines
- Entrave à la circulation de la faune aquatique durant les périodes d'étiage qui se prolongeront
- Augmentation de l'exposition des riverains aux éclosions de cyanobactéries (puisque les conditions favorables se multiplieront) et perte de jouissance des riverains associée à ces épisodes
- Perte de valeur immobilière des propriétés riveraines des lacs dont le processus d'eutrophisation sera accélérée en raison du réchauffement de l'eau
- Augmentation de la pression sur les ouvrages d'épuration des eaux en raison des fortes pluies

De la vulnérabilité à l'adaptation

Les défis de développement sont réels pour les services d'aménagement et d'urbanisme des municipalités et des MRC de la ZGIE du COBALI. La vulnérabilité des communautés qu'ils soutiennent pourrait amplifier les impacts des aléas climatiques futurs. Puisque la participation des intervenants est une première étape essentielle dans le processus d'évaluation des études de la vulnérabilité (Lim *et al.*, 2005), il est impératif que les instances décisionnelles travaillent en amont du processus en commençant dès aujourd'hui à inclure l'adaptation aux changements climatiques à leur agenda; adaptation qui doit tenir compte des vulnérabilités de leur communauté.

Les sections qui suivent décrivent les étapes de réalisation d'un tel plan. À la lumière des constats de la section précédente, le COBALI présente également des pistes d'action à prioriser

afin de mettre en œuvre des actions préventives, moins onéreuses que les actions réactives. Ces dernières ont été choisies parce qu'elles sont faciles à mettre en place, parce qu'elles répondent à un risque majeur qui compromet la santé et la sécurité de la population de la ZGIE du COBALI ou parce qu'elles offrent des partenariats intéressants pouvant faire l'objet de financement.

6- Le plan d'adaptation aux changements climatiques

Le gouvernement du Québec s'est outillé d'une Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques visant à accroître la résilience de la société québécoise et à gérer les risques de manière à réduire les vulnérabilités sociales, économiques et environnementales. (MDDELCC, 2017)

Une appropriation régionale et locale des enjeux est essentielle à une adaptation réussie. À cet effet, l'implication des acteurs de l'eau régionaux et locaux est indispensable pour implanter des solutions d'adaptation appropriées. La mise en œuvre de la Stratégie d'adaptation est appuyée par le Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques, dont les deux objectifs fondamentaux sont la réduction des émissions de GES et l'adaptation aux impacts des changements climatiques (*Ibid.*).

« Les mesures d'adaptation aux changements climatiques pourraient permettre aux Canadiens d'économiser des milliards de dollars, et voir à ce que le Canada soit capable de relever un défi auquel seront bientôt confrontées toutes les collectivités de la planète. »

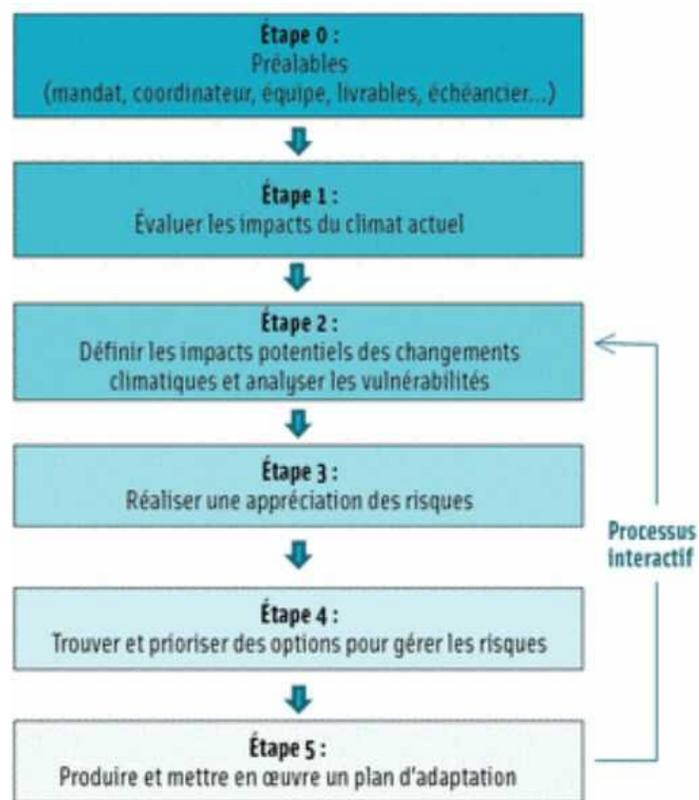
- Fédération Canadienne des municipalités, 2017

Il n'y a pas que des avantages économiques à s'adapter aux changements climatiques. Le Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH), de concert avec Ouranos (2010) identifie qu'une planification proactive face aux incertitudes associées aux changements climatiques permet aux municipalités :

1. D'aborder d'autres enjeux comme le renouvellement des infrastructures, d'élaborer un plan de mesures d'urgence, de conserver des milieux humides, etc.);
2. De saisir les opportunités qui pourraient se présenter comme par exemple le développement de nouveaux secteurs touristiques et
3. De projeter l'image d'une municipalité proactive qui fait figure de modèle en matière de changements climatiques et d'environnement

De plus, certaines mesures visant l'adaptation aux changements climatiques sont «sans regrets», c'est-à-dire qu'elles comportent des avantages, que les impacts appréhendés surviennent ou non. Finalement, d'une façon générale, s'adapter aux changements climatiques permet aux administrations municipales d'économiser temps et argent, d'améliorer les conditions de vie de leurs citoyens et de les protéger des impacts liés au climat présent et futur

L'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques, comprend d'ordinaire les étapes suivantes :



Source : MAMOT et Ouranos, 2010

Figure 31. Les étapes d'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques

Dans le présent document, le lecteur a été informé des éléments devant paraître aux étapes 1 et 2.

Dans les sections qui suivent, le lecteur est invité à se familiariser avec les différentes étapes de l'élaboration d'un plan d'adaptation. Il peut également consulter l'annexe 3, qui reprend certaines d'entre elles dans des extraits du plan d'adaptation aux changements climatiques de la communauté métropolitaine de Montréal.

6.1 Analyse du risque

L'analyse du risque ou appréciation des risques, vise à orienter les acteurs de l'eau dans l'identification des risques inhérents aux événements engendrés par les changements climatiques. L'exercice ne sera pas réalisé dans le cadre de la rédaction du présent outil d'aide à la décision. Aussi, les acteurs de l'eau sont fortement encouragés à dresser une liste des risques selon les méthodes proposées dans la présente section. Ceux-ci pourront ensuite faire l'objet d'une priorisation et, ultimement, d'une stratégie d'adaptation pour y faire face.

Bien que la notion de risque puisse paraître évidente, voici quelques concepts phares.

Tableau 16. Vocabulaire du risque

Terme	Définition
Risque	Conséquence éventuelle et incertaine d'un événement sur quelque chose ayant une valeur, compte dument tenu de la diversité des valeurs. Il est souvent représenté comme la probabilité d'occurrence de tendances ou d'évènements dangereux que viennent amplifier les conséquences de tels phénomènes lorsqu'ils se produisent.
Risque climatique	Combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement climatique (et de ses conséquences pouvant en résulter) sur les éléments vulnérables d'un milieu donné.
Analyse de risque	Précise les conditions d'occurrence d'événements indésirables (ou désirables). Dans une étude d'impact, l'analyse de risque est faite de manière quantitative. Elle agit sur la perception des gens par la présentation de scénarios. Ces scénarios conduisent à des événements indésirables en raison de leur fréquence et de la sévérité de leurs impacts.
Gestion du risque	La gestion des risques est une démarche simple et crédible pour déterminer et classer des risques, et pour choisir les meilleures stratégies d'atténuation des risques.

Source : Bouthillier, 2014; MSP, 2008; GIEC, 2001 et 2007 (cité dans Ouranos, 2014); FCM, 2010

L'analyse du risque permet de remplir deux objectifs :

1. Cerner l'incertitude (rendre explicites les causes des événements indésirables) et
2. Rendre les risques tolérables.

Pour ce faire, il est nécessaire d'acquérir des connaissances relativement aux trois éléments suivants (figure 33):

$$\text{Risque} \approx f(\text{probabilité de l'aléa} \times \text{exposition} \times \text{vulnérabilité})$$

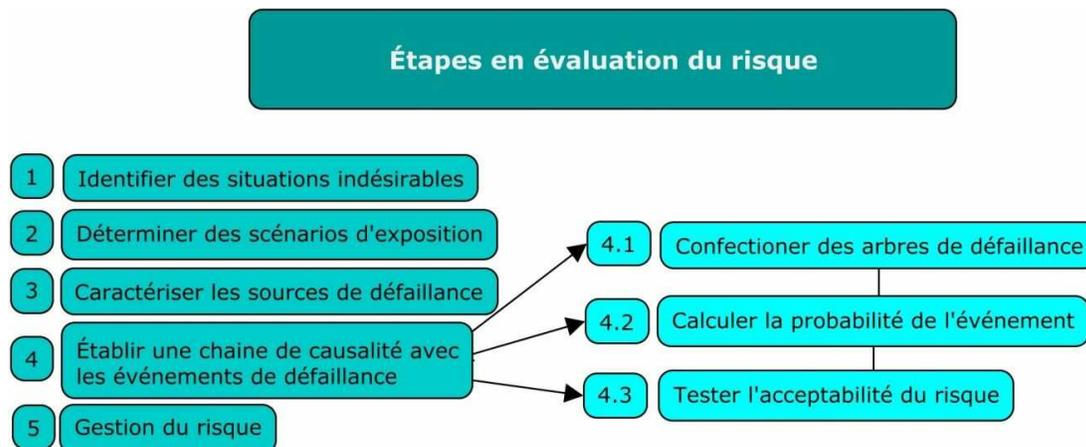
Source : Charron, 2017

Figure 32. Éléments de l'analyse du risque

Des informations supplémentaires doivent être recherchées par les acteurs de l'eau relativement à l'exposition et à la vulnérabilité des composantes comprises dans le territoire visé. Les acteurs de l'eau doivent ensuite procéder à **l'évaluation des probabilités d'aléas** (qu'ils soient climatiques, hydroclimatiques ou sismiques). Certaines de ces probabilités se retrouvent de manière **qualitative** ou **quantitative** dans les rapports d'experts comme celui d'Ouranos (2014), du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ, 2015) ou de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (Guay, Minville et Braun, 2015; Guay, 2017).

Méthodes d'analyse du risque

Il n'existe pas de méthode fixe concernant l'analyse du risque. La personne chargée de réaliser cette étape choisira la méthode qu'elle aura jugé la plus appropriée. Il existe néanmoins des étapes clés pour ce faire (figure 34).



Source : Adapté de Bouthillier, 2014

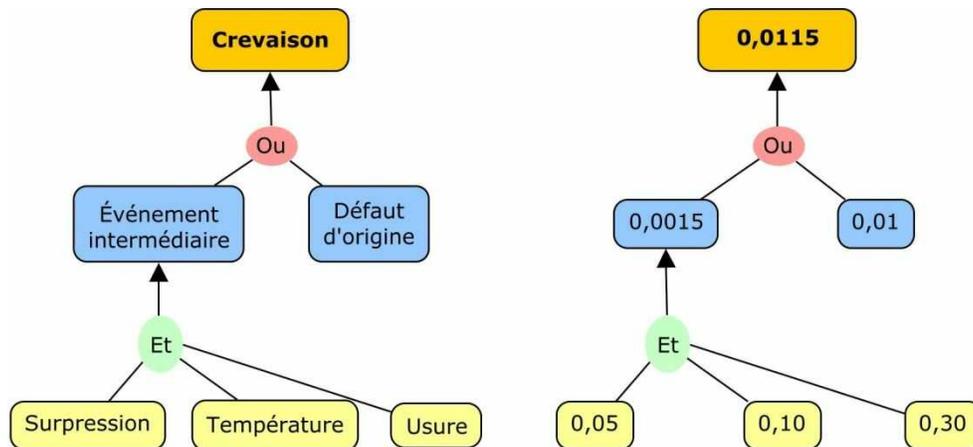
Figure 33. Étapes en évaluation du risque

L'arbre de défaillance (étape 4.1) est une association de l'événement indésirable à une chaîne de causes pour lesquels il existe une espérance mathématique à leur occurrence. La confection d'arbres de défaillance est donc utile pour décrire de manière quantitative la probabilité de l'aléa.

Après avoir dressé les causes d'un événement indésirable, chacune d'elles peut être remplacée par une probabilité que l'événement intermédiaire survienne.

Les entreteneurs peuvent être définis par les entrées « et » et « ou ». Le calcul de la probabilité (espérance mathématique) se fera de la façon suivante, en fonction du déterminant choisi :

- Inclusivement :
 - $P(A \text{ et } B) = p(A) \times p(B)$
- Exclusivement :
 - $P(A \text{ ou } B) = p(A) + p(B) - [(p(A) \times p(B))]$



Source : Laboratoire Bell, 1962; Cité dans Bouthillier, 2014

Figure 34. Exemple de calcul des probabilités via un arbre de défaillance du risque qu’une crevaison survienne sur un véhicule

Bien que cette méthode soit efficace pour qualifier l’ampleur des risques, il n’est pas toujours possible de chiffrer les probabilités d’occurrence de l’événement. Dans ce cas, une analyse qualitative des risques permet également de les ordonner. Il existe des méthodes de classification à cet effet. Aussi, le lecteur est invité à consulter le document élaboré par le MAMOT et Ouranos à l’attention des municipalités (2010) pour plus de détails.

Ultimement, les étapes d’évaluation du risque (méthode quantitative ou qualitative) mènent à une classification des **niveaux de risque**.

Probabilité d’occurrence	Conséquence(s) sur un système ou une activité				
	Non significative	Mineure	Modérée	Majeure	Catastrophique
Presque certain	Moyen	Moyen	Élevé	Extrême	Extrême
Probable	Faible	Moyen	Élevé	Élevé	Extrême
Possible	Faible	Moyen	Moyen	Élevé	Élevé
Peu probable	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Moyen
Rare	Faible	Faible	Faible	Faible	Moyen

Source : Adapté de Australian Greenhouse Office, 2006; Cité par Ouranos, 2010

Figure 35. Exemple d’évaluation qualitative des niveaux de risque

Forts de cette analyse, les acteurs de l'eau peuvent procéder à l'évaluation de l'**acceptabilité du risque** (aussi appelée appréciation des risques). La démarche cherche à répondre à la question « ce risque est-il acceptable? ».

Probabilité du risque	Sévérité des impacts			
	Faible [0 à 20]%	Moyen [21 à 45]%	Élevé [46 à 65] %	Extrême [66 à 100] %
Presque certain] 90 à 100] %				
Probable] 50 à 90] %				
Possible] 25 à 49] %				
Peu probable [0 à 25]%				

Source : Adapté de Bouthillier, 2014

Figure 36. Abaque de l'acceptabilité d'un risque donné

L'analyse de risque est une étape essentielle à la priorisation des actions d'adaptation sur laquelle une attention adéquate doit être portée. En son absence, une maladaptation des communautés ignorant les risques engendrés par les changements climatiques pourrait en émaner.

Priorisation des options pour la gestion des risques

Une fois l'analyse de risque évaluée, une hiérarchisation des objectifs d'adaptation peut être entamée afin de dégager les options les mieux adaptées pour gérer les risques qui auront été identifiés à l'étape précédente. Pour ce faire, il est important de déterminer au préalable les objectifs d'adaptation à atteindre. Ces objectifs peuvent se référer à des notions de seuils devant (ou ne devant pas) être atteints. Les options d'adaptation peuvent agir sur deux aspects d'un impact lié aux changements climatiques : l'ampleur des conséquences, la probabilité d'occurrence (ou les deux). Il peut également être utile de décrire les mesures déjà en place pour réduire les risques qui y sont associés.

Des suites de la documentation des options d'adaptation, la priorisation peut être entamée. Les critères d'évaluation sur lesquels les choix d'options sont basés seront décrits à cette étape. Voici quelques exemples de critères d'évaluation :

- L'équité
- Le moment dans le temps (résultats attendus à court ou à long terme)
- La création d'autres risques dans une autre zone ou pour une autre partie de la population (maldaptation)
- Opportunités engendrées par la mesure
- Effet multiplicateur (la mesure répond à plusieurs enjeux en même temps)
- L'acceptabilité sociale et politique
- Les effets sur l'économie (stimule ou nuit à l'économie régionale?)
- Le rapport coûts-bénéfices (coûts des mesures par rapport aux avantages procurés)
- Financement disponible

Les mesures devant être mises en place seront généralement regroupées en enjeux. Par exemple, la gestion des eaux pluviales répond à l'enjeu du maintien et de l'amélioration de la qualité de l'eau. Cette gestion doit s'effectuer à la source, ce qui nécessite de mettre sur pied une série de mesures (réduction de surfaces imperméables, gestion et augmentation du nombre de bassins de sédimentation et du budget alloué à leur entretien, aménagement de noues végétalisées, etc.).

L'analyse économique des solutions d'adaptation

Le rapport « Évaluations des avantages et des coûts de l'adaptation aux changements climatiques », réalisé sous la direction d'Ouranos, présente les principaux éléments à considérer dans l'utilisation d'outils d'aide à la décision, tels que les méthodes d'évaluation économique ainsi que les considérations relatives au risque et à l'équité. Les outils et les méthodes présentés dans ce document ne diffèrent pas substantiellement des outils couramment utilisés dans la planification économique, mais prennent une importance et une complexité accrue dans le contexte d'incertitude et de long terme qui caractérise la problématique des changements climatiques. Le rapport présente les outils d'aide à la décision disponibles pour éclairer les gestionnaires dans leurs choix de stratégies d'adaptation, soit l'analyse financière, l'analyse coûts-avantages, l'analyse coûts-efficacité et l'analyse multi-critères. Il propose et présente également les techniques d'évaluation permettant de quantifier en termes économiques les impacts des changements climatiques ainsi que les avantages des stratégies d'adaptation.

Tiré d'Ouranos, 2010

6.2 Gestion du risque

Cette étape dans l'élaboration d'un plan d'adaptation au changement climatique doit proposer les options d'adaptation qui permettront de gérer les risques. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour établir les options d'adaptation. Il est toutefois important que les options proposées comprennent les **impacts à gérer** et les **unités responsables** de l'application des mesures. Les acteurs de l'eau peuvent **subdiviser les actions selon le type de mesure** (outils d'aide à la décision, politiques, normes et règlements, sensibilisation, technologies, suivi, données, financement, planification, etc.). De plus, les options présentant des avantages

particuliers (co-bénéfices) ou permettant de réduire les émissions de GES peuvent y être détaillées.

Chaque mesure choisie devra posséder une **unité responsable de sa mise en œuvre**, ainsi qu'un échéancier préalablement fixé. La section peut également contenir les informations suivantes :

- Les actions déjà en place qui permet de protéger les systèmes considérés contre les changements climatiques
- Les politiques et stratégies déjà existantes dans lesquelles il est possible d'y intégrer l'adaptation aux changements climatiques (plan d'urbanisme, schéma d'aménagement, etc.)
- Une description de la méthodologie de priorisation des options (dont la liste des critères préconisés pour élaborer ce processus)
- Des suggestions d'actions pour les acteurs individuels et privés (industriels, commerciaux et citoyens)

6.3 Calendrier de mise en œuvre

Selon Ouranos (2010), « un plan sans calendrier d'exécution ne peut être pris au sérieux. Le calendrier de mise en œuvre est un élément central du plan d'adaptation qui lui donnera plus de crédibilité et qui aidera à maintenir l'intérêt des acteurs ».

Cette section décrit de manière pragmatique le calendrier de la mise en œuvre du plan d'adaptation. Les éléments suivants doivent y figurer :

Les personnes ou groupes responsables

- Les personnes, groupes, unités responsables de la mise en œuvre du plan d'adaptation
- Le mandat de ces personnes (aide à la définition des politiques climatiques, mise en place des actions, animation à l'interne de l'ensemble des acteurs mobilisés, évaluation des impacts des politiques, suivi des actions, etc.)

Les moyens pour la mise en œuvre

- Les ressources (économiques, techniques, humaines, etc.) nécessaires et les obstacles possibles à la mise en œuvre des stratégies d'adaptation.
- Les prochaines étapes à suivre, incluant une liste de tâches que le personnel municipal assigné devra accomplir, telles que rédiger des documents de communication pour réaliser et promouvoir le plan.

Un échéancier

- La date prévue du premier examen des progrès réalisés dans la mise en œuvre du plan et la fréquence à laquelle ce type d'examen sera produit (biannuelle ou annuelle, etc.).
- La date de mise en œuvre des différentes mesures

Les mécanismes de suivi

- Une liste d'indicateurs de performance afin d'évaluer les progrès réalisés dans la mise en œuvre du plan d'adaptation

6.4 Mécanismes de suivi et de mise à jour

Selon Ouranos (2010), « la mise en place de mécanismes institutionnels de suivi et de mise à jour s'avèrera indispensable pour démontrer que le plan d'adaptation donne les résultats escomptés ou que la municipalité se donne les moyens de faire les ajustements nécessaires dans le cas contraire. Le suivi consiste à mesurer le progrès réalisé, à revoir les hypothèses de base sur lesquelles reposent les analyses de vulnérabilité et de risque et à effectuer la mise à jour du plan ».

Cette section présente les mécanismes prévus pour assurer le suivi et la mise à jour périodique du plan d'adaptation. Elle peut inclure :

- Une liste d'indicateurs de performance afin d'évaluer l'efficacité des mesures et stratégies d'adaptation et l'évaluation des progrès réalisés en matière d'adaptation aux changements climatiques;
- Une description du mécanisme mis en place pour être au courant des nouvelles informations disponibles sur les changements climatiques et pour ajuster les stratégies en fonction de ces informations
- La fréquence des mises à jour (annuelle, biannuelle, etc.) et les échéances prévues pour les premières révisions

Les questions suivantes peuvent être posées à cette étape, ce qui permettra d'étayer les mesures de rectification, le cas échéant.

1. Les autorités locales, la population et les autres intervenants se sentent-ils concernés par l'adaptation aux changements climatiques (évaluation par sondage)?
2. La capacité technique des acteurs et des utilisateurs de l'eau à faire face aux impacts des changements climatiques a-t-elle été améliorée (experts techniques engagés, organisation de forums d'échanges)?
3. Les différents aspects liés au climat sont-ils pris en considération dans le processus de prise de décision dans les secteurs prioritaires d'action?
4. Les actions augmentent-elles ou maintiennent-elles la capacité d'adaptation des systèmes bâti, social et naturel qui a été ciblée dans votre plan d'action?
5. Les différents acteurs municipaux (autorités, population, entreprises privées, etc.) sont-ils engagés dans la mise en œuvre du plan?

6.5 Communication et diffusion

Cette étape clé du plan d'adaptation consiste à préparer et à mettre en œuvre un plan de diffusion et de communication pour s'assurer d'obtenir l'appui des acteurs municipaux et des parties prenantes (citoyens, entreprises, institutions, etc.). Cette communication doit viser à atteindre **plusieurs publics cibles**. En effet, le plan d'adaptation doit être adopté par le conseil municipal et mis en œuvre par les employés de la municipalité. Les parties prenantes devront ensuite se mobiliser pour réaliser les actions envisagées.

De fait, cette section du plan d'adaptation décrit les mesures prévues pour maintenir (ou pour favoriser) la dynamique de concertation ainsi que l'implication des intervenants clés et des citoyens. En effet, certaines mesures nécessiteront la collaboration des acteurs de plusieurs domaines, par exemple la gestion des eaux de pluie, la revégétalisation des rives, la plantation d'arbres, etc.

6.6 Les ressources financières disponibles

La fédération canadienne des municipalités (FCM) a lancé un vaste programme de financement de projets d'adaptation aux changements climatiques qui vient en aide à toutes les municipalités canadiennes. L'élaboration du plan d'adaptation aux changements climatiques fait partie des démarches admissibles à ce programme. De plus, la FCM offre de l'accompagnement auprès des municipalités en démarche d'adaptation. Cette ressource est gratuite et les municipalités sont invitées à communiquer avec un conseiller de la FCM afin de connaître les modalités d'admissibilité plus en détail.

Le programme *Action-Climat* du fonds d'action québécois pour le développement durable du gouvernement offre également du financement pour certains projets d'envergure régionale et locale.

Aussi, le Regroupement des organismes de bassin versant (ROBVQ) a lancé le projet *Rés'Alliance* qui orchestre la mise en œuvre d'actions d'adaptation concrètes en partenariat avec les communautés locales.

7- Recommandations : les priorités d'action des acteurs de l'eau de la ZGIE du COBALI

Dans le cadre de la mise à jour de la deuxième édition du Plan directeur de l'eau, des enjeux prioritaires ont été ciblés via des consultations publiques organisées par le COBALI. Il est à noter que les changements climatiques bien que soulevés comme une préoccupation importante ne se sont pas retrouvés en tête de liste des acteurs et des utilisateurs de l'eau de sa ZGIE. Cela pourrait être expliqué par le constat tiré de Tanguay et Viau (2012):

« Pour les communautés étudiées, les changements des conditions météorologiques sont présents, mais de façon subtile. Généralement, les communautés croient que le changement climatique se manifeste ailleurs dans le monde et se sentent à l'abri de ces impacts ».

Plusieurs des enjeux identifiés lors de ces consultations publiques ont le potentiel d'être touchés par les aléas climatiques anticipés (ou bien le sont déjà actuellement). Dans cette perspective, le COBALI propose de prioriser les actions suivantes. Toutefois, ce sont les acteurs de l'eau qui sont les plus habilités à prioriser les étapes de mise en œuvre d'actions d'adaptation, à la lumière des informations dont ils disposent relativement aux caractéristiques du système considéré. Les actions prioritaires identifiées par le COBALI n'ont toutefois pas fait l'objet d'une appréciation des risques en bonne et due forme en raison des limitations inhérentes à la réalisation de cet outil d'aide à la décision. Voici les critères qui ont néanmoins permis d'arrêter les choix sur les actions présentées dans la section suivante :

1. La simplicité de mise en place des mesures d'adaptation
2. L'opportunité qu'offrent les options choisies à générer des co-bénéfices
3. L'ampleur des risques potentiellement engendrés par les changements climatiques sur les composantes du système et pouvant compromettre la santé et la sécurité de la population et des écosystèmes de la ZGIE du COBALI
4. L'efficacité reconnue de mesures mises en place dans le cadre de plan d'adaptation aux changements climatiques d'autres communautés comme celui de la communauté métropolitaine de Montréal
5. Les faibles coûts associés au caractère préventif des actions d'adaptation choisies

« Chaque dollar investi en prévention génère une économie de 4 dollars en coûts évités. »

- Federal Emergency Management Agency, 2016; Cité par Alain Bourque (Ouranos) au sujet des actions d'adaptation aux changements climatiques (2017)

Gestion des eaux pluviales

Voici un rappel des impacts engendrés par les pluies sur les différentes composantes de la ZGIE du COBALI :

- Augmentation du ruissellement des eaux de surface en milieu développé résultant de l'imperméabilisation des sols
 - Transport d'une panoplie de polluants dans le système hydrique: sels de déglacage, métaux lourds, nanométaux, matières en suspension, huiles usées, pesticides, etc.
 - Diminution de la biodiversité associée aux milieux hydriques
 - Augmentation du transport de sédiments dû à une hydraulicité des pluies plus grande
 - Besoins d'entretien des bassins de sédimentation multipliés
 - Érosion de la partie fertile des terres agricoles dont le sol est à nu
- Multiplication des épisodes de surverse dus à l'augmentation des événements convectifs tels que les orages estivaux de fin de journée
 - Augmentation de la concentration en coliformes fécaux des cours d'eau pendant les périodes d'étiages
 - Multiplication des refoulements d'égouts
- Augmentation des débits de pointe des cours d'eau dû aux épisodes de pluies extrêmes
 - Multiplication des bris de traverses de cours d'eau
 - Réduction des succès de pêche dû à l'ensablement des frayères de salmonidés
- Diminution généralisée de la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes et des utilisateurs de l'eau.
 - Augmentation des maladies d'origine hydrique

Afin de répondre à l'ensemble de ces problématiques, la mise en place de pratiques de gestion optimale (PGO) dans la gestion des eaux pluviales peut faire réduire les impacts décrits précédemment. Voici quelques exemples :

- Revalorisation des eaux pluviales
- Noues végétalisées
- Rigoles engazonnées ou enherbées
- Bassins d'infiltration (jardins de pluie)
- Toits verts
- Barils de pluie

- Bassins de rétention intégrés aux bassins de drainage naturels (système d'étangs pluviaux disposés pour assurer une logique de connectivité du territoire afin de recueillir un maximum d'eaux pluviales)
- Redimensionnement des ponceaux
- Chaussée perméable avec lit d'infiltration
- Restricteurs de débits associés au stockage sur les surfaces imperméables comme pour les grands stationnements
- Gestion en temps réel des réseaux d'eaux pluviales
- Diminution des surfaces imperméables directement connectées aux réseaux d'égout (débranchement des gouttières, etc.)
- Conservation des milieux naturels, en particuliers les milieux humides
- Augmentation de la canopée urbaine

Le guide de gestion des eaux pluviales du Gouvernement du Québec (2011) présente un aperçu complet des approches et des techniques permettant de minimiser les impacts hydrologiques pouvant être associés au développement urbain. Aussi, le lecteur qui souhaite approfondir ses connaissances en matière de gestion des eaux pluviales est invité à consulter ce document.

Bien qu'il n'existe pas de solution unique pour assurer une gestion optimale des eaux pluviales, il faut néanmoins tenir compte de la nature spécifique du problème et du contexte particulier (terrain, type de sol, utilisation et occupation du territoire, etc.). Les solutions d'ingénierie sont certes utiles, mais elles ne peuvent à elles seules solutionner les problèmes de drainage dans un contexte urbain où le risque soumis par les changements climatiques est évolutif et où d'autres composantes, tel l'aménagement du territoire, jouent un rôle déterminant.

En ce qui a trait à l'installation ou à la réfection des ponceaux en milieu municipal, le dimensionnement des nouveaux ponceaux devra être revu à la hausse afin d'anticiper des débits plus importants.



Source : Cité dans Charron, 2017

Figure 37. Projets de noue végétalisée en milieu imperméabilisé

Approvisionnement en eau potable des riverains adjacents à un milieu lacustre

Il est reconnu que les changements climatiques auront un impact négatif sur la qualité et la quantité de l'eau disponible à des fins de consommation et de récréation pour l'humain (Giguère et Gosselin, 2006). En somme, la baisse des niveaux et des débits des cours d'eau (étiage) et la modification du régime pluviométrique sont les principaux facteurs mis en cause. Le débit plus faible et la hausse des températures pourraient par ailleurs réduire le renouvellement de l'eau, la dilution de matières organiques et des substances chimiques dans les eaux de surface et pourrait, à terme, favoriser la prolifération d'algues, de bactéries et de cyanobactéries (EC, 2005; Ouranos, 2004; Saint-Laurent Vision 2000; INSPQ, 2009). Or, le COBALI est bien au fait de situations où des riverains s'approvisionnent en eau potable dans les eaux d'un lac adjacent à leur résidence. Considérant les risques que ce genre de comportement pourrait engendrer pour la santé humaine, il sera important de travailler à sensibiliser les utilisateurs de l'eau afin de limiter les cas de maladies d'origine hydrique engendrés par des proliférations de cyanobactéries, par exemple.

Bien qu'elles ne s'approvisionnent pas dans les réserves d'un lac, les municipalités de Ferme-Neuve, de Mont-Laurier et de Gatineau (secteur de Buckingham) s'approvisionnent dans la rivière du Lièvre, tandis que la municipalité de Thurso s'approvisionne dans la rivière Blanche (MDDELCC, 2017). Ces municipalités consomment une eau dont la qualité dépend de son utilisation et des efforts de protection de la ressource des municipalités situées en amont du bassin versant. Entre autres, une attention doit être portée pour réduire les polluants de toutes sortes en provenance de différentes activités dans le bassin versant.

Aménagement du territoire dans les zones de contraintes

Inondations

Tel que mentionné précédemment, les changements climatiques pourraient générer des modifications dans les régimes de crue saisonnière, ce qui pourrait avoir des conséquences importantes sur l'environnement bâti et sur les écosystèmes.

Considérant que les précipitations annuelles sont susceptibles d'augmenter, les experts s'entendent pour dire que les cartes délimitant les zones inondables présentement disponibles devront être revues selon des paramètres précis (nouvelles cotes de crues modélisées à l'échelle d'un bassin versant donné). En effet, les schémas d'aménagement et de développement des MRC comprises dans la ZGIE du COBALI illustrent généralement les zones inondables décrites par les crues vicennales (soient les crues qui surviennent une fois aux vingt ans). Considérant

que la récurrence des épisodes de crues extrêmes pourrait être divisée par deux, ces cartes devront également être revues. Elles devraient idéalement illustrer les zones inondables des crues cinquentennales, voire centennale (crues dont la probabilité d'occurrence est d'une fois tous les 50 ou 100 ans). L'aménagement du territoire devra veiller à ce que la construction de bâtiments envisagée à l'intérieur de ces nouvelles zones soit limitée au maximum - voire prohibées - afin de diminuer les impacts des inondations.

Afin de mieux gérer les inondations, M. Antoine Verville (2017), directeur général du ROBVQ, recommande une gestion des cours d'eau par bassin versant en trois paliers. Premièrement, la gestion des eaux pluviales devra certes se faire sur tout le bassin versant, mais spécialement en amont. Le but étant de ralentir l'écoulement des eaux. Afin d'appuyer les professionnels municipaux souhaitant améliorer la manière dont les eaux de pluie sont gérées sur leur territoire, le ROBVQ a produit en 2016 un outil d'autodiagnostic municipal en gestion durable des eaux pluviales qui peut être consulté en ligne gratuitement.

Deuxièmement, il sera important de retarder la crue dans la partie médiane du bassin versant. À cet effet, la crue pourrait être emmagasinée dans les parties moins à risque. Un bon exemple de cette façon de faire qui gagne à être connue est celui de la rivière Coaticook, en Estrie. Le Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François (COGESAF) travaille actuellement à cartographier la mobilité de la rivière. Il se penchera ensuite sur l'application de l'approche par espace de liberté. Il s'agit de « l'approche par laquelle le cours d'eau opère naturellement dans un espace où les interventions et les infrastructures sont limitées, ce qui permet de réduire la vulnérabilité des citoyens et d'augmenter la résilience du cours d'eau face aux inondations et à l'érosion, phénomènes notamment amplifiés par les changements climatiques » (COGESAF, 2014). Les quatre municipalités dont cette rivière traverse le territoire sont présentement en discussion afin de rallier leur population à une intégration de cette approche à l'aménagement de leur territoire (ROBVQ, [s.d.]).

Troisièmement, à l'horizon 2050, il est envisageable que la capacité maximale du réservoir du lac du Poisson Blanc soit atteinte lors d'épisodes de crue exceptionnelle (voire dépassée), ce qui pourrait en diminuer sa capacité à réduire les débits en aval.

Les municipalités de Notre-Dame-du-Laus, de Notre-Dame-de-la-Salette et de L'Ange-Gardien doivent se préparer à une telle éventualité et revoir l'occupation du territoire à l'intérieur de la nouvelle zone inondable qui aura été définie selon les cotes de crues de récurrence cinquentennales et centennales. De plus, elles devront prévoir l'adaptation des infrastructures

existantes se trouvant à l'intérieur de cette nouvelle zone. Elles devront également prévoir un plan de contingence détaillé en cas de situation d'urgence (Verville, 2017).

Glissements de terrain

Les changements climatiques induiront une augmentation de l'intensité des pluies. Hormis ce qui a déjà été mentionné précédemment à ce sujet, une augmentation de la saturation en eau des sols, mais aussi du ruissellement des eaux de surface sont à anticiper. Ces impacts pourraient fragiliser la sécurité des riverains des cours d'eau de la ZGIE du COBALI. Il en va de même pour les citoyens habitant sur des sols issus de l'Argile de Leda, soit une bonne partie de la population habitant au sud de Val-des-Bois.

La revégétalisation des bandes riveraines dégradées est une priorité d'action du COBALI (Plan directeur de l'eau, 2^e édition, mise à jour 2018) car des rives dégradées engendrent une série d'impacts importants. Elles augmentent la vulnérabilité du site à son érosion et, indirectement, des résidents qui s'y trouvent. Un cours d'eau modifie en effet constamment son parcours, en sinuant. L'eau érode les parois des rives concaves et les riverains subissent davantage les impacts de ce phénomène naturel. Ce dernier est d'autant plus fréquent que les rives sont dégradées. Considérant que l'hydraulicité hivernale et les crues printanières sont susceptibles d'augmenter, il est possible que ce phénomène s'accroisse en raison de coups d'eau qu'ils pourraient générer.

Les riverains dont les rives sont dégradées sont encore plus vulnérables lorsque ceux-ci sont construits sur l'Argile de Leda, sensible au remaniement. On retrouve ce type de dépôt essentiellement dans la portion sud de la ZGIE du COBALI, en Outaouais. Une carte interactive du Gouvernement du Québec répertorie certaines des zones sensibles aux glissements de terrain en Outaouais et peut être consulté afin de prévoir un développement plus résilient (2016). M. Pete Quinn propose également une méthode d'analyse de risque en lien avec ce type de dépôts et reprend l'abaque d'analyse de risque présenté aux figures 37 et 38 (2012).

Bref, c'est lorsque l'on tient compte d'un ensemble de facteurs qu'il est possible de comprendre l'ampleur des changements climatiques, des risques qui y sont associés et de cibler des actions prioritaires en fonction de ces derniers. Il est important pour les utilisateurs et les acteurs de l'eau de considérer ce fait puisque, dans le cas contraire, une maladaptation aux changements climatiques pourrait en découler, non sans avoir des conséquences sur une série de composantes qui soutiennent les écosystèmes et les organismes et individus qui y vivent.

8- Conclusion

À la lumière des informations contenues dans le présent rapport, le COBALI estime que cet outil d'aide à la décision constitue une base solide qui pourra être employée par les acteurs de l'eau de sa ZGIE afin de poursuivre les étapes s'inscrivant dans un plan d'adaptation aux changements climatiques.

Un premier constat s'impose : une méconnaissance des changements climatiques anticipés dans un climat futur subsiste et il en est de même des impacts qui en découleront. Pourtant, les changements climatiques sont présents et les interventions d'atténuation des risques *a posteriori* coûtent déjà cher aux citoyens.

« Les changements climatiques nous préoccupent beaucoup. Ça va même jusque dans nos projets d'infrastructures. Les ministères nous demandent d'ajouter des frais à cause des changements climatiques. Quand tu te fais dire par un ingénieur qu'il faut prévoir un coussin de prévision pour les changements climatiques, jusqu'à 10% du budget, ça commence à être sérieux. »

- Gaétan Guindon, maire de Denholm, (Ebacher, 2017)

Ainsi, les nouvelles conditions imposées par les changements climatiques suscitent un bouleversement des objectifs de développement des instances décisionnelles locales et régionales. Puisque ces dernières admettent qu'elles doivent acquérir davantage de connaissances au sujet des changements climatiques, il est urgent d'augmenter les savoirs des collectivités. Selon Sparling et Burton, cette responsabilité revient aux municipalités. Selon eux, les décideurs municipaux sont le moteur du développement socioéconomique de leur communauté et ils ont le pouvoir d'adopter et de mettre en œuvre des mesures (cadres réglementaires, normatifs, économiques et fiscaux) permettant une meilleure adaptation aux changements climatiques (2006).

Par exemple, un cadre réglementaire qui tient compte des nouvelles conditions imposées par les changements climatiques a le potentiel de réduire considérablement les risques (adoption ou modification de lois, de règlements ou de politiques). Une municipalité peut adopter un règlement de zonage en fonction des risques d'érosion riveraine, de glissements de terrain ou d'inondation. De cette façon, des sommes importantes pourront être épargnées.

L'adaptation aux changements climatiques est un processus itératif. Aussi faudra-t-il que les élus municipaux travaillent à développer des plans et des politiques qui appuient ces démarches en surpassant les limites de leur mandat électoraux. Afin de mettre en opération des solutions qui soient réellement résilientes, les objectifs devront être basés sur le long terme, puisque la santé et la sécurité des générations actuelles et futures le requièrent.

« En tant que propriétaire et fournisseur de services à la communauté, la municipalité doit limiter les risques associés aux changements climatiques sur ses biens, services et programmes, en s'assurant notamment du maintien de l'efficacité de ses programmes et politiques et de l'équité dans les services offerts. »

- Sparling et Burton, Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, 2006

Malgré que des actions doivent être prises dans l'incertitude, il faut toutefois qu'elles n'engendrent pas de maladaptation. Par exemple, en regard de la diminution du couvert de neige prévu prochainement, il faudrait saisir l'opportunité de diversifier l'industrie du tourisme saisonnier en investissant dans de nouvelles structures qui soient moins dépendantes du couvert de neige.

En ce qui concerne les événements climatiques extrêmes qu'ont connu les municipalités de la ZGIE du COBALI au printemps et à l'été de 2017, un second constat s'impose : les changements climatiques justifient de multiplier les efforts de conservation des écosystèmes. De fait, ils supportent la population puisqu'ils rendent des services écologiques d'une valeur inestimable aux communautés; services qui sont porteurs de santé et de sécurité, notamment pour ce qui est question de la ressource en eau. Par exemple, des efforts de conservation veillant à protéger les milieux humides adjacents aux cours d'eau représentent une mesure peu coûteuse et effective de protection face aux crues à venir. Également, les élus municipaux pourraient multiplier leurs efforts quant à l'application de leurs règlements relatifs à la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. La végétation riveraine est une solution efficace pour protéger les rives des effets de l'érosion, entre autres.

La réfection des infrastructures défailantes s'avère également être une piste de solution à considérer avec sérieux. Cette réfection devra être planifiée de manière à tenir compte des nouvelles courbes d'intensité-durée-fréquence (IDF) des cours d'eau, dont la nouvelle majoration figure au sein de documents gouvernementaux comme le Manuel de conception

de ponceaux du MTQ (2017). Cela permettra encore une fois d'épargner des sommes importantes aux contribuables car, rappelons-le, un dollar investi en prévention représente une économie de quatre dollars en coût évités. La maladaptation est garante d'une planification robuste des actions à entreprendre.

« On a des secteurs qui n'étaient pas identifiés comme étant sensibles aux glissements de terrain. Va falloir réviser nos plans. Investir dans nos infrastructures, c'est une chose, mais ajouter 10% sur la facture, c'en est une autre. Si on refait le chemin, et qu'un glissement de terrain survient dans deux, trois ans, nous ne sommes pas plus avancés. »

- Gaétan Guindon, maire de Denholm, (Ebacher, 2017)

Certaines décisions nécessiteront aux élus municipaux de s'allier afin de développer de nouveaux outils qui seront utiles à toutes les communautés comprises au sein de la ZGIE du COBALI. La révision des cotes de crues et la réalisation de nouvelles cartes des zones inondables qui en découleront nécessitent d'avoir recours à de l'expertise dans les domaines de l'ingénierie et de l'hydrogéologie. Pourtant, il est nécessaire d'élaborer de tels outils, selon les experts, et de manière concertée.

Des plans d'urgence (ou de contingence) face à des situations présentant des risques réels pour la santé (comme l'éclosion de cyanobactéries) pourraient être réalisés. La formation de frasil et d'embâcles de glace sur les rivières de la ZGIE du COBALI et qui ont le potentiel de multiplier les inondations pourraient également requérir des mesures particulières qui doivent être planifiées de manière préventive. Les glissements de terrain sont un autre exemple d'événements extrêmes pouvant faire l'objet de tels plans.

Bref, les changements climatiques ont le potentiel d'atteindre l'ensemble des municipalités de la ZGIE du COBALI sur de multiples aspects en lien avec la ressource hydrique. Les collectivités possèdent toutes des particularités (conditions édaphiques, caractéristiques sociodémographiques, etc.) qui font qu'elles sont exposées et vulnérables aux changements climatiques. La plupart de ces communautés sont encore aux balbutiements d'une adaptation aux changements climatiques et des efforts doivent être consentis dès aujourd'hui afin de rectifier la trajectoire du *statut quo*.

« Mêmes les sociétés dotés d'une grande capacité d'adaptation restent vulnérables à l'évolution et à la variabilité du climat et aux extrêmes climatiques. »

- GIEC, 2007 : 56

Il va sans dire qu'il y a du pain sur la planche et les collectivités doivent travailler de manière concertée et intégrée afin de multiplier les interactions, augmenter les savoirs et favoriser la résilience du plus grand nombre de gens. Le COBALI est prêt à travailler de concert avec les élus municipaux à cet effet car, comme le dirait M. Alain Bourque, directeur du consortium d'experts pour le climat Ouranos (2017) : « Il faut regrouper les gens qui ont des connaissances scientifiques avec les gens qui ont des connaissances pratiques et terrain. Ensemble, ils pourront trouver des solutions qui sont plus robustes et plus durables que simplement le scientifique ou le praticien qui travaille de son côté. »

Références

- Adger, W.N. 2003. « Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change ». *Economic Geography*, 79(4): 397-404
- Agence Européenne pour l'Environnement. 2009. « Regional climate change and adaptation. The Alps facing the challenge of changing water resources ». EEA Technical report N° 9, European Environment Agency, Copenhagen, Danemark, 148 p.
- Auger, P., Verfer, P., Dab, W., Guerrier, P., Lachance et coll. 2003. Sinistres naturels et accidents technologiques, dans M. Gérin et al. (ed.) Environnement et santé publique : fondements et pratiques. Québec : Éditions Tec et Doc, p 517-535.
- Australian Greenhouse Office. 2006. « Climate Change Impacts and Risk Management: A Guide for Business and Government », Department of the Environment and Heritage, Australian Government, 73 p. Cité dans Ouranos, 2010.
- Aylsworth, J.M. et Lawrence, D.E. 2003. « Earthquake-Induced Landsliding East Of Ottawa; A Contribution To The Ottawa Valley Landslide Project ». *Geological Survey of Canada*
- Bankoff, G, Frerks, G., Hilhorst, D., Mapping Vulnerability. Earthscan, London. Barnes. 2004, p.6, cité dans Daniel H. de Vries. « Temporal vulnerability in hazardscapes : Flood memory-networks and referentiality along the North Carolina Neuse River (USA) ». *Global environmental change* 21, 2011, p 156.
- Banque Nationale du Canada. 2017. « Feuille de calcul de l'inflation ». [En ligne] <https://www.banqueducanada.ca/taux/renseignements-complementaires/feuille-de-calcul-de-linflation/> (Consulté le 18 décembre 2017)
- Barbeau, B., Carrière, A., Prévost, M., Zamyadi, A., Chevalier, P. 2008. « Changements climatiques au Québec méridional : analyse de la vulnérabilité des installations québécoises de production d'eau potable aux cyanobactéries toxiques ». INSPQ. 16 p. [En ligne] https://www.inspq.gc.ca/pdf/publications/867_RES_EauCyanobac_Web.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Barnett, J. et O'Neill, S. 2010. "Maladaptation". *Global Environmental Change*, 20: 211–213.
- Barry, R. et Plamondon, A.P., Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. 2009. Manuel de foresterie, 2^eéd. Chapitre 5. Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, 1544 p. + 32 p. coul
- Bélanger, C., Huard, D., Gratton, Y., Jeong, D.I., St-Hilaire, A., Auclair, J.-C. et Laurion, I. 2013. « Impacts des changements climatiques sur l'habitat des salmonidés dans les lacs nordiques du Québec ». Institut national de la recherche scientifique. Eau, Terre et Environnement. Québec. 168 p. [En ligne] https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportGratton2013_FR.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Bélanger, G. 2002. « Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Québec » présenté dans le cadre du 65^e congrès de l'Ordre des agronomes du Québec. [En ligne] <https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Belanger.pdf> (Consulté le 18 décembre 2017)
- Bibliothèque et Archives nationales du Québec. « Glissement de terrain au nord de Thurso – Report on phase / Geotechnical Study of Slope Failure near Thurso, Quebec (preliminary). 1975. BanQ Gatineau, fonds James Maclaren Company (P117, S3, SS6, D35). Photographie: Geocon Ltd.
- Bibliothèque et Archives nationales du Québec. 2006. « Glissement de terrain et éboulis à Notre-Dame-de-la-Salette et à Poupore, [190?]. BanQ Gatineau, fonds James Maclaren Company (P117, S1, SS1, SSS2, D8). Photographie : Rodolphe Léger.

- Biesecker, M. 2017. « GAO : Climate change already costing US billions in losses ». *Associated Press*. [En ligne] <https://apnews.com/a40f2858a11b4cd5b2fac9f2556bd1f1> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Bird, D., Pannard, A., Prairie, Y. et Chevalier, P. 2009. « Changements climatiques au Québec Méridional : Conséquences des changements climatiques sur le comportement et la prolifération des cyanobactéries au Québec. Résumé ». INSPQ. 12 p. [En ligne] https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1000_ChangClimaProlCyano.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Bolduc, S., Larrivée, C., Logé, H. et Mailhot, A. 2011. « Adaptation aux changements climatiques en matière de drainage urbain au Québec. Analyse économique et synthèse de l'étude ». INRS-ÉTÉ – Ouranos – Ville de Montréal, Qc. [En ligne] https://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/observatoire_municipal/rapports/analyse_drainage_urbain.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Boucher, I. 2010. « La gestion durable des eaux de pluie, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable ». Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, coll. «Planification territoriale et développement durable». 118 p
- Bourque, A. 2017. « Bilan du 7^e symposium d'Ouranos : Entrevue avec Alain Bourque». – Entrevue radio. Le 15-18. [En ligne] <http://ici.radio-canada.ca/premiere/emissions/le-15-18/episodes/394526/audio-fil-du-vendredi-17-novembre-2017> (Consulté le 18 décembre 2017)
- Bouthillier, L. « L'analyse de risque en évaluation environnementale – Module 11 ». *Notes de cours de FOR 2020 – Évaluation environnementale*. Université Laval. 25 novembre 2014.
- Brody, A., Demetriades, J. et Esplen, E. 2008. *Gender and Climate Change: Mapping the Linkages - A Scoping Study on Knowledge and Gaps*, report prepared for the UK Department for International Development (DFID) and Institute of Development Studies (IDS), University of Sussex, Brighton.
- Brooks, N. 2003. *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework*. Tyndall Centre Working Paper No. 38. 20 pages. [En ligne] <http://www.nickbrooks.org> ; Cité dans Tangay et Viau, 2012. (Consulté le 20 mars 2018).
- Campbell P. et Doeg, T. 1989. « Impact of Timber Harvesting and Production on Streams : a Review ». *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 1989-40: 519-39. [En ligne] <http://rhithroecology.com/wp-content/uploads/2013/04/Campbell-and-Doeg-89.pdf> (Consulté le 16 novembre 2017)
- Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). 2015. « Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050. » Québec, 81 p.
- Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). 2014. « Aménagement du Poisson Blanc - Sommaire du plan de gestion des eaux retenues – version 3.0 ». Québec, Québec. 15 p.
- Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). 2013. « Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050. » Québec, 62 p.
- Charles, M. et Milot, N. 2013. « Adaptation aux changements climatiques. Un outil informatif à l'intention des intervenants membres des Organismes de bassin versant du Québec » Université du Québec à Montréal. Montréal, Qc. 48 p. [En ligne] https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportLepageMilot2013_2_FR.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Charron, I. 2017. « Relever le défi de l'adaptation aux changements climatiques au Québec : Impacts, opportunités et pratiques terrains ». – Support Powerpoint. 51 p.

- Chaumont, R.D., Brown, R.D., 2010. Analyse de simulations régionales du climat et d'indices climatiques associés au transport routier dans le Sud du Québec," *Revue Routes – Road*, no. 345, premier trimestre 2010, pp. 78-83. (Cité dans Doré et al, 2014)
- Comité du bassin versant de la rivière du Lièvre (COBALI). 2018. « Chapitre 2 : Portrait du bassin versant de la rivière du Lièvre », Plan directeur de l'eau, 2e édition, mise à jour 2018. 233 p. +annexes.
- Comité du bassin-versant de la rivière du Lièvre (COBALI). 2017. « Rapport Final – Programme estival de sensibilisation pour la santé des lacs et des cours d'eau sur le territoire de gestion du COBALI ». 42p. +annexes
- Convention-cadre sur les changements climatiques. 2015. « Adoption de l'Accord de Paris ». Conférence des Parties, Vingt et unième session. [En ligne] <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/fre/109r01f.pdf> (Consulté le 16 novembre 2017)
- Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François. 2014. « Intégration de l'approche par espace de liberté pour la rivière Coaticook ». [En ligne] <http://cogesaf.qc.ca/espace-de-liberte-pour-la-riviere-coaticook/> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Ouranos. 2015. « Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. » Ouranos. Montréal, Qc. 415 p. [En ligne] <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Desjarlais, C. et Blondot, A. 2010. « Savoir s'adapter aux changements climatiques ». Ouranos. Montréal, Qc. 128 p. [En ligne] <ftp://ftp.mrn.gouv.qc.ca/Public/Defh/Sfa/CCvsPoissons/Savoir%20S%27adapter%20aux%20CC%2053%20sscc%2021%2006%20lr.pdf> (Consulté le 24 octobre 2017)
- De Vries, D H. 2011. « Temporal vulnerability in hazardscapes: Flood memory-networks and referentiality along the North Carolina Neuse River (USA) ». *Global environmental change*, 21 : 154-164.
- Doré, G., Bilodeau, J.-P., Masseck Thiam, P., Perron Drolet, F. 2014. « Impacts des changements climatiques sur les chaussées des réseaux routiers Québécois ». Ouranos et Université Laval, Québec, Qc. 63 p. [En ligne] https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportDore2014_FR.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Doré, G., Drouin, P., Pierre, P. Desrochers, P. et Ullidtz, P. 2006. « Estimation of the Relationships of Flexible Pavement Deterioration to Traffic and Weather in Canada. » (Cité dans Doré et al, 2014)
- Doyon, F., Cyr, D., Poirier, J., Chiasson, G. et Boukendour, S. 2011. « Évaluation des vulnérabilités du secteur forestier dans les Hautes-Laurentides face aux impacts biophysiques des changements climatiques ». Rapport de l'institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue. Ripon, Qc. Remis à Raymond Barette pour la Collectivité forestière du Projet Le Bourdon. 63p. [En ligne] https://isfort.uqo.ca/sites/isfort.uqo.ca/files/fichiers/publications_ISFORT/evaluation_des_vulnerabilites_du_secteur_forestier_dans_les_hautes-laurentides_face_aux_impacts_biophysiques_d.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Drobinski, P. 2015. « Modèles globaux ou régionaux : comment zoomer le climat? » [En ligne] https://interstices.info/jcms/p_83964/modeles-globaux-ou-regionaux-comment-zoomer-le-climat (Consulté le 16 novembre 2017)
- Ebacher, L.-D. 2017. « Une facture de 10% des changements climatiques ». *Le Droit*, 17 novembre. [En ligne] <https://www.ledroit.com/actualites/une-facture-de-10-des-changements-climatiques-4774c1e23eb3f0034ec2c1d2a81dd114> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Écho de la Lièvre. 1974-a. « L'inondation se termine à Ferme-Neuve ». *Écho de la Lièvre*. 22 mai. pp.9.

- Écho de la Lièvre. 1974-a. « À Mont-Laurier, L'eau a monté, mais n'a jamais atteint [?] ». *Écho de la Lièvre*. 22 mai. pp.4.
- Écho de la Lièvre. 1974-c. « Sommes-nous exposés à la plus grosse crue de la Lièvre depuis 1947? » *Écho de la Lièvre*. 15 mai. pp.8
- Écho de la Lièvre. 1974-d. « La Kiamika déborde » *Écho de la Lièvre*. 8 mai. pp. 9
- Énergie Brookfield. S.d. « Carte des principaux barrages et de leurs gestionnaires dans le bassin versant de la rivière du Lièvre » dans *Niveaux et débits de la rivière du Lièvre* dans *La Lièvre*. [En ligne] <https://renewableops.brookfield.com/fr-CA/Presence/amerique-du-nord/Activites-recreatives-et-securite/La-Lievre/-Les-niveaux-des-lacs> (Consulté le 16 novembre 2017)
- Enright, W. 2001. *Changement d'habitudes, changement climatique : Analyse de base*. Ottawa : Institut canadien de la santé infantile. 129 p. Cité dans *Giguère. et Gosselin, 2006*
- Environnement Canada. 2005. Site web de l'eau douce. Vulnérabilité de l'eau au changement climatique. [En ligne] www.ec.gc.ca/water/fr/info/pubs/FS/f_FSA9.htm#supply (Consulté le 21 février 2005) Cité dans *Giguère. et Gosselin, 2006*
- Equiterre. 2015. Fiche « Qu'est-ce que le climat; La science du climat pour expliquer le changement climatique ». [En ligne] https://equiterre.org/sites/fichiers/fiche-01_1_0.pdf (Consulté le 16 novembre 2017)
- Faculté des études supérieures et de la recherche de l'Université de Moncton. 2016. « Adaptation aux changements climatiques aux communautés du Nouveau-Brunswick ». [En ligne] http://www8.umoncton.ca/umcm-climat/grain/3_1_3_adaptation/page:3 et http://www8.umoncton.ca/umcm-climat/grain/3_1_3_adaptation/page:4 http://www8.umoncton.ca/umcm-climat/grain/3_1_4_resilience (cités en ordre d'apparition dans le texte et consultés le 19 décembre 2018)
- Félio, G. 2012. *PIEVC Case Studies: Codes, Standards and Related Instruments (CSRI) Review for Water Infrastructure and Climate Change*. [En ligne] http://www.pievc.ca/e/2012_PIEVC_CSRI_Water_report_Final.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Foley, M.W. et Edwards, B. « Escape From Politics? Social Theory and the Social Capital Debate ». *American Behavior Scientist* 40(5): 550 [En ligne] <http://www.socialcapitalgateway.org/content/paper/foley-m-w-edwards-b-1997-escape-politics-social-theory-and-social-capital-debate-ameri> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Folke C. 2006. "Resilience: The emergence of a perspective of social-ecological systems analyses." *Global environmental change*, 16:à 253-267.
- Fédération canadienne des municipalités (FCM). 2016. « Adaptation aux changements climatiques ». dans *Adaptation aux changements climatiques dans Enjeux dans Accueil* [En ligne] <https://fcm.ca/accueil/enjeux/adaptation-aux-changements-climatiques/adaptation-aux-changements-climatiques.htm> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Fédération canadienne des municipalités (FCM). « S'adapter aux changements climatiques – guide fondé sur la gestion des risques à l'intention des gouvernements locaux ». Volume 1. [En ligne] https://fcm.ca/Documents/tools/PCP/Adapting_to_Climate_Change_a_Risk_Based_Guide_for_Local_Governments_FR.pdf (Consulté le 19 décembre 2017)
- Ford, J. D., Smit, B. et Wandel, J. 2006. *Vulnerability to climate change in the Arctic: A case study from Arctic Bay, Canada*. *Global Environemnetal Change*, 16(2): 145-160
- Ford, J. D. et Smit, B. 2004. *A framework for assessing the vulnerability of communities in the Canadian Arctic to risks associated with climate change*. *Arctic*, 57(4): 389-400

- Fraser, E. D. G., Mabee, W. E. et Slaymaker, O. 2003. Mutual dependence, mutual vulnerability: The reflexive relation between human society and the environment. *Global Environmental Change* 13(2):137-144
- Giguère, M. et Gosselin, P. 2006. « Eau et santé : examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec ». Institut national de santé publique (INSPQ). 20 p. [En ligne] https://www.inspq.gc.ca/sites/default/files/publications/516changementsclimatiques_eausantefond.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Gouvernement du Québec. 2016. « Zone potentiellement exposée aux glissements de terrain (ZPEG) – Carte de contrainte ». [En ligne] <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/zones-potentiellement-exposees-aux-glissements-de-terrain-zpegt/ressource/651ca52a-81ca-42b2-9be6-0a4be238b37d> (Consultée le 19 décembre 2017)
- Gouvernement du Québec. 2012. « Le Québec en action vert 2020 – Plan d'action 203-2020 sur les changements climatiques ». [En ligne] http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/plan_action/pacc2020.pdf (Consulté le 18 décembre 2017)
- Gouvernement du Québec. 2011. « guide de gestion des eaux pluviales. Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain ». 386 p. [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide-gestion-eaux-pluviales.pdf> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Grelot, F. 2004. « Gestion collective des inondations : Peut-on tenir compte de l'avis de la population dans la phase d'évaluation économique a priori ? ». École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, 406 p. *Cité dans Thomas et al., 2012*
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2014. « Changements climatiques 2014 – Rapport de synthèse » *Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p [En ligne] https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf (Consulté le 16 novembre 2017)
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2013. « Changements climatiques 2013 – Les éléments scientifiques – Résumé à l'intention des décideurs, résumé technique et Foire aux questions » 222p. [En ligne] https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2001. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. In: McCarthy, D., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., White, K. S. (Eds.), Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press
- Guay, C. 2017. « Documentation des scénarios hydroclimatiques remis au COBALI ». *Institut de recherche d'Hydro-Québec* (IREQ). 37 p.
- Guay, C., Minville, M. et Braun, M. 2015. « A global portrait of hydrological changes at the 2050 horizon for the province of Québec ». IREQ. *Revue canadienne des ressources hydriques*. pp.285-302. [En ligne] <http://dx.doi.org/10.1080/07011784.2015.1043583> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Guilbeault, S. 2017. « Rencontre internationale : les changements climatiques discutés à Montréal ». – Entrevue radio. *Gravel le matin. Radio-Canada*. [En ligne] <http://ici.radio-canada.ca/premiere/emissions/gravel-le-matin/segments/chronique/37021/les-influenceurs-changements-climatiques-giec-montreal-steven-guilbeault> (Consulté le 24 octobre 2017)

- Gunderson, L. H. 2000. "Ecological Resilience--In Theory and Application." *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(1): 425-439.
- Hinkel, J. 2011. « Indicators of vulnerability and adaptive capacity »: Towards a clarification of the science–policy interface. » *Global environmental change*, 21, p. 199.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguier, M., van der Linden, P.J., Da, X., Maskell, K. et Johnson, C.A., editors. 2001. « Climate change 2001: the scientific basis; contribution of Working » (*Cité dans Doré et al*, 2014)
- Houle, D., Côté, B., Logan, T. Power, H., Charron, I., Duchesne, L. et Bellegrade, J.P. 2014. « L'impact des changements climatiques sur l'acériculture. » Support Powerpoint. Ministère des Ressources naturelles. Diapositives Partie 1, 43 p. [En ligne] http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/CentreduQuebec/INPACQ2014/Conferences_INPACQAcericole/impactdeschangementsclimatiques_Partie1.pdf et Partie 2, 45 p. [En ligne] http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/CentreduQuebec/INPACQ2014/Conferences_INPACQAcericole/impactdeschangementsclimatiques_Partie2.pdf (Consultés le 24 octobre 2017)
- Hours, C. 2017. « Climat : écart « catastrophique » entre engagements et l'objectif de 2 °C ». *Agence France Presse*. [En ligne] <http://www.lapresse.ca/environnement/dossiers/changements-climatiques/201710/31/01-5141830-climat-ecart-catastrophique-entre-engagements-et-lobjectif-de-2c.php> (Consulté le 16 novembre 2017)
- Huaringa Alvarez, U.F. 2014. « La gestion des réservoirs du bassin versant de la rivière du Lièvre, Québec (Canada), Dans un contexte de changements climatiques : impacts et stratégies d'adaptation ». Mémoire de maîtrise. Université de Sherbrooke. Sherbrooke, Qc. 119p. [en ligne] http://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/5376/Huaringa_Alvarez_Uriel_Francisco_MScA_2014.pdf?sequence=1 (Consulté le 24 octobre 2017)
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2009. « Surveillance des éclosions de maladies d'origine hydrique, Québec, 2005-2006 » dans *Bulletin d'information en santé environnementale* dans *Surveillance, développement des compétences et approches d'évaluation en santé environnementale* dans *Santé environnementale et toxicologie* dans *Expertises* dans *Accueil*. [En ligne] <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-eclosions-des-maladies-d-origine-hydrique-quebec-2005-2007> (Consulté le 16 novembre 2017)
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2008. « Changements climatiques au Québec méridional – Analyse de la vulnérabilité des installations québécoises de production d'eau potable aux cyanobactéries toxiques ». [En ligne] https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/867_RES_EauCyanobac_Web.pdf (Consulté le 18 décembre 2017).
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). 2006. « Événements climatiques extrême et santé : Examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec ». [En ligne] https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/518-changementsclimatiques_evenementsclimatiques.pdf (Consulté le 19 décembre 2017).
- Institut national de santé publique du Québec. 2000. « Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1996 et en 1997 ». [En ligne] https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/003_BilanEclosions_96_97.pdf (Consulté le 16 novembre 2017)
- Isoard S., Grothmann T. et Zebisch M. 2008. « Climate change impacts, vulnerability and adaptation: Theory and concepts. Workshop ». *Climate change impacts and adaptation in the European Alps: Focus water'*, UBA, Vienne, Autriche

- Jutras, S., Plamondon, A.P., Hökka, H., Bégin, J. 2006. « Water Table Changes Following Precommercial Thinning on Post-Harvest Drained Wetlands. *Forest Ecology and Management*, 235(1-3): 252-259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.335>
- Klein R. J. T., Coastal vulnerability, resilience and adaptation to climate change, an interdisciplinary perspective, PhD Thesis, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2002.
- Kolzowski, T.T. 1997. « Responses of Woody Plants to Flooding and Salinity ». *Tree Physiology Monograph no. 1*, 17(7): 1-29 DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/17.7.490>
- Knutti, R. et Sedlacek, J. 2013. « Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections ». *Nature Climate Change*, vol 3:4, pp. 369-373. doi:10.1038/nclimate1716
- Lapointe, P.-L. 2006. « Douze ans de malheur ». Chapitre tiré de *Mon village, mes ancêtres. Notre-Dame-de-la-Salette 1883-2008*. Municipalité de Notre-Dame-de-la-Salette. 382 p.
- Larrivée, C., Sinclair-Desgagné, N., Da Silva, L., Desjarlais, C. et Revéret, J.-P. 2015. « Évaluation des impacts des changements climatiques et de leurs coûts pour le Québec et l'État québécois » - Rapport d'étude. Ouranos. 58 p. [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/evaluation-impacts-cc-couts-cc-etat.pdf> (Consulté le 3 octobre 2017)
- Leconte, R., Trudel, M., Krau, S., Huaranga Alvarez, U.F. et Côté, P. 2012. « Analyse et adaptation au contexte des changements climatiques des outils d'aide à la décision du système hydrique du bassin versant de la rivière des Outaouais : mise en œuvre sur le sous bassin de la rivière du Lièvre » Rapport Final. Université de Sherbrooke. 102 p.
- Lessard, H. 2013. « Séismes et argile en Outaouais ». *dans Géo-Outaouais*, notes éparses sur la géologie de l'Outaouais. [En ligne] <http://geo-outaouais.blogspot.ca/2013/09/seismes-et-argile-en-outaouais.html> (consulté le 19 décembre 2017)
- Lieffers, V.J. et Rothwell, R.L. 1987. « Rooting of Peatland Black Spruce and Tamarack in Relation to Depth of Water Table ». *Revue canadienne de botanique*, 1987, 65(5): 817-821. DOI: <https://doi.org/10.1139/b87-111>
- Lieffers, V.J. et Rothwell, R.L. 1986. « Effects of Depth of Water Table and Substrate Temperature on Root and Top Growth of *Picea mariana* and Lark Laricina Seedlings ». *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 1201 - 1206.
- Lim, B., Spanger-Siegfried, E., Burton, I., Malone, E et Huq, S. (éd.). 2005. « Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures », Cambridge University Press, New York, New York, pp. 165-181
- Logan, T. 2016. « Portrait des changements climatiques pour les zones urbaines du Québec ». Ouranos. Montréal. 146 p. [En ligne] <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportLogan2016.pdf>. (Consulté le 3 novembre 2017)
- Logan, T., Charron, I., Chaumont, D., Houle, D. 2011. « Atlas de scénarios climatiques pour la forêt québécoise ». Ouranos. Québec. 125 p. [En ligne] <https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Houle-Daniel/AtlasOuranos.pdf> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Magnan, A. 2013. « Éviter la maladaptation au changement climatique ». IDDRI SciencesPo. Vol 08 :13. 4p. [En ligne] http://www.iddri.org/Publications/Collections/Syntheses/PB0813_AM_maladaption.pdf Consulté le 1^{er} novembre 2017.
- Magnan, A. 2012. « Évaluer ex ante la pertinence de projets locaux d'adaptation au changement climatique ». *Vertigo* 12(3) [En ligne] <http://vertigo.revues.org/13000>

- Mailhot, A., Panthou, G. et Talbot, G. 2014. « Recommandations sur les majorations à considérer pour les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) aux horizons 2040-2070 et 2070-2100 pour l'ensemble du Québec PHASE II ». – Rapport de recherche présenté au Ministère des Transports du Québec. 36 p. [En ligne] <http://espace.inrs.ca/2421/1/R001515.pdf> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Mailhot, A., Rivard, G., Duchesne, S. et Villeneuve, J.-P. 2007. « Impacts et adaptations liés aux changements climatiques en matière de drainage urbain au Québec ». INRS-Eau, Terre et Environnement. Québec, Qc. 144 p. [En ligne] <http://espace.inrs.ca/2400/1/R000874.pdf> (Consulté le 24 octobre 2017)
- McLeman, R. 2010. Impacts of population change on vulnerability and the capacity to adapt to climate change and variability: a typology based on lessons from a hard country. *Population and Environment*. 31(5): 286-316.
- Mills, B. and Andrey, J. 2002 « Climate change and transportation: potential interactions and impacts; in The Potential Impacts of Climate Change on Transportation » proceedings of a workshop held at the Brookings Institution, Washington, D.C., United States Department of Transportation (*Cité dans Doré et al*, 2014)
- Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire. 2017. « Glissements de terrain dans les dépôts meubles, types et causes – Document d'accompagnement pour une meilleure gestion des risques dans les zones potentiellement exposées aux glissements de terrain dans les dépôts meubles ». [En ligne] https://www.mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/glissements_terrains_types_causes.pdf (Consulté le 19 décembre 2017)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2017. « Installations municipales de distribution d'eau potable ». [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/distribution/resultats.asp> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2017. « Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques ». [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/plan-action-fonds-vert.asp> (Consulté le 19 décembre 2017).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2015. « Fiche d'information – Gestion des eaux pluviales » 8p. [En ligne] http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/fiches/Section05_PGO_02_UsagePGO.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. 2013. « Fiche d'information – Gestion des eaux pluviales; Pouvoirs des MRC et des municipalités en matière de gestion des eaux pluviales ». [En ligne] http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/pluviales/fiches/Section02_legal_03_MRC%20et%20municipalites.pdf (Consulté le 18 décembre 2017)
- Ministère de la Forêt, Faune et Parcs. 2016. « Omble de fontaine ». [En ligne]. <https://www.mffp.gouv.qc.ca/faune/peche/poissons/omble-fontaine.jsp> (Consulté le 24 octobre 2017)
- Ministère de la Forêt, Faune et Parcs. s.d. « Importance des superficies déboisées par bassin versant ». [En ligne]. <https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/criteres-indicateurs/3/322/impression.asp> (Consulté le 18 décembre 2017)
- Ministère de la Santé publique du Québec (MSPQ). 2017. « Le gouvernement du Québec confirme le retrait officiel des Forces armées canadiennes » - Communiqué. 5 juin 2017. [En ligne]

<http://www.securitepublique.gouv.qc.ca/ministere/salle-presse/communiqués/detail/13780.html>
(Consulté le 3 octobre 2017)

Municipalité régionale de comté (MRC) d'Antoine-Labelle. 1998. Cartes des zones inondables de la MRC d'Antoine-Labelle. [En ligne] https://www.mrc-antoine-labelle.qc.ca/sites/www.mrc-antoine-labelle.qc.ca/files/Documentation/SAT_SAR_A7.pdf Consulté le 18 décembre 2017)

Municipalité régionale de comté (MRC) d'Antoine-Labelle. S.d. « Mesures d'urgence en cas de crue exceptionnelle ou de rupture de barrage sur le bassin versant de la rivière du Lièvre – Municipalité de Notre-Dame-du-Laus » [En ligne] https://www.mrc-antoine-labelle.qc.ca/sites/www.mrc-antoine-labelle.qc.ca/files/Documentation/Rupture_barrage/notredamelaus.pdf (Consulté le 16 novembre 2017).

O'Brien, K, Hayward, B et Berkes, F. 2009. « Rethinking Social Contracts: Building Resilience in a Changing Climate. » *Ecology and society*, 14(2): 12 [En ligne] <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art12/> (Consulté le 19 décembre 2017)

Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). 2014. « L'eau et l'adaptation au changement climatique : Des politiques pour naviguer en eaux inconnues ». Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE. 152 p. [En ligne] <http://dx.doi.org/10.1787/22246223>

Ouranos. 2017. « Que nous réserve le climat futur? ». – Support Powerpoint. Ouranos. [En ligne] <http://content.pqm.net/upa/3152-webinaire1-officiel-12oct2017.pdf> (Consulté le 24 octobre 2017).

Ouranos. 2015. « Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015. » Ouranos. Montréal. 415 p. [En ligne] <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf> (Consulté le 24 octobre 2017)

Ouranos. 2004. *S'adapter aux changements climatiques*. Montréal : Les Publications du Québec. 83 p. *Cité dans Giguère, et Gosselin, 2006*

Paquin, D. 2017. « La mécanique et les manifestations des changements climatiques ». – Support Powerpoint. Ouranos. [En ligne] <http://content.pqm.net/upa/3152-webinaire1-officiel-12oct2017.pdf> (consulté le 16 novembre 2017)

Paradis-Lacombe, P. 2018. « Caractérisation de l'état et de la durabilité des traverses de cours d'eau sur les chemins forestiers ». Mémoire de Maitrise. Université Laval. 92 P.

Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. In: *Advances in Agronomy* 14:29-95

Lapointe, P.-L. 1974. « Les éboulements dans la vallée de la Lièvre ». *Asticou*. Société historique de l'Ouest du Québec. Hull, Québec, Canada. Cahier 13. [En ligne] <http://www.reseaupatrimoine.ca/documents/13%20asticou0001.pdf> (Consulté le 18 décembre 2017)

Lapointe, P.-L. 2008. « Mon village, mes ancêtres : Notre-Dame-de-la-Salette, 1883-2008. » Notre-Dame-de-la-Salette, Municipalité de Notre-Dame-de-la-Salette, 383 p.

Poulin, L.-C. 2017. « Inondations : Une « catastrophe » pour des résidents de Masson-Angers ». *Journal Le Bulletin*, 8 mai 2017. [En ligne] <https://www.lebulletin.net/actualites/societe/2017/5/8/inondations---une--catastrophe--pour-des-residents-de-masson-ang.html> (Consulté le 16 novembre 2017)

Quinn, P. 2012. « Sensitive clay landslide risk in eastern Canada (DRAFT paper) ». [En ligne] <https://petequinnramblings.wordpress.com/2012/05/12/sensitive-clay-landslide-risk-in-eastern-canada-draft-paper/> (Consulté le 19 décembre 2017)

- Radio-Canada. 2010. « Un chemin impraticable ». [En ligne] <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/479706/glisement-terrain> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Radio-Canada et La Presse canadienne. 2010. « Des dégâts matériels, mais pas de victimes ». [En ligne] <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/478045/seisme> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Radio-Canada. 2017. « Des inondations en Outaouais pour le lundi de Pâques » [En ligne] <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1028494/risques-inondations-outaouais-riviere-petite-nation-ripon> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ). 2016. « Bonnes pratiques ». [En ligne] https://robvq.qc.ca/resalliance/bonnes_pratiques (Consulté le 18 décembre 2017)
- Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ). 2016. « Lancement du programme Action-Climat Québec : Les OBV du Québec prêts à agir ». [En ligne] <https://robvq.qc.ca/communiqués/details/18> (Consulté le 18 décembre 2017)
- Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ). 2014. « Portrait » [En ligne] https://robvq.qc.ca/guides/changements_climatiques/portrait (Consulté le 18 décembre 2017)
- Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ).[s.d]. « Communautés leaders ». [En ligne] https://robvq.qc.ca/resalliance/communautes_leaders (Consulté le 19 décembre 2018)
- Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec (RNCREQ). S.d.-a. « Fiche: Faire face aux changements climatiques dans les Laurentides ». RNCREQ et OURANOS. [En ligne] http://www.rncreq.org/images/UserFiles/files/Feuillet_RNCREQ_Laurentides.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec (RNCREQ). S.d.-b « Fiche: Faire face aux changements climatiques en Outaouais ». RNCREQ et OURANOS. [En ligne] http://www.rncreq.org/images/UserFiles/files/Feuillet_RNCREQ_Outouais.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Resilience Alliance. 2010. *Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Wordbook for practitioners, Version 2.0.*
- Risky business. 2014. « RISKY BUSINESS: The Economic Risks of Climate Change in the United States » [En ligne] <https://riskybusiness.org/report/national/> (Consulté le 18 octobre 2017)
- Roy, H. 2009. « Changements climatiques : « Le statut quo n'est pas une option » -John Stome. » *Le journal de l'assurance*. [En ligne] <https://journal-assurance.ca/article/changements-climatiques-le-statu-quo-nest-pas-une-option-john-strome/> (Consulté le 5 octobre 2017)
- Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. 2014. « Prospérité climatique. Le prix à payer : répercussions économiques du changement climatique pour le Canada. [En ligne] https://fcm.ca/Documents/reports/PCP/paying_the_price_FR.pdf (Consulté le 18 octobre 2017). 158 p.
- Saint-Laurent Vision 2000. (2003). *Le Saint-Laurent et la santé humaine. L'État de la question II, Québec : Saint-Laurent Vision 2000, 40 pp. Cité dans Giguère. et Gosselin, 2006*
- Saloranta, T.M., Forcius, M., Järvinen, M. et Arvola, L. 2009. « Impacts of projected climate change on thermodynamics of a shallow and deep lake in Finland: model simulation and Bayesian uncertainty analysis » *Hydrology Research*, vol. 40: 234-248.
- Santé Canada. (2005b). « L'eau – faits et conseils ». *Cité dans Giguère et Gosselin, 2006*
- Sanzo, D. et Hecnar, S.J. 2006. « Effects of road de-icing salt (NaCl) on larval wood frogs (*Rana sylvatica*). *Environmental Pollution*. Vol.140:2 pp. 247-256

- Scheraga, J. D. et Grambsch, A. E. 1998. « Risks, opportunities and adaptation to climate change ». *Climate Research* 10: 85-95.
- Séminaire « First, do no harm! Avoiding maladaptation to climate change » qui s'est tenu du 6 au 9 novembre 2012 au centre de la Fondation Rockefeller à Bellagio, Italie. [En ligne] http://www.iddri.org/Evenements/Conferences/First,-_do-no-harm!-Avoiding-maladaptation-to-climate-change
- Smit, B., et Pilifosova, O. 2001. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity, IPCC, WG2, Chapitre 18, p. 879. [En ligne] <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/pdf/wg2TARchap18.pdf> (Consulté le 22 novembre 2017)
- Smit, B. et Wandel, J. 2006. « Adaptation, adaptive capacity and vulnerability ». *Global Environmental Change* 16(3): 282-292
- Soil and Water Conservation Society. 2003. « Conservation Implications of Climate Change: Soil Erosion and Runoff from Cropland ». Cité dans *Giguère et Gosselin, 2006*
- Southern California Earthquake Center (SCEC). 2017. « La zone sismique de l'ouest du Québec » dans *Risques sismiques dans Pourquoi faut-il participer? dans La Grande secousse du Québec*. [En ligne] <https://www.grandesecousse.org/pourquoi-participer/> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Sparling, E. et I. Burton, I. 2006. « The Role of Government in Adaptation to Climate Change: A Preliminary Exploration ». NRTEE Adaptation Working Paper No. 1.
- Stefan, H.G., Hondzo, M., Fang, X., Eaton J.G. et McCormic, J. H. 1996. « Simulated long-term temperature and dissolved oxygen characteristics of lakes in the north-central United States and associated fish habitat limits ». *Limnology and Oceanography* 41: 1124-1135.
- Stephens, K.A., Graham, P. et Reid, D. 2002. « Stormwater planning. A Guidebook for British Columbia ». *British Columbia Ministry of Water, Land and Air Protection*. Vancouver, C.-B. [En ligne] <http://www2.gov.bc.ca/gov/DownloadAsset?assetId=FA2C4B4B9B9F47F5981272B98894655D> (Consulté le 1^{er} novembre 2017)
- Stern, N. 2006. « What is the Economics of Climate Change? » *World Economics*, Vol. 7 :2.[En ligne] https://www.humphreyfellowship.org/system/files/stern_summary_what_is_the_economics_of_climate_change.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Sterner, T. et Persson, M. U. 2008. « An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate ». *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(1): 61–76, <https://doi.org/10.1093/reep/rem024>
- Stolton, S. et Dudley, N. 2007. « Gérer les forêts pour fournir de l'eau plus propre aux populations urbaines ». *Unasylva*. 229 (58) : 39-43 [En ligne] <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1598f/a1598f10.pdf> (Consulté le 19 décembre 2017).
- St-Onge, I., Bérubé, P., Magnan, P. 2001. « Effets des perturbations naturelles et anthropiques sur les milieux aquatiques et les communautés de poissons de la forêt boréale ». *Le naturaliste canadien* vol. 125
- Tedone, J.-L. 2017. « Les municipalités et MRC québécoises intègrent-elles l'adaptation aux changements climatiques dans leur planification territoriale ? » [En ligne] <https://fr.linkedin.com/pulse/les-municipalit%C3%A9s-et-mrc-qu%C3%A9b%C3%A9coises-int%C3%A8grent-elles-aux-tedone> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Tedone, J.-L. 2016. « L'adaptation aux changements climatiques ou comment concevoir l'aménagement durable du territoire - Le cas des petites municipalités et MRC québécoises » [En ligne]

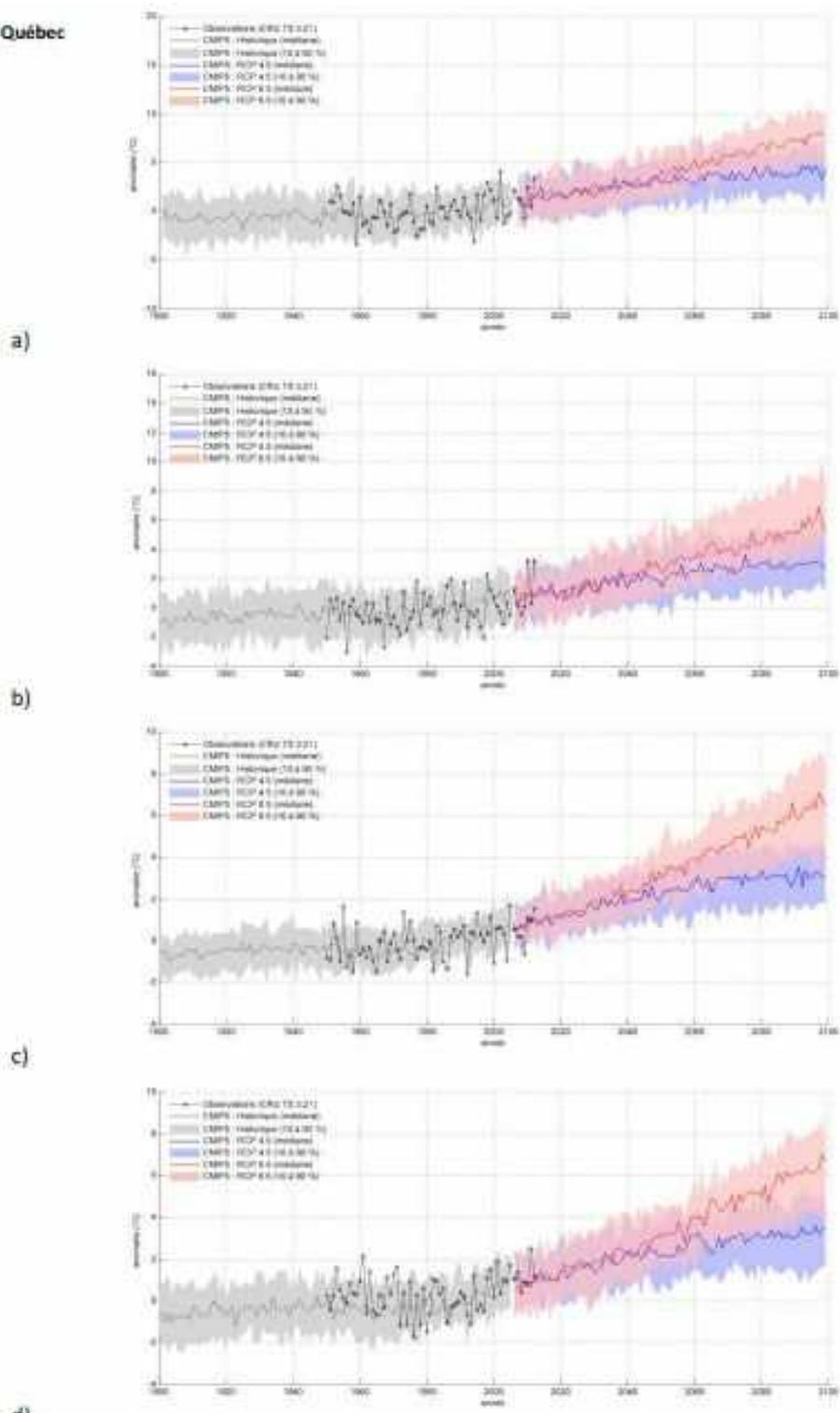
http://www.ihqeds.ulaval.ca/fileadmin/fichiers/fichiersIHQEDS/ColloqueEDS/PPT16-03_JeanLouisTedone.pdf (Consulté le 19 décembre 2017)

- Thomas, I., Bleau, N., Soto Abasolo, P., Desjardins-Dutil, G., Fuamba, M. et Kadim S. 2012. « Analyser la vulnérabilité sociétale et territoriale aux inondations en milieu urbain dans le contexte des changements climatiques, en prenant comme cas d'étude la Ville de Montréal ». Rapport final pour Ouranos, 137p. [En ligne] https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportLoganhttps://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportThomasBleau2012_FR.pdf2016.pdf (Consulté le 24 octobre 2017)
- Verville, A. 2017. « Gestion intégrée de l'eau par bassin versant et inondations : contexte, défis et perspectives ». *Support PDF; Présentation réalisée dans le cadre du Forum sur les inondations*. [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/foruminondations2017/documents/Verville.pdf> (Consulté le 19 décembre 2017)
- Ville de Montréal. 2015. « Plan d'adaptation aux changements climatique de l'agglomération de Montréal 2015-2020 – Les constats ». *Service de l'environnement de la Ville de Montréal*, 172 p. [En ligne] http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/enviro_fr/media/documents/paccam_2015-2020_lesconstats.pdf (Consulté le 16 novembre 2017).
- Villeneuve, C. et Richard, F. 2007. « Vivre les changements climatiques – Réagir pour l'avenir ». *Éditions Multimondes*. Sainte-Foy, Québec, Canada. 449p.
- Walesh, S. 1989. *Urban Surface water management*. Wiley, New York. *Cité dans* Gouvernement du Québec, 2011).
- Warren, F.J., Barrow, E., Schwartz, R., Andrey, J., Mills, B. & Riedel, D. 2004. « Impacts et adaptations liés aux changements climatiques : perspective canadienne » Gouvernement du Canada. *Cité dans Giguère et Gosselin, 2006*

Annexes

Annexe 1. Précisions climatiques

Sud du Québec



Source : Ouranos, 2015

Figure 38. Évolution des anomalies des températures moyennes observées pour la période 1950 à 2012 et simulées (1900-2100) pour le sud du Québec. A) Hiver (DJF) b) Printemps (MAM) c) Été (JJA) d) Automne (SON). Les anomalies sont calculées par rapport à la moyenne de 1971 à 2000.

Tableau 17. Données climatiques pour trois stations météorologiques de la ZGIE du COBALI, par décennies, de 1984 à 2013¹

	Moyenne quotidienne (°C)			Maximum quotidien (°C)			Minimum quotidien (°C)			Maximum extrême (°C)			Minimum extrême (°C)			Chutes de pluie (mm)			Chutes de neige (cm)			Précipitations totales (mm)		
	1984-1993	1994-2003	2004-2013	1984-1993	1994-2003	2004-2013	1984-1993	1994-2003	2004-2013	1984-1993	1994-2003	2004-2013	1984-1993	1994-2003	2004-2013	1984-1993	1994-2003	2004-2013	1984-1993	1994-2003	2004-2013	1984-1993	1994-2003	2004-2013
Angers																								
Moyenne	10,5	10,9	11,6	-1,1	-0,8	0,0	4,7	5,1	5,8	19,8	20,5	21,1	-12,1	-11,9	-10,9	73,9	70,2	73,9	30,1	29,8	31,8	79,3	79,8	84,4
Maximum	27,7	27,5	28,7	14,5	14,0	14,7	21,1	20,8	21,4	35,0	36,0	35,0	8,0	8,5	9,5	206,0	213,2	174,4	86,6	99,2	119,0	206,0	213,2	177,2
Minimum	-11,4	-12,9	-11,9	-25,9	-25,9	-21,8	-18,7	-19,4	-16,8	-2,5	-0,5	-0,5	-37,0	-39,0	-39,0	1,0	1,4	1,2	1,0	1,0	0,8	11,0	9,6	16,9
Écart type	11,5	11,4	11,3	10,8	10,6	10,5	11,1	11,0	10,9	10,5	10,2	10,3	14,0	13,9	13,8	44,5	48,0	45,1	21,7	20,4	28,4	38,9	43,2	38,9
Mont-Laurier²																								
Moyenne	10,1	10,7	10,5	-2,2	-0,9	-0,3	3,9	4,9	5,1	19,6	20,4	20,4	-13,9	-11,7	-10,9	77,3	70,2	60,4	32,8	36,6	29,8	91,0	82,6	72,0
Maximum	26,8	26,2	27,1	13,0	14,5	14,8	19,7	20,4	20,8	35,5	34,0	35,0	6,0	8,0	9,0	188,8	173,9	191,0	100,8	93,4	82,4	188,8	173,9	191,0
Minimum	-13,2	-15,4	-12,7	-28,8	-28,5	-24,3	-21,0	-22,0	-17,5	-3,0	-3,5	-3,0	-42,0	-42,0	-43,5	0,6	1,0	0,4	0,4	0,5	0,4	32,4	1,8	7,3
Écart type	11,3	11,9	11,6	11,2	11,2	10,9	11,2	11,5	11,2	10,2	10,5	10,5	14,7	14,6	14,4	47,6	43,2	42,6	27,0	23,3	22,3	35,3	35,5	34,1
Sainte-Anne-du-Lac																								
Moyenne	8,9	9,3	10,0	-3,5	-3,3	-2,0	2,8	3,0	4,0	18,9	19,5	19,9	-16,2	-15,7	-13,5	75,1	72,5	69,2	28,2	35,1	35,9	87,6	86,1	83,2
Maximum	26,1	25,9	27,0	12,6	13,0	13,3	19,1	19,4	19,7	35,5	34,0	34,0	5,5	6,0	8,0	177,1	205,7	191,2	88,8	113,2	131,0	177,1	205,7	191,2
Minimum	-14,7	-15,6	-13,7	-29,2	-29,3	-24,9	-22,0	-22,5	-19,3	-4,0	-0,5	-4,0	-43,0	-45,0	-45,0	0,3	0,6	1,0	0,4	1,6	2,0	17,2	3,5	8,0
Écart type	11,5	11,7	11,5	11,5	11,4	11,1	11,5	11,5	11,2	10,3	10,3	10,7	15,4	15,6	14,9	47,0	43,9	44,8	21,7	23,9	27,5	37,2	36,3	37,8

Source : Environnement Canada, 2017

Note 1 : Pour les trois stations météorologiques, les données nulles correspondant aux précipitations ayant eu lieu aux mois plus froids (pour les précipitations sous forme de neige) et aux mois plus chauds (pour les précipitations sous forme de pluie) ont été retirées afin de connaître les maximum et les minimums réels et de diminuer le biais dans les moyennes calculées.

Note 2 : Le jeu de données pour la station de Mont-Laurier était incomplet, pour les deux premières décennies enregistrées. Les résultats de cette municipalité doivent être interprétés en conséquence.

Tableau 18. Probabilité associée au pourcentage de scénarios projetant une augmentation

Pourcentage de scénarios projetant une augmentation	Catégorie de probabilités
90-100	Augmentation très probable
66-90	Augmentation probable
33-66	Absence de signal
10-33	Diminution probable
0-10	Diminution très probable

Source : GIEC, 2007, Tiré de Guay, 2017

Tableau 19. Changement de débit annuel moyen pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre

	RCP 4.5			RCP 8.5		
	Intervalle du changement prévu (%)	Résultat médian (%)	Scénarios projetant une augm ¹ (%)	Intervalle du changement prévu (%)	Résultat médian (%)	Scénarios projetant une augm ¹ (%)
2030						
Mitchinamecus	[-0,6 7,7]	1,1	66-90	[0,4 7,4]	4,6	66-90
Mont-Laurier	[-1,7 9]	1,4		[0,2 7,4]	3,9	
Kiamika	[-1,8 8,7]	1,1		[0,3 7,4]	3,5	
Lac Poisson-Blanc	[-1,7 8,7]	3,3	33-66	[-0,1 9]	5,7	
High-Falls	[-1,6 8]	2,7	66-90	[-1,1 8,3]	4,3	33-66
Masson	[-1,7 7,2]	4,5	33-66	[-0,2 9,8]	4,4	66-90
2050						
Mitchinamecus	[-1,2 6]	1,8	66-90	[0 7,4]	2,5	66-90
Mont-Laurier	[-1,3 6,6]	1,4	33-66	[-1,7 7,9]	3,9	
Kiamika	[-1 6,5]	1,4		[-0,3 7,8]	4,1	
Lac Poisson-Blanc	[-2 8,5]	2,2		[-0,4 10,5]	4,9	
High-Falls	[-2,2 7,5]	1,4	66-90	[-2,3 9,3]	2,6	
Masson	[-1,1 7,5]	2,2	33-66	[-1,4 9,7]	3,4	

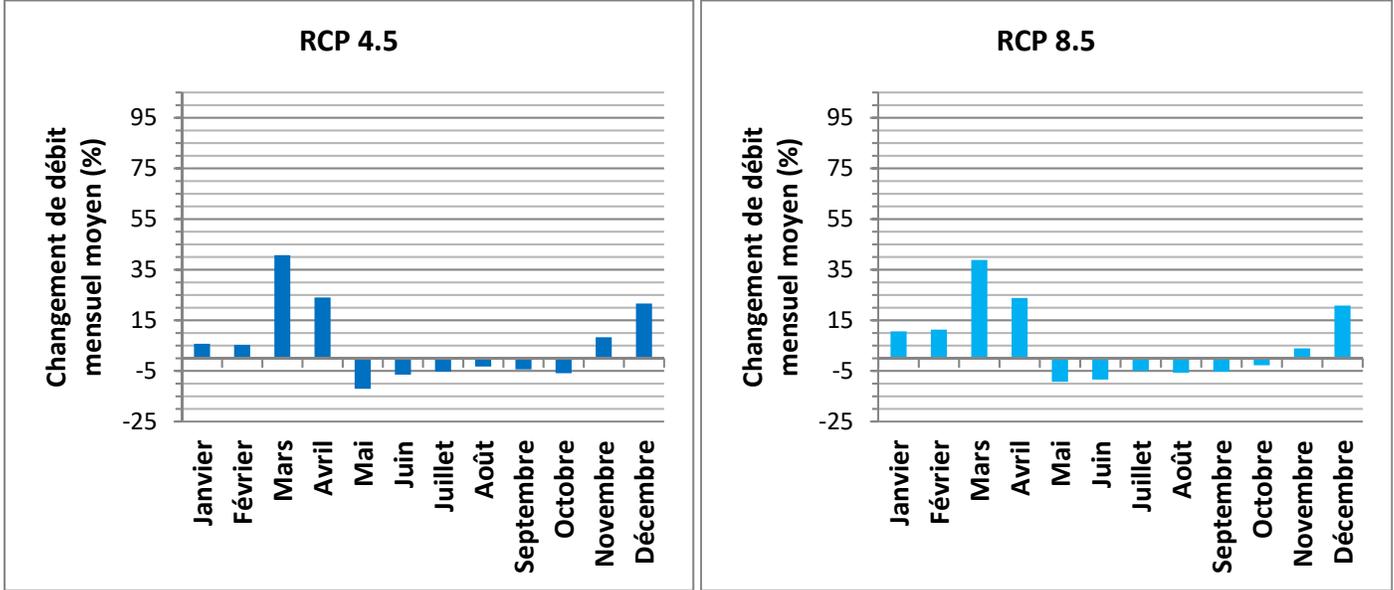
Note¹ : les réservoirs dont le pourcentage de scénario projetant une augmentation située entre 33 et 66 % doivent être interprétés conséquemment à la probabilité présentée au tableau 18.

Source : Adapté de Guay, 2017

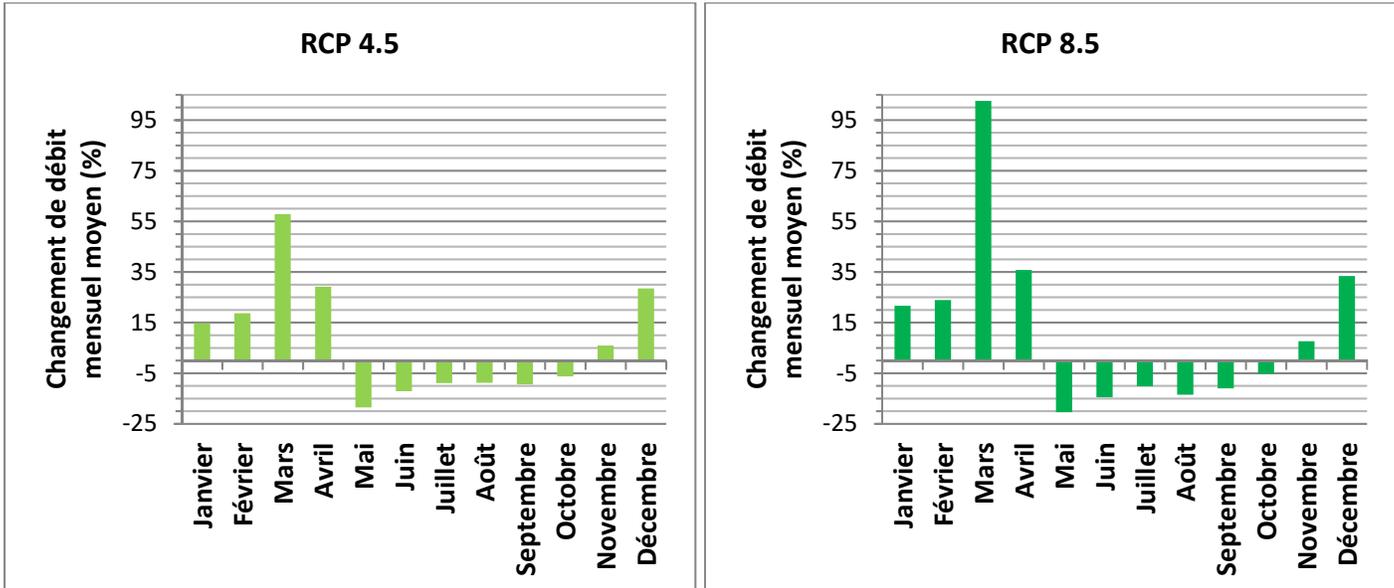
Réservoir Mitchinamecus

Figure 39. Changement de débit mensuel moyen au barrage Mitchinamecus

2030



2050

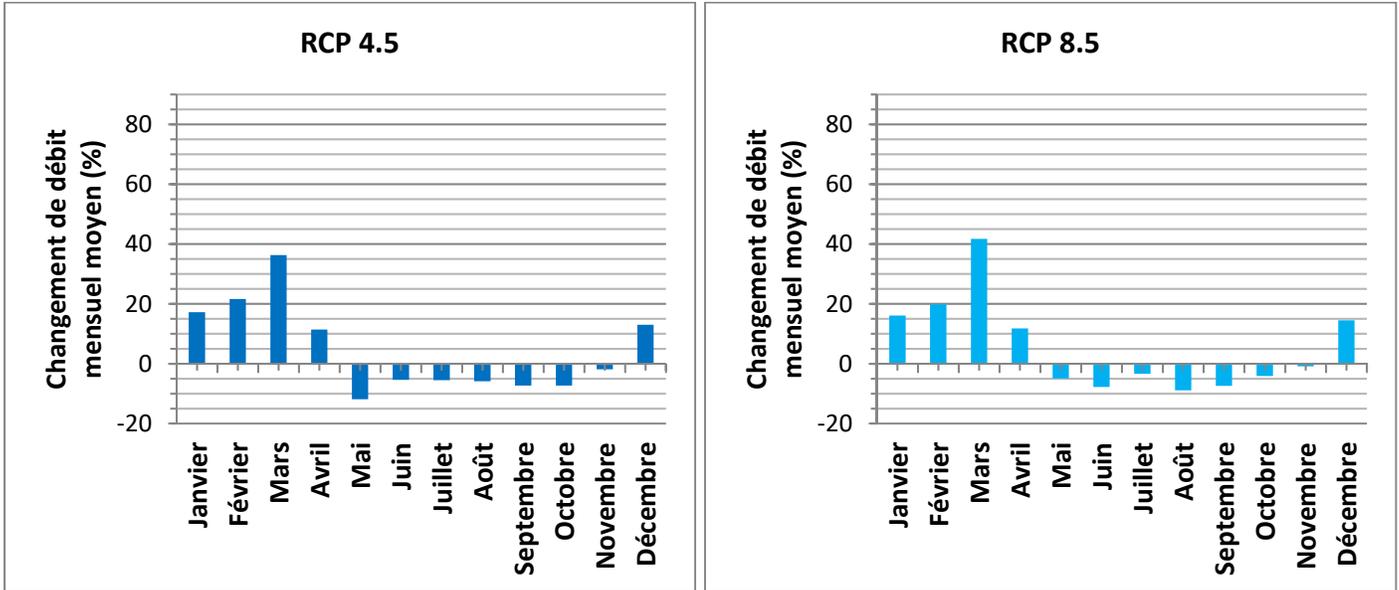


Source : Adapté de Guay, 2017

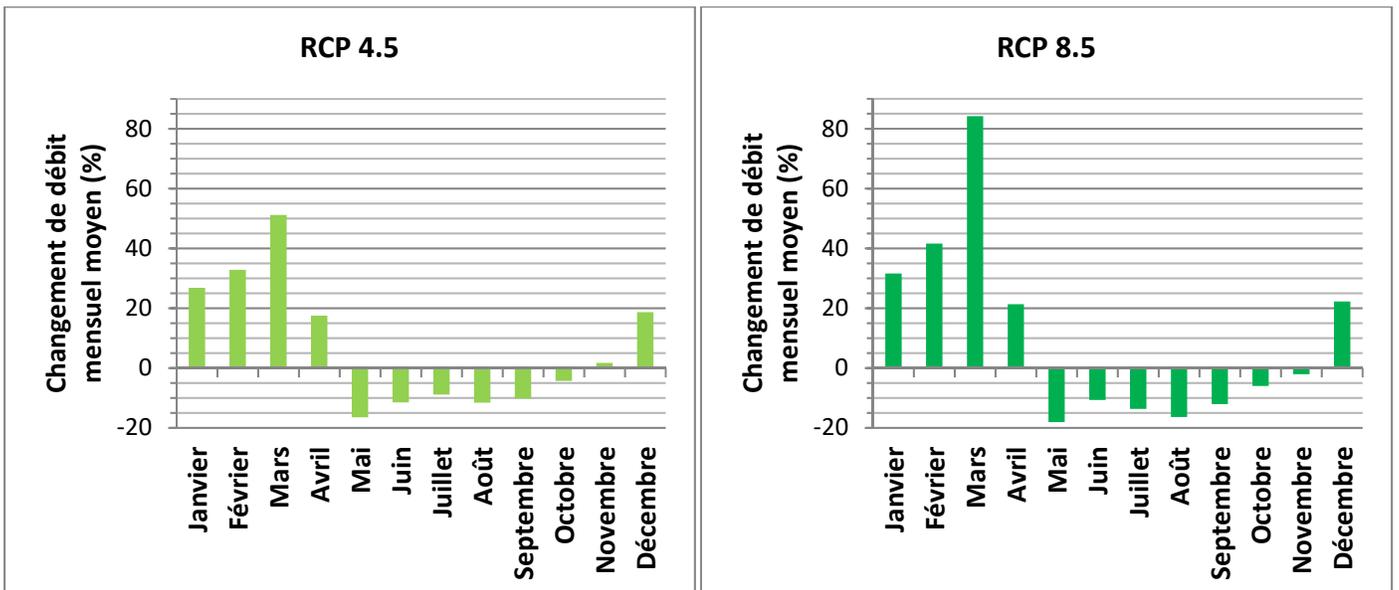
Barrage de Mont-Laurier

Figure 40. Changement de débit mensuel moyen au barrage de Mont-Laurier

2030



2050

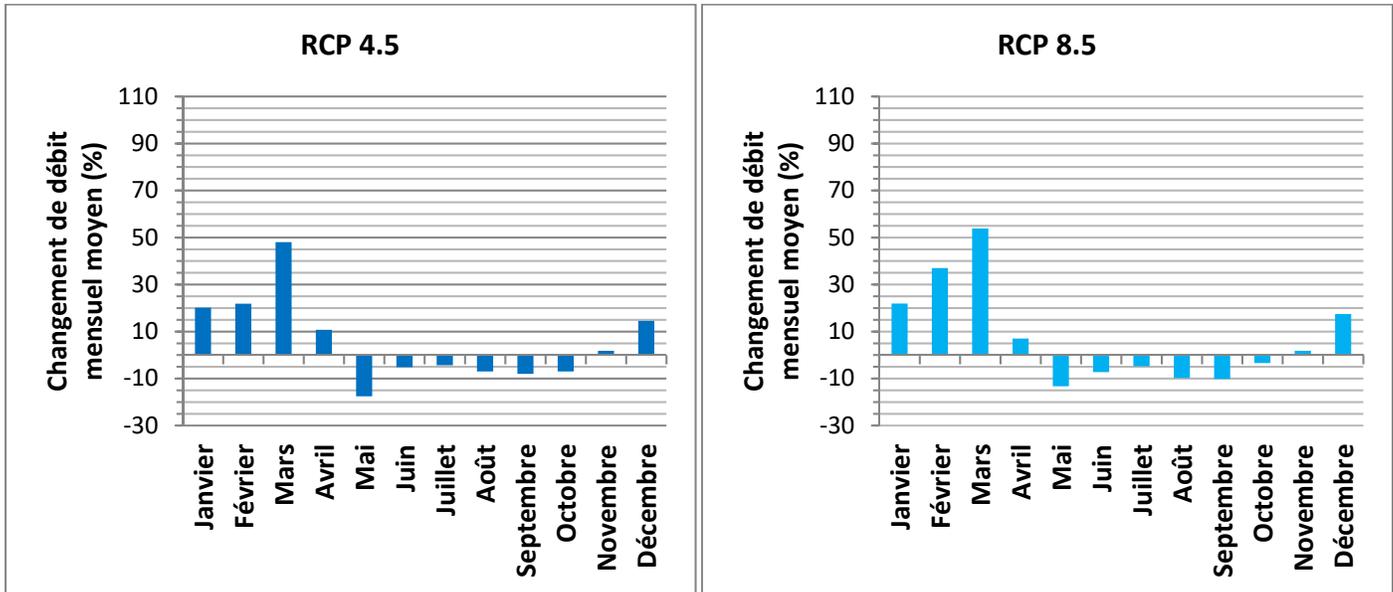


Source : Adapté de Guay, 2017

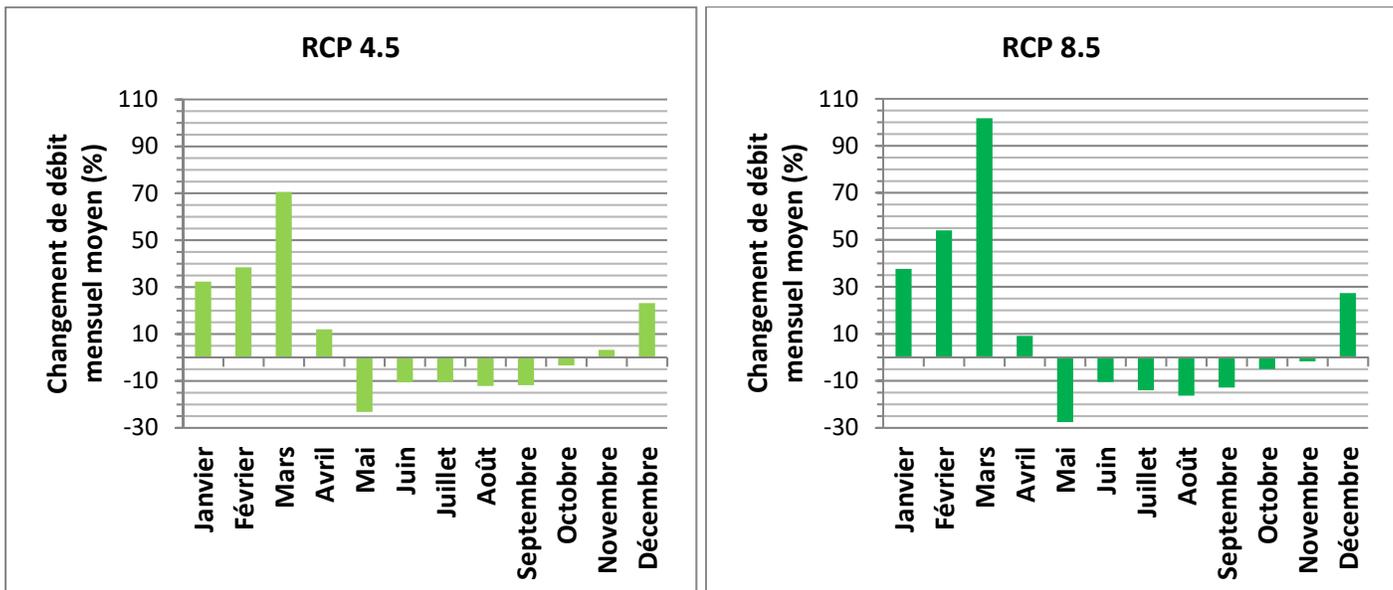
Réservoir Kiamika

Figure 41. Changement de débit mensuel moyen au barrage de Kiamika

2030



2050

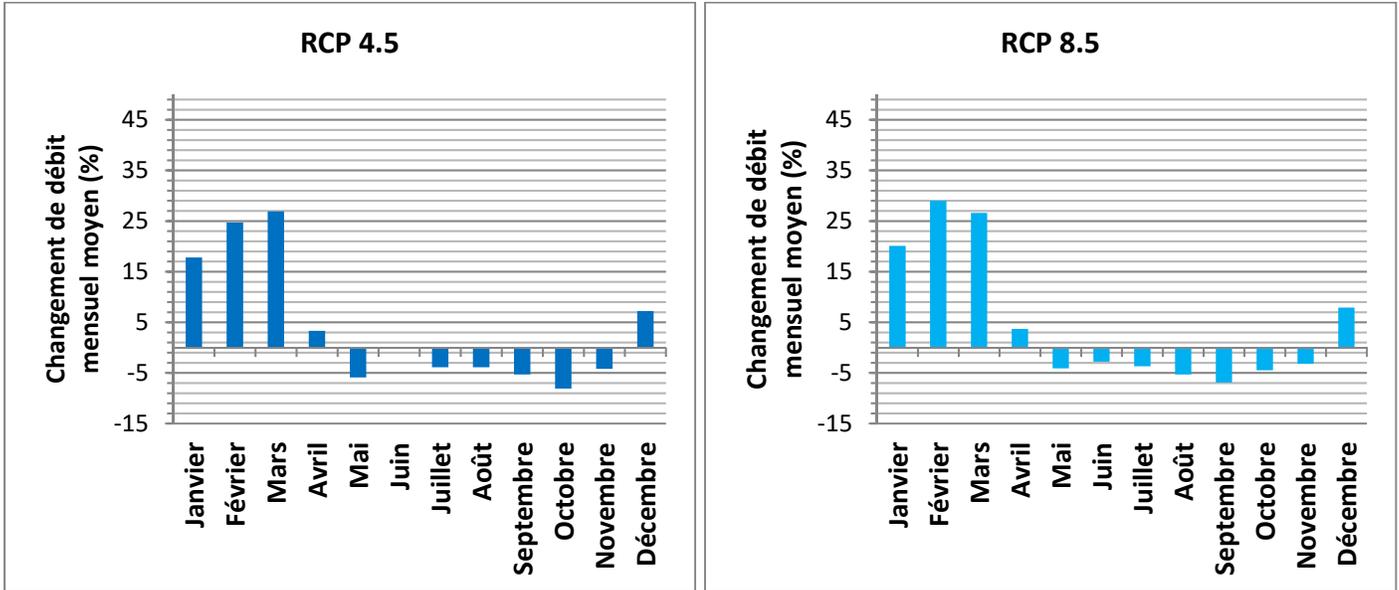


Source : Adapté de Guay, 2017

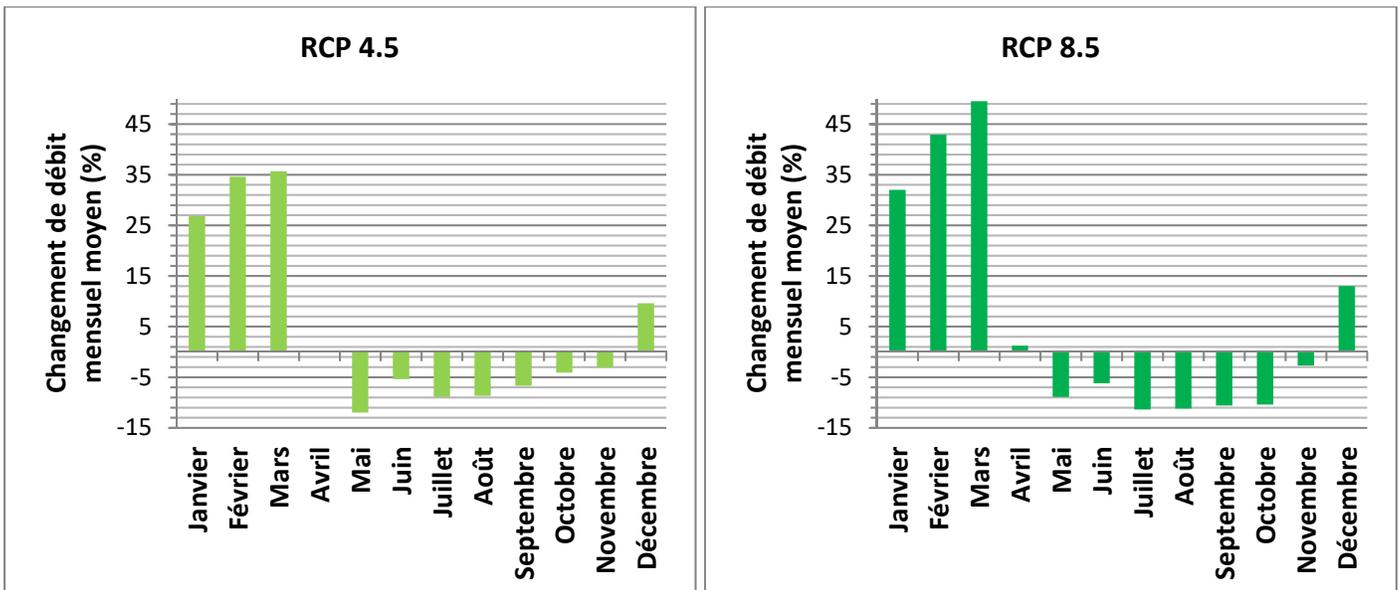
Réservoir du lac du Poisson Blanc

Figure 42. Changement de débit mensuel moyen au barrage Rapides-des-Cèdres (Réservoir du lac du Poisson Blanc)

2030



2050

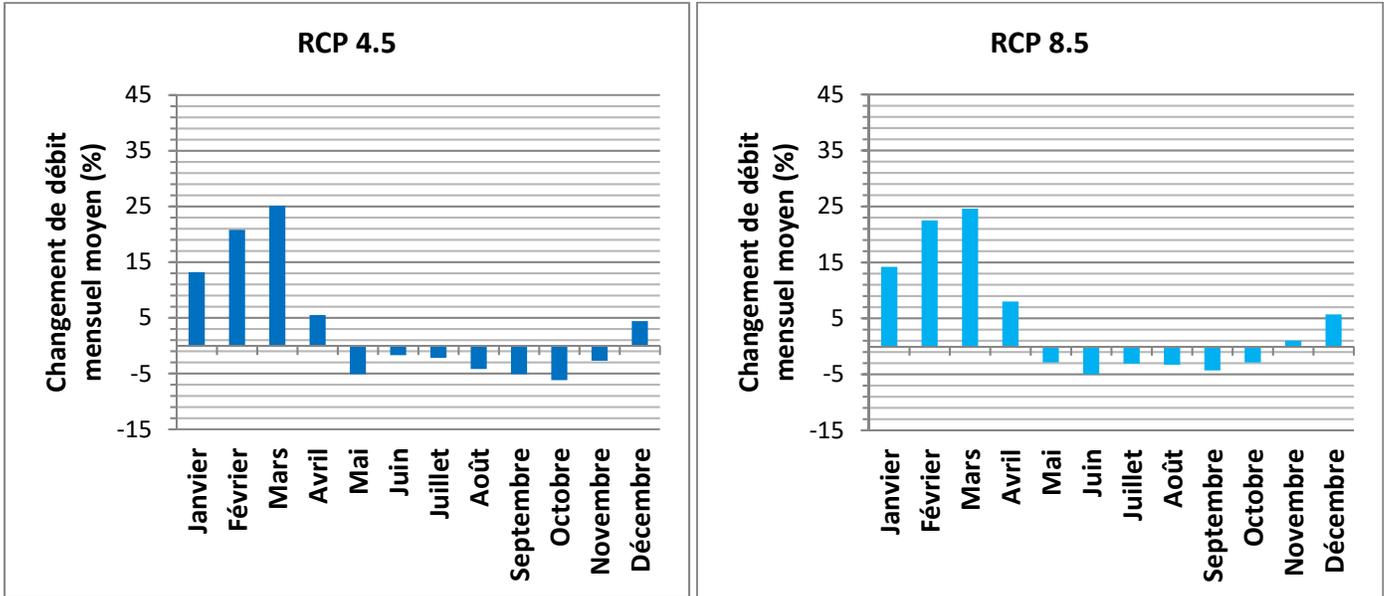


Source : Adapté de Guay, 2017

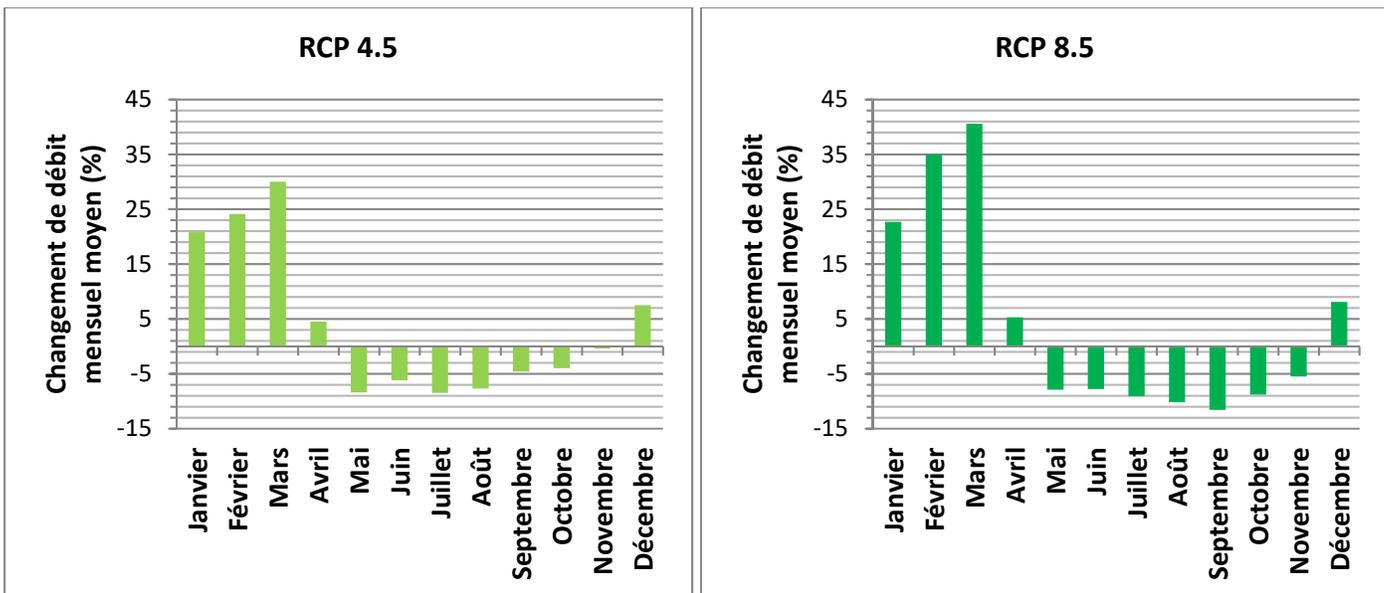
Barrage High Falls

Figure 43. Changement de débit mensuel moyen au barrage High Falls

2030



2050

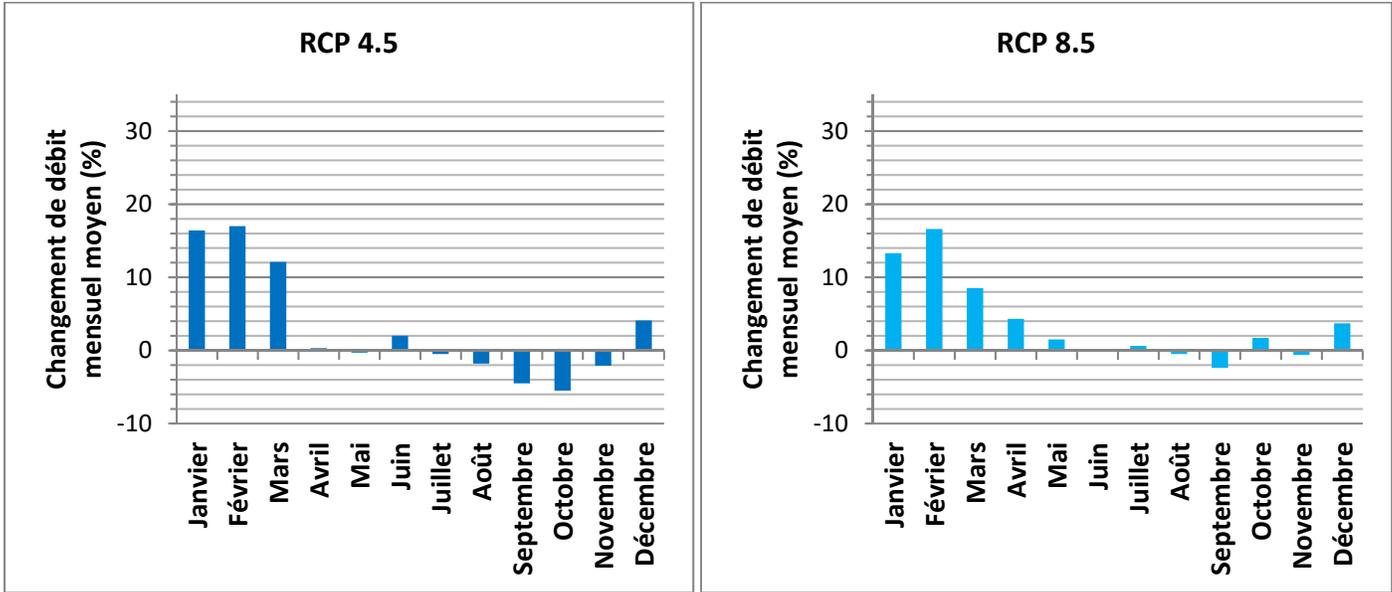


Source : Adapté de Guay, 2017

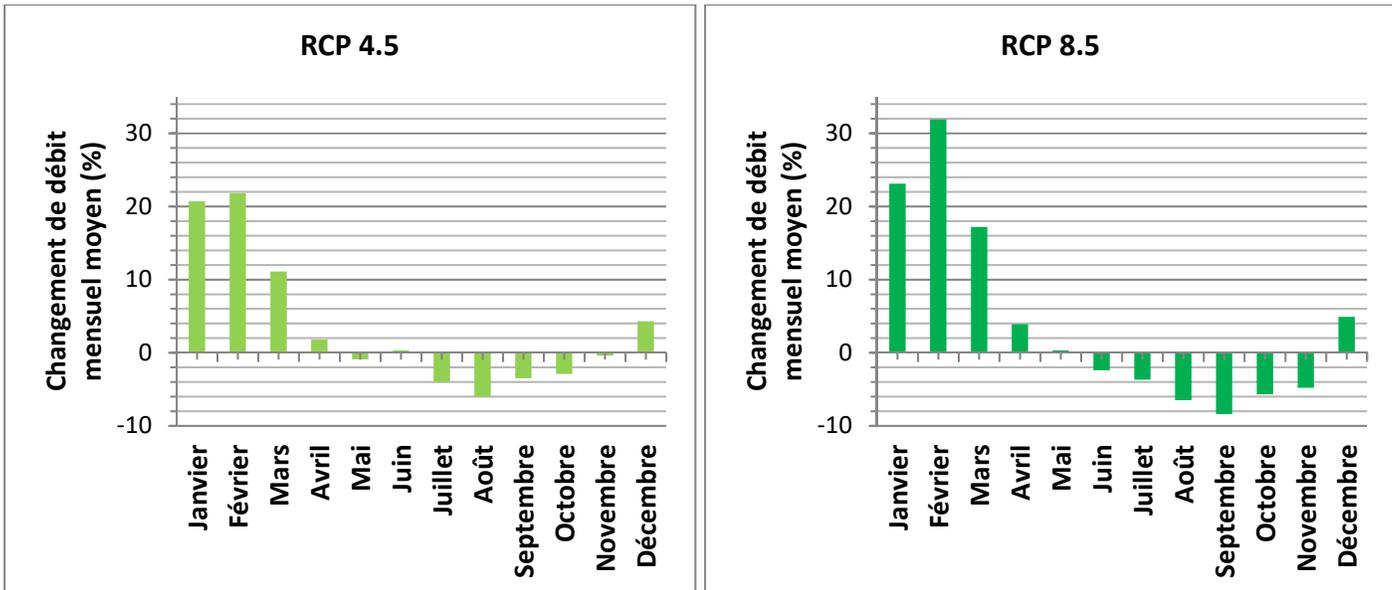
Barrage Masson

Figure 44. Changement de débit mensuel moyen au barrage Masson

2030



2050



Source : Adapté de Guay, 2017

Tableau 20. Projections de changement de la contribution saisonnière au débit annuel pour six barrages sur le bassin versant de la rivière du Lièvre

		2030						2050					
		RCP 4.5			RCP 8.5			RCP 4.5			RCP 8.5		
		C	Rm	S ¹	C	Rm	S ¹	C	Rm	S ¹	C	Rm	S ¹
Hiver	Mitchinamecus	[6,5 17,4]	10,9	66-90	[4,4 18,9]	12,0	66-90	[10,4 24,9]	17,6	90-100	[13,0 32,5]	22,4	90-100
	Mont-Laurier	[4,9 22,8]	15,9	66-90	[4,1 23,1]	13,0	66-90	[8,2 27,1]	20,9	90-100	[13,3 33,7]	26,0	90-100
	Kiamika	[8,1 25,4]	17,5	66-90	[8,8 30,1]	20,2	90-100	[16,3 34,7]	23,6	90-100	[22,1 39,6]	34,0	90-100
	Lac Poisson-Blanc	[5,6 21,0]	9,1	66-90	[9,4 20,0]	14,3	90-100	[12,5 27,2]	17,6	90-100	[14,2 30,4]	22,5	90-100
	High-Falls	[3,1 17,2]	5,2	66-90	[5,8 16,3]	10,9	90-100	[7,3 22,9]	13,7	90-100	[10,2 23,2]	16,1	90-100
	Masson	[2,8 12,7]	6,6	66-90	[3,7 13,9]	7,6	90-100	[5,8 16,1]	10,7	90-100	[8,6 19,3]	13,9	90-100
Printemps	Mitchinamecus	[0,0 6,9]	2,9	66-90	[1,7 7,7]	4,4	66-90	[2,0 9,0]	4,9	66-90	[3,2 10,2]	7,2	66-90
	Mont-Laurier	[-0,1 5,2]	2,8	66-90	[0,8 6,1]	3,4	66-90	[-0,3 6,3]	4,4	66-90	[2,5 9,0]	4,6	90-100
	Kiamika	[-1,6 3,4]	0,9	33-66	[-1,2 4,4]	1,4	66-90	[-2,0 4,1]	1,9	66-90	[-1,5 6,0]	0,7	66-90
	Lac Poisson-Blanc	[-1,0 4,4]	1,0	33-66	[-1,6 3,2]	1,9	66-90	[-2,3 5,3]	0,6	33-66	[-0,8 5,2]	2,2	66-90
	High-Falls	[0,7 6,3]	2,3	66-90	[0,9 4,5]	2,9	66-90	[0,6 6,2]	2,0	66-90	[2,0 7,7]	4,2	66-90
	Masson	[-3,0 2,9]	1,1	33-66	[-1,6 2,4]	0,2	33-66	[-2,6 3,6]	0,3	33-66	[-1,5 3,2]	1,1	33-66
Été	Mitchinamecus	[-10,6 -5,0]	-7,7	0-10	[-12,4 -6,0]	-9,1	0-10	[-15,4 -6,8]	-11,2	0-10	[-19,9 -9,8]	-13,8	0-10
	Mont-Laurier	[-10,8 -6,0]	-7,7	0-10	[-12,4 -4,8]	-8,8	0-10	[-15,2 -9,5]	-11,6	0-10	[-18,5 -11,0]	-13,3	0-10
	Kiamika	[-11,7 -4,6]	-7,9	0-10	[-13,3 -4,9]	-9,4	10-33	[-15,0 -8,5]	-12,7	0-10	[-19,4 -10,8]	-14,1	0-10
	Lac Poisson-Blanc	[-10,0 -3,5]	-6,2	0-10	[-12,2 -3,5]	-7,1	0-10	[-14,8 -6,6]	-11,1	0-10	[-17,2 -8,2]	-12,8	0-10
	High-Falls	[-8,7 -4,0]	-6,1	0-10	[-10,8 -3,6]	-6,2	0-10	[-11,6 -6,2]	-10,0	0-10	[-15,3 -7,0]	-10,4	0-10
	Masson	[-5,5 -1,8]	-3,1	10-33	[-6,8 -1,8]	-3,3	10-33	[-7,6 -3,3]	-5,5	0-10	[-9,7 -4,3]	-7,2	0-10
Automne	Mitchinamecus	[-6,6 -0,6]	-5,6	10-33	[-6,5 -0,1]	-3,8	10-33	[-10,1 -1,2]	-5,4	10-33	[-10,0 -5,3]	-7,9	0-10
	Mont-Laurier	[-9,9 -2,3]	-7,0	10-33	[-9,0 -4,4]	-7,1	10-33	[-12,6 -2,9]	-7,0	10-33	[-15,0 -6,3]	-11,2	0-10
	Kiamika	[-9,6 -1,1]	-7,1	10-33	[-8,6 -2,8]	-6,8	10-33	[-11,2 -1,3]	-7,3	10-33	[-14,9 -5,2]	-10,9	0-10
	Lac Poisson-Blanc	[-10,7 -3,2]	-8,3	10-33	[-9,4 -3,9]	-7,4	10-33	[-12,8 -3,4]	-8,6	10-33	[-15,6 -7,7]	-10,5	0-10
	High-Falls	[-8,4 -2,4]	-5,9	10-33	[-8,2 -2,2]	-6,9	10-33	[-10,5 -3,2]	-7,0	10-33	[-12,8 -6,9]	-8,2	0-10
	Masson	[-8,5 -2,0]	-5,1	10-33	[-7,8 -1,5]	-5,5	10-33	[-10,2 -2,7]	-6,4	10-33	[-11,7 -5,3]	-6,8	0-10

C: Intervalle de changement de la contribution saisonnière au débit annuel (%); Rm: Résultat médian (%); S: Scénarios projetant une augmentation (%). Note 1 : les réservoirs dont le pourcentage de scénario projetant une augmentation située entre 33 et 66 % doivent être interprétés conséquemment à la probabilité présentée au tableau 18.
Source : Adapté de Guay, 2017

Tableau 21. Changement du volume de la crue pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre, selon le scénario d'émission RCP 8.5 du GIEC

	Intervalle du changement prévu (%)	Résultat médian (%)	Scénarios projetant une augm (%)
2030			
Mitchinamecus	[1,8 15,4]	5,1	66-90
Mont-Laurier	[-3,4 9,2]	5,8	
Kiamika	[-8,8 10]	6,6	
High-Falls	[-3,8 8,3]	2,5	
2050			
Mitchinamecus	[-3,8 15,7]	2,8	66-90
High-Falls	[-3,6 8,0]	3,2	
Masson	[-3,8 8,3]	3,1	

Source : Adapté de Guay, 2017

Tableau 22. Changement de la durée de la crue pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre

	RCP 4.5			RCP 8.5		
	Intervalle du changement prévu (jours)	Résultat médian (jours)	Scénarios projetant une augmentation (%)	Intervalle du changement prévu (jours)	Résultat médian (jours)	Scénarios projetant une augmentation (%)
2050						
Lac Poisson-Blanc	[-2 9]	5	66-90	[-2 13]	5	66-90

Source : Adapté de Guay, 2017

Tableau 23. Changement du nombre de jours avec neige au sol pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre

	RCP 4.5			RCP 8.5		
	Intervalle du changement prévu (jours)	Résultat médian (jours)	Scénarios projetant une augmentation (%)	Intervalle du changement prévu (jours)	Résultat médian (jours)	Scénarios projetant une augmentation (%)
2030						
Mitchinamecus	[-50 -27]	-36	0-10	[-46 -26]	-36	0-10
Mont-Laurier	[-57 -44]	-52	0-10	[-57 -40]	-49	0-10
Kiamika	[-66 -53]	-57	0-10	[-68 -50]	-58	0-10
Lac Poisson-Blanc	[-109 -76]	-82	0-10	[-105 -73]	-83	0-10
High-Falls	[-97 -64]	-80	0-10	[-95 -63]	-74	0-10
Masson	[-164 -124]	-154	0-10	[-155 -117]	-143	0-10
2050						
Mitchinamecus	[-53 -36]	-45	0-10	[-58 -37]	-49	0-10
Mont-Laurier	[-65 -52]	-58	0-10	[-68 -53]	-61	0-10
Kiamika	[-75 -58]	-64	0-10	[-80 -60]	-71	0-10
Lac Poisson-Blanc	[-113 -81]	-92	0-10	[-115 -83]	-98	0-10
High-Falls	[-101 -73]	-86	0-10	[-102 -76]	-87	0-10
Masson	[-173 -137]	-162	0-10	[-168 -130]	-154	0-10

Source : Adapté de Guay, 2017

Tableau 24. Changement de l'accumulation maximale de neige au sol pour six ouvrages de rétention d'eau du bassin versant de la rivière du Lièvre

	RCP 4.5			RCP 8.5		
	Intervalle du changement prévu (jours)	Résultat médian (jours)	Scénarios projetant une augmentation (%)	Intervalle du changement prévu (jours)	Résultat médian (jours)	Scénarios projetant une augmentation (%)
2030						
Kiamika	[-11,6 1,3]	-3,8	10-33	[-11,7 0,3]	-4,4	10-33
Lac Poisson-Blanc	[-17,9 -1,9]	-8,8	10-33	[-19,4 -3,9]	-10	10-33
High-Falls	[-18,1 -3,4]	-8,3	10-33	[-22 -5,2]	-11,3	10-33
Masson	[-22,9 -1,1]	-13,6	10-33	[-27,1 -4,5]	-13,6	10-33
2050						
Mitchinamecus	[-10,1 3,6]	-2,7	10-33	[-12,6 0,3]	-4,7	10-33
Mont-Laurier	[-15 0]	-6,1	10-33	[-14,8 -3,6]	-9,2	10-33
Kiamika	[-16,2 -1,3]	-8,9	10-33	[-16,9 -6,5]	-11,8	0-10
Lac Poisson-Blanc	[-24,7 -6,9]	-17,9	10-33	[-30,6 -12]	-19,9	0-10
High-Falls	[-24,9 -6,9]	-18,3	10-33	[-32 -12,9]	-19,8	0-10
Masson	[-32,5 -9,9]	-22,1	10-33	[-36,3 -13,7]	-29,4	0-10

Source : Adapté de Guay, 2017

**Annexe 2. Articles d'événements extrêmes historiques ayant eu
lieu dans la ZGIE du COBAL**



A un cheveu d'une INONDATION

FERME-NEUVE (DNC) - La population du côté est de la rivière du Lièvre près de Ferme-Neuve, s'est comptée heureuse malgré le désagrément de plusieurs caves inondées, la semaine dernière, lorsqu'un embâcle qui s'était formé d'une part près du pont enjambant la Rivière du Lièvre dans le village de Ferme-Neuve et un autre qui s'était également formé au nord du rapide de la tortue près de Mont-Laurier, avait fait monter l'eau de plusieurs pieds et pendant un bout de temps, c'est à raison d'un

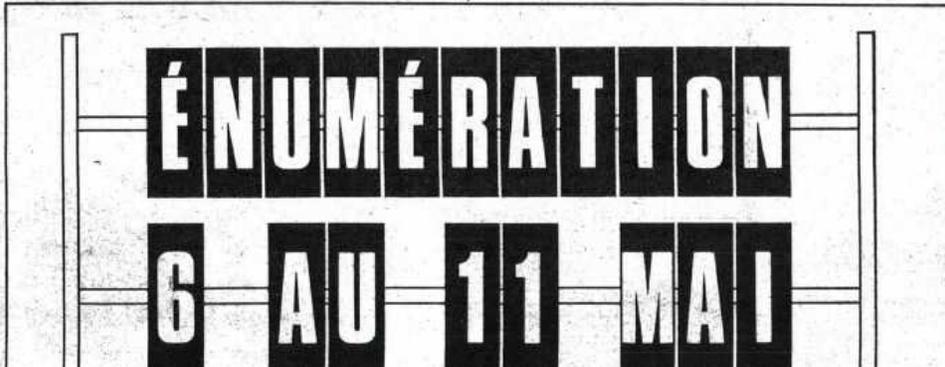
pouce de l'heure que l'eau montait.

L'on sait que cette année, la température s'est maintenue anormalement basse pour le printemps, à cause de cela, les risques d'inondations sont toujours plus forts, la raison en étant que la glace part beaucoup plus épaisse.

Maitre Maurice Crépeau, maire du village de Ferme-Neuve, a demandé et obtenu l'aide de la protection civile dont les attributions relèvent maintenant du ministère des Richesses naturelles, qui devait si nécessaire, faire sauter les embâcles afin de permettre libre cours à l'eau de la rivière. Il s'est avéré cependant que cette façon de procéder n'ait pas été nécessaire d'être employée, la pression de l'eau agissant comme bélier pour dégager, l'embâcle et du même coup, faire baisser rapidement la rivière.

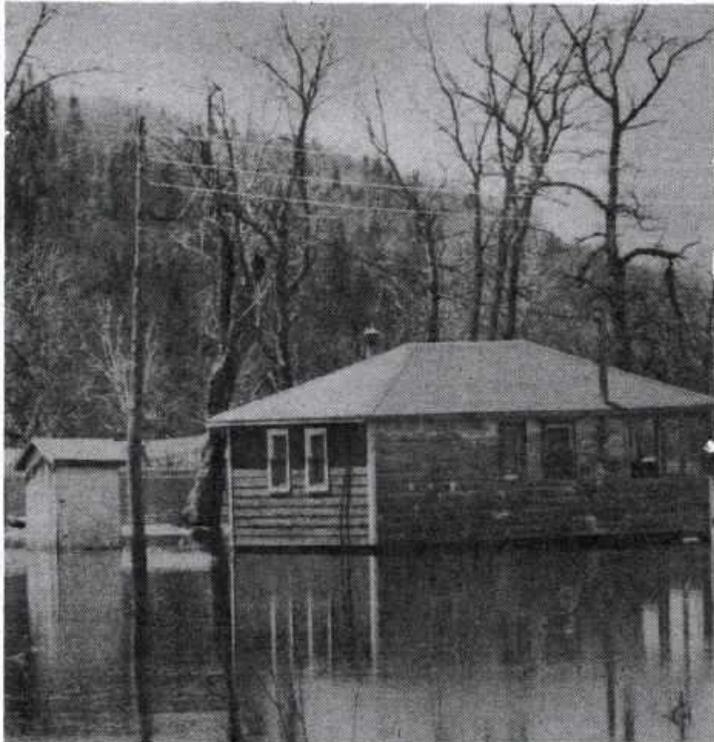
Il reste cependant que tous espèrent ce que tout le monde appelle le deuxième coup d'eau, ne viendra pas tout remettre en question.

Entre Ferme-Neuve et Mont-Laurier, à certains endroits, l'eau est montée assez fortement, comme en fait foi la photo.

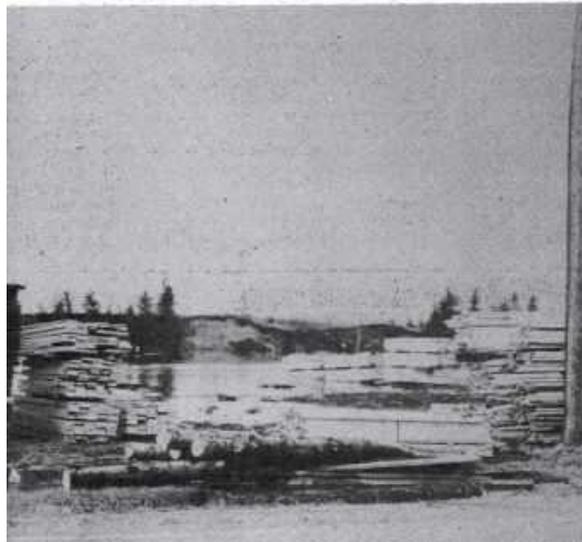


Le printemps a amené un surplus d'eau et La Lièvre a débordé le long de la 309. (Voir texte et photos ailleurs dans nos pages)

LA KIAMIKA DÉBORDE



Il n'y a pas que les gens résidant le long de la rivière du Lièvre, qui ont des problèmes avec la crue des eaux au printemps, puisque la rivière Kiamika est également sortie de son lit pour inonder les terres avoisinantes. La photo permet de constater la situation; ce chalet d'été, inhabité à ce temps-ci de l'année, est complètement entouré d'eau, tout comme ceux situés non loin de cet endroit, à quelques milles de Kiamika.



Sommes-nous exposés à la plus grosse crue de la Lièvre depuis 1947?

FERME-NEUVE (DNC) - Au cours des ans, les crues importantes de la rivière du Lièvre revenaient par des cycles, mais semble maintenant que les conditions climatiques changeantes nous amènent ces phénomènes plus souvent. Au moment d'aller sous presse mardi après-midi le 14 mai, la rivière du Lièvre à Ferme-Neuve n'était qu'à environ deux pieds de la hauteur qu'elle montait en 1970. Personne ne semblait particulièrement alarmé, mais si ce que l'on prévoit se concrétise, il y a fort à parier disent les plus vieux que l'on risque de voir une population du côté est de la rivière trouver avec les problèmes d'inondation que se rappellent les 40 ans et plus, soit celle de mai 1947 alors que le pont enjambant cette rivière avait été détruit dans un incendie, en septembre de l'année 1946, l'eau montant à certains endroits au plancher du second étage.

Nous fournissons à nos lecteurs quelques photos qui mieux que nos mots illustrent la situation mardi après-midi le 14 mai 1974.

PHOTO DU HAUT: La rivière du Lièvre mardi le 14 mai 1974 était déjà le double de sa largeur habituelle à la hauteur du village de Ferme-Neuve.

PHOTO DU BAS: La cour à bois du moulin Max M. Liée de Ferme-Neuve, qui risque à tout moment d'être grande partie submergée par la crue des eaux de la

NOUVEAU 22 MAI 1974 P. 4



A MONT-LAURIER

L'eau a monté, mais n'a jamais atteint

Pendant que l'inondation à Maniwaki atteignait un niveau désastreux et que plusieurs centaines de familles ont dû évacuer leurs demeures, l'eau montait également à Mont-Laurier, mais sans toutefois atteindre un niveau critique. Au plus fort de la crue, le parc de l'île Bell a dû être fermé à la circulation, ainsi que les rues débouchant dans ce coin.

La crue des eaux de la Lièvre a également forcé la Commission scolaire Pierre-Neveu à fermer l'école Jean XXIII, mais pour peu de temps et celle-ci ouvrirait ses portes mardi matin. La rue Achim a aussi été fermée par la ville de Mont-Laurier, alors que les eaux inondaient celle-ci et déversaient sur le pavé, du bois de lottage; plusieurs

sous-sol ont été inondés sur cette rue. Enfin, la crue des eaux a également noyé les terrains situés entre le boulevard Paquette et la rivière du Lièvre, et l'eau s'est rendue jusqu'au bord des fondations du Motel Sénateur, mais ne s'est pas rendue plus loin, pour ensuite se retirer lentement avec l'aide d'un soleil radieux.

Les premiers signes de l'inondation se sont fait sentir la semaine dernière, durant la journée de mardi, alors que l'Hydro-Québec prévoyait un coup d'eau pour la région de Maniwaki et que des pluies torrentielles s'abattaient sur cette région ainsi qu'à Mont-Laurier.

Les photos du haut donnent une idée de la situation au cours de la journée de mercredi dernier alors que l'extrémité de la

rue Achim était inondée (photo de gauche) et que l'eau montait sur le parc de l'île Bell (photo de droite).

Dans la région immédiate de Mont-Laurier, la route 309 a été inondée à environ cinq milles de Mont-Laurier en direction de Lac-des-Iles, sur une distance de 1,000 pieds. A Ferme-Rouge, les gens devaient passer par Kiamika pour se rendre à Mont-Laurier, car le chemin conduisant à cette municipalité était inondé et impraticable à la circulation automobile. C'est la municipalité de Ferme-Neuve qui a été le plus durement touchée dans la région, par la crue des eaux de la rivière du Lièvre (Texte et photos ailleurs dans nos pages).

Alors que Mont-

Laurier s'en tirait à bon compte avec la crue des eaux, le conseil de ville

décidait de prêter main-forte aux citoyens de Maniwaki, en envoyant deux

camions sur les lieux, afin de seconder les opérations de secours.



Au plus fort de l'inondation, on a dû procéder à la fermeture du pont permettant l'accès à l'île Bell, car l'eau passait au-dessus de celui-ci.

FERME-NEUVE (DNC)
 Alors que l'eau s'était tenue anormalement haute sur la rivière du Lièvre depuis trois semaines, la situation devenait périlleuse pour de nombreuses personnes demeurant du côté est de cette rivière plus particulièrement dans le village même et c'est plus de vingt familles qui durent quitter leur logis, un magasin qui devait être déménagé en totalité, et quatre autres commerces déménagés partiellement.
 L'eau sera devenue à plus de dix pieds au-dessus de son niveau habituel durant plus de quatre jours. Des dommages importants furent causés aux propriétés et aux biens meubles des individus, que l'on ne peut présentement évaluer l'eau ne s'étant pas complètement encore retirée.

Lors de crues encore plus importantes telle celle de 1947, il ne semble pas y avoir eu autant de dommages qu'au cours de celle de cette année. La raison étant que les infiltrations souterraines ont laissé craindre au pire pour de nombreux propriétaires qui ont dû envisager les désagréments et les pertes d'eau aux sous-sols aménagés soit en salles de jeux ou encore en salon quand ce n'était pas des pièces même de la maison utilisées comme chambres et autres. Ce phénomène de longue période d'inondation était quand même nouveau à Ferme-Neuve.

Lorsqu'une inondation s'est produite, il se trouve

L'INONDATION SE TERMINE À FERME-NEUVE

toujours toutes sortes de gens qui croient avoir trouvés les raisons d'un tel phénomène, les je le savais deviennent toujours faciles, les je m'en doutais sont aussi nombreux, les vrais raisons échappent toujours à à peu près tout le monde, si ce n'est que certaines conditions comme un printemps tardif et comme le disait une personne qui a toujours un gros bon sens (peut-être les coupes de bois et le sol de plus en plus dégarni causent-ils un écoulement plus rapide de l'eau) sont-elles les raisons les plus valables, toujours est-il que c'est maintenant presque terminé, dans quelques jours ce le sera, et espérons le pour longtemps.

Possibilités d'aide financières

Le député Roger Lapointe a tenu à rassurer la population touchée par les inondations; il a déclaré qu'il avait demandé que le comité inter-ministériel formé pour évaluer les dommages causés par les inondations à travers le Québec, se rende à Mont-Laurier et à Ferme-Neuve et les autres endroits de la région: selon M. Lapointe, ce comité devrait être dans la région aujourd'hui ou dans les jours qui suivront. Ce comité devra présenter par la suite, un rapport au conseil des ministres, qui prendra une décision.



Cette photo, qui date de 1947, montre le même coin de rue, que la photo du haut de la page opposée. Cette photo est une gracieuseté de M. Raymond Ouellette de Ferme-Neuve.



Ce n'est pas encore les gondoles, mais la chaloupe autant que le canot devenait non pas de mise, mais d'obligation; c'est à bord de l'une de ces embarcations que le député Roger Lapointe a fait le tour de la partie inondée pour se rendre compte par lui-même de l'étendue des dommages.



Paysage de désolation, qui prouve hors de tout doute combien l'homme est faible devant le déchaînement de la nature.

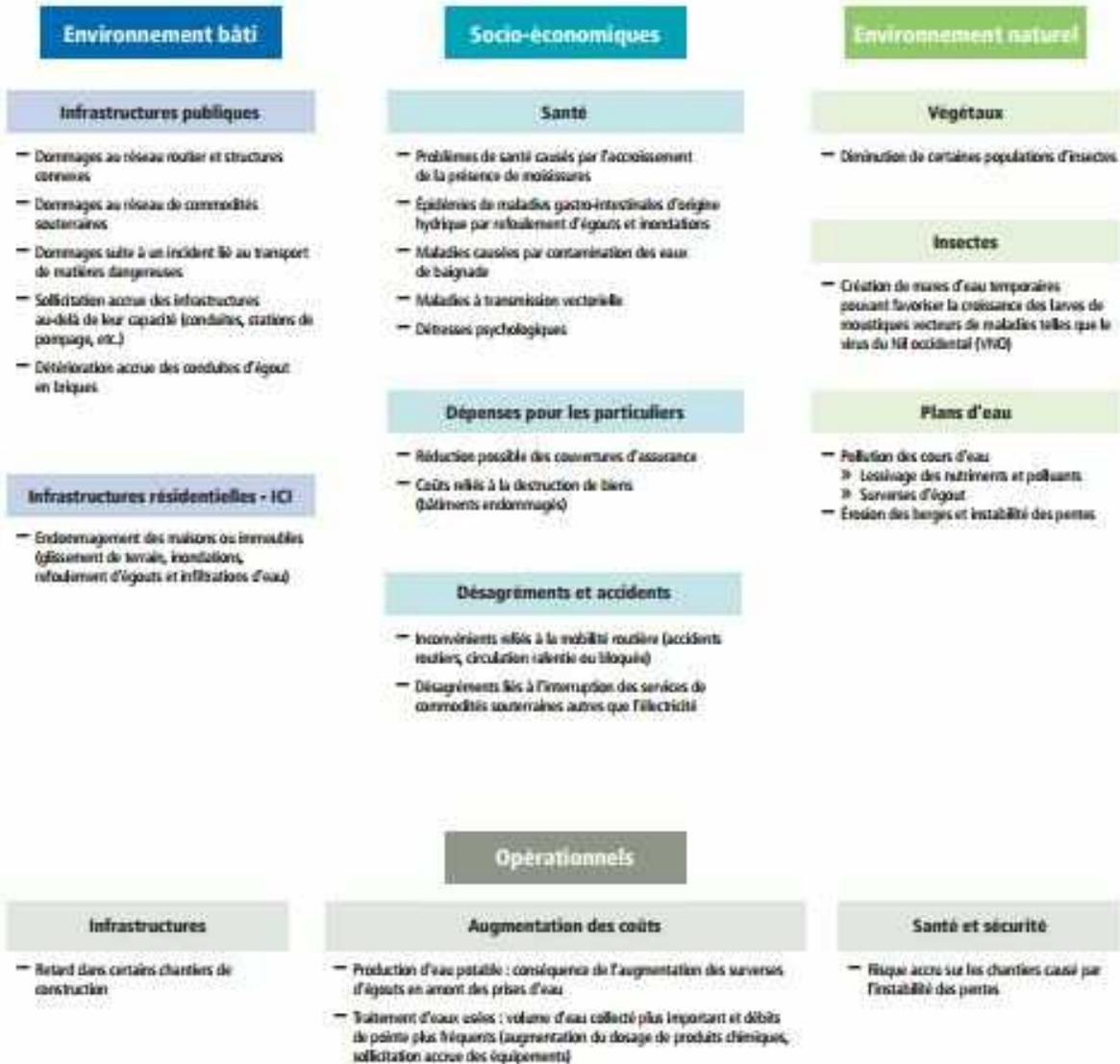
**Annexe 3. Exemple de présentation des mesures d'adaptation du
Plan d'adaptation aux changements climatiques de la communauté
métropolitaine de Montréal**

TABEAU 2.1
L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EN QUELQUES CHIFFRES

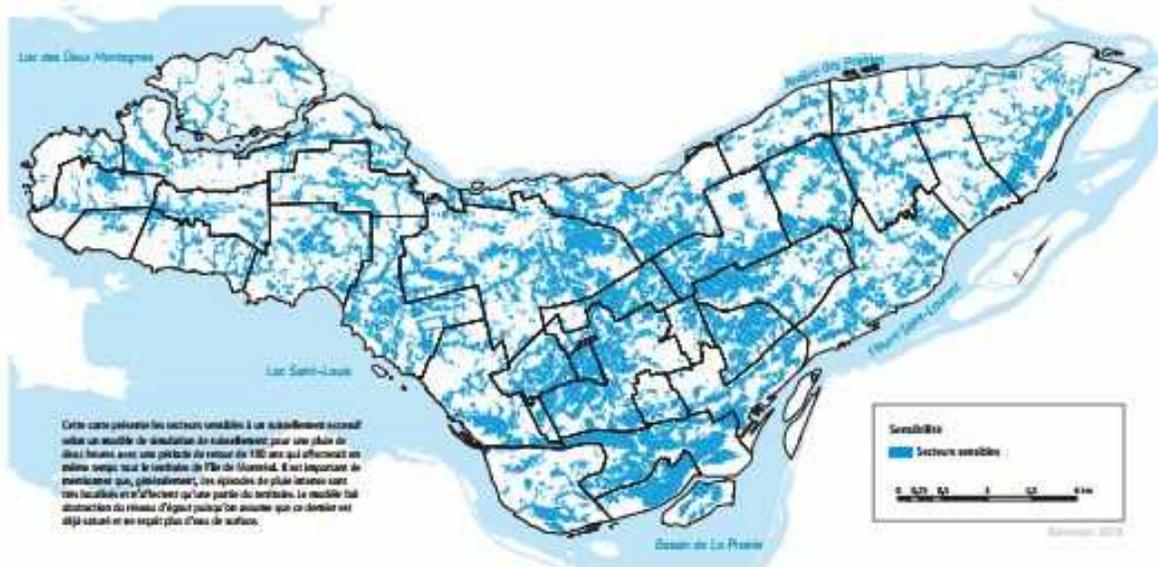
1,9 million	de personnes habitaient sur l'île de Montréal en 2011 (en hausse de 5,1 % par rapport à 2006)
3 780	personnes au kilomètre carré (2011) ^{141, 151}
45 %	de la population se concentre dans les villes reconstituées et les arrondissements centraux, soit Ahuntsic-Cartierville, Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, Le Plateau-Mont-Royal, Mercier-Hochelaga-Maisonneuve, Rosemont-La Petite-Patrie et Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension
10 %	de la population habite les arrondissements et les villes reconstituées des extrémités de l'île
15 %	de la population a entre 0 et 14 ans (287 635 personnes)
11 %	de la population est âgée entre 65 et 79 ans (203 720 personnes)
5 %	est âgée de 80 ans et plus, dont 51 hommes pour 100 femmes dans cette tranche d'âge (91 575 personnes)
33 %	de la population de l'agglomération est immigrante, soit 1 résident sur 3 (610 000 personnes) ¹⁴¹
52,4 %	de la population de Saint-Laurent est immigrante, suivi de près par Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce avec 47,7 % et Villeray-Saint-Michel-Parc-Extension avec 43,9 % ¹⁶¹
54,3 %	de la population parle le français à la maison (25,3 % l'anglais et 20,4 % d'autres langues)
2,6 %	de la population (soit 48 540) ne connaît ni le français ni l'anglais
39,2 %	des ménages sont composés d'une seule personne (hausse de 4,9 % entre 2006 et 2011) ¹⁶³
35,8 %	des personnes âgées de 65 ans et plus vivent seules
29 %	de la population de l'île de Montréal vit sous le seuil de la pauvreté (faible revenu*)
80 %	du parc de logement est constitué d'appartements (plex et immeubles à logements)
11,7 %	de maisons individuelles
42 %	du parc de logement a été construit avant 1961 (18 % avant 1946)
1	aéroport international avec un trafic de 13,7 millions de voyageurs annuellement
1	port, le 2 ^e plus grand au Canada, avec plus de 28 millions de tonnes de marchandises diverses qui y transitent
4	universités (2 francophones et 2 anglophones) fréquentées par 170 000 étudiants ¹⁰⁹
42	établissements de santé, dont les principaux sont le Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM) et le Centre universitaire de santé McGill (CUSM) ¹⁴⁴

* Le seuil de faible revenu se définit comme le niveau de revenu selon lequel on estime que les familles consacrent 20 % de plus que la moyenne générale à la nourriture, au logement et à l'habillement.

FIGURE 5.6
EXEMPLES D'IMPACTS POTENTIELS DES PLUIES ABONDANTES SUR L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL



SECTEURS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL EXPOSÉS AUX INONDATIONS CAUSÉES PAR LE RUISSELLEMENT EXCESSIF



**CARTE 5.5
 VULNÉRABILITÉ AUX PLUIES ABONDANTES DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL**



ANNEXE D : MATRICE D'ÉVALUATION DES IMPACTS

IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES		AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES						
		BOYERSON DE LA SAISON ESTIVALE	REDUCTION DE LA NEIGE EN HYVER ET AUGMENTATION DES PERIODES DE GEL DUR	PLUIES ABONDANTES	VAGUES DE CHALEUR	TEMPÊTES DESTRUCTRICES	SÈCHESSES	ONDES
1. SANTÉ	1.1 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé causés par la pollution atmosphérique	2,50	-	-	1,75	-	1	-
	1.1.1 Le smog et les particules fines	2,00	-	-	2,50	-	2,00	-
	1.1.2 Les pollens	2,00	-	-	1,00	-	2,00	-
	1.2 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé causés par l'accroissement de la présence de moisissures	-	2,00	2,00	-	-	-	2,50
	1.3 Augmentation de la prévalence d'épidémies de maladies d'origine hydrique par contamination des eaux de baignade	-	-	1,00	1,00	-	1,00	-
	1.4 Augmentation de la prévalence d'épidémies de maladies gastro-intestinales d'origine hydrique par refoulement d'égouts et inondations	-	-	1,00	-	-	-	1,00
	1.5 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé causés par l'augmentation de l'exposition aux rayons UV	1,00	-	-	-	-	-	-
	1.6 Augmentation de la prévalence des maladies à transmission vectorielle et zoonoses	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-
	1.7 Augmentation de la prévalence des problèmes de santé liés au déséquilibre de la température corporelle (hyperthermie et hypothermie)	-	-	-	3,00	0,00	-	-
	1.8 Augmentation de la prévalence des traumatismes psychologiques	-	-	2,00	-	1,50	-	1,50
1.9 Augmentation des problèmes de santé causés par la limitation des déplacements	-	-	0,00	3,00	3,00	-	0,50	
	Sous-Total	1,50	1,50	1,17	2,19	1,50	2,00	1,38
2. DÉPENSES POUR LES PARTICULIERS	2.1 Augmentation des primes d'assurance et réduction des couvertures	-	-	3,00	-	1,00	-	1,00
	2.2 Pertes économiques personnelles	-	-	1,08	1,50	1,83	-	0,78
	2.2.1 Absentéisme	-	-	0,50	1,50	1,25	-	0,50
	2.2.2 Cessation temporaire d'emploi	-	-	0,75	1,50	1,25	-	0,50
	2.2.3 Limitation des déplacements	-	-	2,00	-	3,00	-	1,33
	2.3 Coûts reliés à la destruction de biens	-	-	1,75	-	3,00	2,00	1,67
	Sous-Total			1,94	1,50	1,94	2,00	1,15

CATÉGORIES DES MESURES D'ADAPTATION POUR CHAQUE ALÉA CLIMATIQUE

 <p>AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES MOYENNES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protéger la biodiversité - Augmenter la résilience des infrastructures face au phénomène de gel-dégel - Adapter l'offre d'activités récréatives hivernales et les opérations d'entretien - Augmenter l'offre d'activités récréatives estivales et les opérations d'entretien - Lutter contre les espèces végétales indésirables
 <p>PLUIES ABONDANTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Retenir ou récupérer les eaux de pluie - Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments face aux eaux de ruissellement - Minimiser les surfaces imperméables - Assurer la capacité des réseaux d'égout pluvial et d'égout unitaire - Augmenter et préserver la couverture végétale - Développer des mesures d'urgence pour les pluies abondantes
 <p>VAGUES DE CHALEUR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contrer les îlots de chaleur - Aménager des lieux permettant de se rafraîchir et d'éviter l'exposition à la chaleur accablante (îlots de fraîcheur) - Protéger la biodiversité contre les vagues de chaleur - Développer des mesures d'urgence pour les vagues de chaleur
 <p>TEMPÊTES DESTRUCTRICES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments face au vent et au verglas - Développer des mesures d'urgence en cas de panne d'électricité prolongée (conditions hivernales) - Augmenter la résilience de la végétation face au vent et au verglas
 <p>SÈCHERESSES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer la qualité et la quantité d'eau potable - Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments à l'assèchement des sols - Augmenter la résilience de la végétation face aux sécheresses
 <p>CRUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Augmenter la résilience des infrastructures et des bâtiments aux inondations de rives - Développer des mesures d'urgence pour les zones inondables - Augmenter la stabilité des berges face à l'érosion

STRUCTURE TYPE D'UNE FICHE DE MESURES D'ADAPTATION





Mesures d'adaptation à l'augmentation de la température moyenne : Protéger la biodiversité

Services qui mettront en œuvre cette mesure

SERVICES	PLANS, POLITIQUES, PROGRAMMES ET AUTRES INITIATIVES	ORIENTATIONS, OBJECTIFS, ACTIONS EN LIEN AVEC L'ALÉA	EN COURS	2020
Direction générale - Division du développement durable	Plan de développement durable de la collectivité montréalaise 2010-2015	<p>Action 8 : Expérimenter des solutions de remplacement aux abrasifs minéraux</p> <p>Action 31 : Établir un cadre de collaboration pour protéger et mettre en valeur des territoires riches en biodiversité</p> <p>Action 32 : Tirer profit des infrastructures vertes et de leurs services écologiques en milieu urbain</p> <p>Action 34 : Renforcer la gestion écologique des espaces verts sur le territoire montréalais</p>	X	
Service de la diversité sociale et des sports	Programme de revitalisation urbaine intégrée (RUI)	<p>RUI Territoire Nord-Est (Montréal-Nord) : projet de verdissement en périphérie des aires de jeux de cinq écoles, ce qui favorise la biodiversité végétale.</p> <p>RUI Hodge-Place Benoît (Saint-Laurent) : projet de mise en place d'un complexe de production maraîchère biologique en serres en milieu urbain ; une demi-serre sera dédiée à la recherche appliquée et au développement dans le but d'introduire de nouvelles cultures afin de diversifier l'offre de légumes.</p>	X	
Service de la mise en valeur du territoire	Schéma d'aménagement et de développement de l'agglomération de Montréal - Schéma (2015)	<p>Orientation : Assurer la réduction des risques associés aux impacts des changements climatiques</p> <p>Objectif : Augmenter l'indice de canopée à 25 % d'ici 2025 ainsi que le verdissement général du territoire</p> <p>Orientation : Assurer la protection et la mise en valeur des territoires d'intérêt écologique</p> <p>Objectif : Accroître à moyen terme la part des aires protégées terrestres à 10 % du territoire et davantage, à plus long terme</p>	X	
Service de la mise en valeur du territoire	Plan d'urbanisme de Montréal (2004)	<p>Objectif 16 : Préserver et mettre en valeur le patrimoine naturel</p> <p>Action 16.1 : Préserver et mettre en valeur les milieux naturels en favorisant leur intégration au développement urbain</p>	X	
Service de l'environnement	Plan de développement durable de la collectivité montréalaise 2010-2015	Action 34 : Renforcer la gestion écologique des espaces verts sur le territoire montréalais	X	

