

Atlas web de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques



Rapport de recherche



Équipe de travail

Responsables du projet

Nathalie Barrette
Marie-Hélène Vandersmissen
Francis Roy

Principaux collaborateurs

Guy Mercier
Yves Brousseau
Étienne Berthold
Éric Guilbert
Benoit Lalonde

Comité de suivi

Yves Beaudoin
Amélie Genois
Ray Bustinza
Marylène Thibault
Nathalie Bleau

Professionnels de recherche

Benoit Lalonde
Louis-Pierre Tanguay
Maude Dionne

Étudiants et auxiliaires

Laurent Aubin
Maude Chartrand
Jean-Simon Déry
Pricette Dovonou
Jean-Philippe Gilbert
Katherine Girard
Guillaume Haemmerli
Laurent Lainesse-Robitaille
Xavier Roux Racine
Louis-Pierre Tanguay
Jean-Louis Tedone
Simon Turcotte

Table des matières

1. Introduction	1
2. Enquête auprès des professionnels et aménagistes des municipalités du Québec	4
2.1 Introduction	4
2.2 Objectifs	5
2.3 Méthodologie	6
2.4 Résultats, analyse et discussion	14
2.5 Conclusion et recommandations.....	99
3. Construction et cartographie des indices de vulnérabilité aux aléas climatiques	100
3.1 Introduction	100
3.2 Objectifs	100
3.3 Cadre conceptuel et revue de la littérature	101
3.4 Méthodologie	120
3.5 Résultats.....	171
3.6 Validation	195
3.7 Conclusion et recommandations.....	215
4 Production de l’atlas de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques	217
4.1 Introduction	217
4.2 Objectifs	218
4.3 Revue des solutions technologiques de cartographie Web	218
4.4 Élaboration et évaluation d’un prototype	219
4.5 Élaboration d’une version finale de l’application.....	220
4.6 Porte d’entrée à l’atlas	225
4.7 Conclusion et recommandations.....	225
5. Conclusion	227
Références.....	228
Annexe	238

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les variables jugées prioritaires et essentielles retenues pour l'atlas par les participants	90
Tableau 2 : Les variables prioritaires, mais non essentielles retenues pour l'atlas par les participants	94
Tableau 3 : Les variables jugées non prioritaires et non essentielles retenues pour l'atlas par les participants	95
Tableau 4 : Définitions de la vulnérabilité	111
Tableau 5 : Différences entre faire face et s'adapter	117
Tableau 6 : Sources et bases de données utilisées dans le cadre du projet	122
Tableau 7 : Indicateurs sélectionnés pour le projet	124
Tableau 8 : Résultats des tests des barycentres	162
Tableau 9 : Analyse en composantes principales - Sensibilité – Aléas hydrométéorologiques	174
Tableau 10 : Analyse en composantes principales - Sensibilité - Vagues de chaleur	176
Tableau 11 : Analyse en composantes principales - Capacité à faire face – Aléas hydrométéorologiques	178
Tableau 12 : Analyse en composantes principales - Capacité à faire face - Vagues de chaleur	180
Tableau 13 : Classification de la vulnérabilité brute	183
Tableau 14 : Corrélation de Spearman entre les facteurs de sensibilité	201
Tableau 15 : Résultats de l'analyse d'autocorrélation spatiale globale	210
Tableau 16 : Résidus de l'analyse d'autocorrélation	210
Tableau 17 : Validation de la sensibilité – Rho de Spearman	211
Tableau 18 : Validation de la sensibilité – Indice Kaiser-Myer-Olin (KMO)	212
Tableau 19 : Synthèse des résultats des ACP – Aléas hydrométéorologiques	213
Tableau 20 : Synthèse des résultats des ACP – Vagues de chaleur	214
Tableau 21 : Validation de la stationnarité – Rho de Spearman	215
Tableau 22 : Couches d'information géographique insérées dans les applications	220
Tableau 23 : Liste des widgets intégrés à la version finale des applications cartographiques	223
Tableau 24 : Validation de la classification - Test de Kappa	271
Tableau 25 : Test de Kappa sur le classement des températures	274
Tableau 26 : Données météorologiques	276

Liste des figures

Figure 1 : Répartition géographique des MRC et des municipalités ayant participé au sondage	8
Figure 2 : Répartition des personnes ayant participé au sondage par type de profession	9
Figure 3 : Nombre de personnes et nombre cumulé de personnes ayant participé au sondage Web et jours de rappel (gris).....	13
Figure 4 : Type d'aléas ciblés par le projet et touchant les MRC et municipalités des répondants	15
Figure 5 : Autres aléas touchant les MRC et municipalités des répondants au sondage	22
Figure 6 : Manières dont le climat est intégré dans la pratique des professionnels de l'aménagement	29
Figure 7 : Façons dont les risques associés aux aléas climatiques sont pris en compte aux fins de la gestion et de la planification du territoire	32
Figure 8 : Stratégies d'adaptation appliquées par les répondants	42
Figure 9 : Facteurs rendant certains groupes de la population plus susceptibles de subir des préjudices lors de la survenue d'aléas climatiques extrêmes.....	44
Figure 10 : Existence de ressources naturelles ou des infrastructures à risque, nécessitant d'être protégé en cas d'événements climatiques extrêmes.....	46
Figure 11 : Fréquence d'utilisation des outils ou sources d'informations destinés à aider les municipalités et les MRC à faire face aux risques des aléas climatiques	49
Figure 12 : Niveaux de mise à jour, complétude et de réponse aux besoins des outils ou sources d'information destinés à aider les municipalités et les MRC à faire face aux risques des aléas climatiques	50
Figure 13 : Niveau de préoccupation des citoyens des MRC et des municipalités selon les professionnels ayant répondu au sondage	55
Figure 14 : Moyen de partage d'information concernant les risques liés aux aléas climatiques avec les citoyens	61
Figure 15 : Manière avec laquelle les cartes des indicateurs de vulnérabilité de la population présentes au sein de l'atlas Web en préparation pourraient être utilisées dans le cadre des fonctions en planification territoriale	66
Figure 16 : Fichiers de données souhaitées par les personnes sondées	70
Figure 17 : Paramètres socioéconomiques et démographiques souhaités par les personnes sondées	71
Figure 18 : Horizon temporel passé et futur souhaité dans la consultation de l'information sur l'évolution du climat	73
Figure 19 : Paramètre climatique souhaité par les personnes sondées	74
Figure 20 : Utilisation appréhendée d'un outil destiné à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques	79
Figure 21 : Maîtrise des technologies de cartographie dans l'équipe de travail, par type de municipalité ou de MRC	81

Figure 22 : Utilisation de technologies mobiles dans le cadre du travail	82
Figure 23 : Format, autre que cartographique, dans lequel les personnes souhaiteraient avoir accès aux données	85
Figure 24 : Classification en poupées russes des différents types de vulnérabilité (traduction libre à partir de Birkmann, 2007)	104
Figure 25 : Les composantes du risque.....	109
Figure 26: Étapes du déplacement des barycentres de lots	160
Figure 27 : Nombre de résidences à l'étude	161
Figure 28 : Comparaison des méthodes de répartition spatiale des résidences	162
Figure 29 : Étapes de sélection des barycentres	164
Figure 30 : Étapes de représentation de l'écoumène	167
Figure 31 : Écoumène québécois	168
Figure 32 : Standardisation Min-Max Rescaling Transformation	173
Figure 33 : Sensibilité aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec	175
Figure 34 : Sensibilité aux vagues de chaleur – Grande région de Québec	177
Figure 35 : Capacité à faire face aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec.....	179
Figure 36 : Capacité à faire face aux vagues de chaleur – Grande région de Québec.....	181
Figure 37 : Vulnérabilité brute aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec	184
Figure 38 : Vulnérabilité brute aux vagues de chaleur – Grande région de Québec	185
Figure 39 : Classification de la vulnérabilité relative – Aléas hydrométéorologiques	187
Figure 40 : Classification de la vulnérabilité relative - Vagues de chaleur	187
Figure 41 : Vulnérabilité relative aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec.....	188
Figure 42 : Vulnérabilité relative aux vagues de chaleur – Grande région de Québec.....	189
Figure 43 : Indicateur de climatisation	192
Figure 44 : Indicateur de maladies chroniques.....	194
Figure 45 : Schéma d'une aire de diffusion divisée par le quadrillage de l'indice de vulnérabilité de Montréal ..	204
Figure 46 : Valeur de la vulnérabilité selon le code de couleur	205
Figure 47 : Corrélation entre la capacité à faire face (2016) et la moyenne pondérée de la capacité à faire face (2006) – Vagues de chaleur	207
Figure 48 : Corrélation entre la sensibilité (2016) et la moyenne pondérée de la sensibilité (2006) – Vagues de chaleur	208
Figure 49 : Corrélation entre la capacité à faire face (2016) et la moyenne pondérée de la capacité à faire face (2006) – Aléas hydrométéorologiques	208

Figure 50 : Corrélation entre la sensibilité (2016) et la moyenne pondérée de la sensibilité (2006) – Aléas hydrométéorologiques	209
Figure 51 : Méthode Ulaval	265
Figure 52 : Variables du modèle prédictif (Bouffroy et al., 2013).....	268
Figure 53 : Îlots de chaleur urbain – Méthode CERFO - Région de Québec (USGS, 2017a).....	272
Figure 54 : Îlots de chaleur urbain – Méthode Ulaval - Région de Québec (USGS, 2017a)	272
Figure 55 : Îlots de chaleur urbain 2013 (USGS, 2017a)	277
Figure 56 : Îlots de chaleur urbain 2017 (USGS, 2017a)	277
Figure 57 : Évaluation temporelle des îlots de chaleur urbain - Zone 1	1
Figure 58 : Évaluation temporelle des îlots de chaleur urbain - Zone 2	2
Figure 59 : Évaluation temporelle des îlots de chaleur urbain – Zone 3	3

Liste des abréviations, sigles et acronymes

AARQ	Association des aménagistes régionaux du Québec
ACP	Analyse en composantes principales
AD	Aire de diffusion
AGOL	ArcGIS Online
AQ	Adresses Québec
ArcGIS	Suite de logiciels d'information géographique
BDTQ	Base de données topographiques du Québec
CEHQ	Centre d'expertise hydrique du Québec
CERFO	Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy
CHSGS	Centre hospitalier de soins généraux et spécialisés
CLSC	Centre local de services communautaires
CPTAQ	Commission de protection du territoire agricole
DGUL	Département de géographie de l'Université Laval
DMTI	DMTI Spatial Inc.
FQM	Fédération québécoise des municipalités
ICU	Îlot de chaleur urbain
ID	Îlot de diffusion
IDF	Intensité, Durée et Fréquence
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
ISQ	Institut de la statistique du Québec
KMO	Kaiser-Myer-Olin
LAU	Loi sur l'aménagement et l'urbanisme
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire

MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MRN	Ministère des Ressources naturelles
MSP	Ministère de la Sécurité publique
MTQ	Ministère des Transports du Québec
MRC	Municipalité régionale de comté
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
OBV	Organisme de bassin versant
OUQ	Ordre des urbanistes du Québec
PACES	Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines
PPAT	Portail provincial en aménagement du territoire
PU	Plan d'urbanisme
RC	Recensement Canada
RCP	Representative concentration pathways
REF	Rôle d'évaluation foncière
SAD	Schéma d'aménagement et de développement
SIG	Système d'information géographique
UMQ	Union des municipalités du Québec
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction

1. Introduction

Il est reconnu par la communauté scientifique que les changements climatiques seront inévitables au niveau mondial (IPCC, 2014) et auront des répercussions tout autant sur le territoire canadien (Peters *et al.*, 2015) que québécois (Bourque et Simonet, 2008). Leurs impacts menacent la santé et la sécurité des populations, notamment par l'augmentation de la fréquence d'événements climatiques extrêmes qui en résulte (UNISDR, 2015). L'accroissement de l'intensité, ainsi que de la fréquence de ces événements climatiques extrêmes engendrés par les changements climatiques génère une certaine précarité pour différents groupes et communautés. De multiples aléas climatiques, tels que les vagues de chaleur accablante et les aléas hydrométéorologiques, ont des effets sur la mortalité et la morbidité de la population (Haines *et al.*, 2006). L'analyse de l'impact de la vague de chaleur ayant sévi à l'été 2003 en Europe a révélé une augmentation significative des morts prématurées (Conti *et al.*, 2003; Ledrans, 2003). À l'été 2010, le Québec a été frappé par une vague de chaleur sans précédent, qui a eu pour effet d'accroître de manière significative, dans certaines régions, le nombre d'admissions aux urgences et le taux de mortalité brut (Bustinza *et al.*, 2013). Le 2 juillet 2018, Montréal enregistrait un record historique de température élevée, la canicule vécue durant cet été ayant potentiellement joué un rôle dans le décès de 90 personnes dans l'ensemble de la province du Québec, dont 54 dans la grande région de Montréal (Samenow, 2018). Or la vulnérabilité de la population varie dans l'espace comme dans le temps, rendant certains groupes plus vulnérables que d'autres.

L'analyse de l'information spatiale et des caractéristiques de celle-ci est la clé pour comprendre ce contexte dynamique. En tenant compte des domaines économiques, sociaux et territoriaux, on peut repérer dans la société certains groupes avec un état de vulnérabilité amplifié par leurs différents caractères intrinsèques (Garbutt *et al.*, 2015). Cela fait en sorte d'augmenter la façon dont ces communautés, et plus spécifiquement les individus, sont affectées par les aléas climatiques. Par exemple, diverses caractéristiques individuelles (âge, mobilité réduite, pharmacodépendance, appartenance à une minorité ethnique, non-maîtrise de la langue commune, etc.) peuvent être utilisées dans une analyse contextuelle de la vulnérabilité (IPCC, 2014). Dans le cas des aléas hydrométéorologiques, les jeunes enfants seraient également plus à risque de maladie par transmission fécale-orale et, à cause de leurs capacités cognitives et de

mobilité moindre, seraient plus à risque de blessures et de mort (Ahern *et al.*, 2005). L'accessibilité spatiale aux services de soins de santé et d'urgence peut s'avérer significative dans l'efficacité des interventions et même, dans certains cas, être déterminante dans la survie des individus (Powell, 1995; Zhang et You, 2013; Eidsvig *et al.*, 2014; Loughnan *et al.*, 2014). Ainsi, l'analyse géographique de la vulnérabilité favorise une meilleure compréhension des enjeux territoriaux qui en découlent, et rend possible la conception de meilleures stratégies d'atténuation d'impacts. Ainsi, ce qui retient le plus l'attention est la vulnérabilité de la population face à ces impacts particuliers.

Ce projet a pour but de mettre à la disposition des municipalités et du grand public un atlas interactif de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques. Cet outil fournit des informations sur la distribution géographique de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas. Conçue pour répondre directement aux besoins des municipalités du Québec, cette cartographie représente la distribution géographique de la vulnérabilité en spécifiant, pour chaque zone, leur intensité. Munies de cette information, les autorités municipales pourront réduire les pertes matérielles et les impacts sanitaires causés éventuellement par les aléas climatiques, réagir plus adéquatement lorsque ces aléas surviendront et assurer, après coup, une plus grande résilience. Ainsi, l'objectif principal du projet est d'élaborer, à des fins de prévention, d'intervention et de relèvement, un atlas interactif en ligne pour analyser la vulnérabilité à la survenue d'aléas climatiques au Québec. Les objectifs spécifiques sont :

- Identifier et documenter les besoins des gestionnaires, des professionnels et des aménagistes des municipalités du Québec en matière d'outils d'évaluation et de cartographie des vulnérabilités aux aléas climatiques;
- Construire plusieurs indices cartographiables afin d'estimer différentes dimensions de la vulnérabilité aux vagues de chaleur et aux aléas hydrométéorologiques, en considérant l'échelle géographique et temporelle appropriée pour élaborer adéquatement diverses mesures de prévention, d'intervention et de relèvement;
- Produire un atlas interactif en ligne permettant de diffuser les indices de vulnérabilité des communautés du Québec municipalisé.

Afin de correspondre aux objectifs spécifiques du projet, ce rapport est divisé en trois chapitres, soit :

- Enquête auprès des professionnels et aménagistes des municipalités du Québec;
- Construction et cartographie d'indices de vulnérabilité aux aléas climatiques;
- Production de l'atlas de vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques.

2. Enquête auprès des professionnels et aménagistes des municipalités du Québec

2.1 Introduction

Les municipalités, qu'elles soient locales ou régionales, ont à faire face aux conséquences sociales et économiques associées aux aléas climatiques extrêmes. À l'exception de quelques grandes villes, les municipalités ne disposent généralement pas des ressources humaines et matérielles pour effectuer l'analyse géographique des vulnérabilités aux aléas, ce qui peut les rendre passablement démunies devant cette menace, malgré qu'elles doivent assumer leurs responsabilités vis-à-vis de la sécurité de leurs citoyens. L'atlas présenté dans ce projet les aidera à mieux se préparer, à optimiser et à prioriser les actions à mettre en œuvre pour faire face aux aléas et s'y adapter.

Dans un premier temps, il a été nécessaire de comprendre la situation spécifique des municipalités québécoises face aux risques que représentent certains aléas climatiques et, s'il y a lieu, les mesures d'adaptation mises en œuvre. Les aléas ciblés par ce chapitre portant sur l'enquête auprès des professionnels et aménagistes des municipalités du Québec sont les inondations, les vagues de chaleur et l'érosion des berges¹. De plus, il est important de connaître les besoins des municipalités en matière d'informations, de données et d'outils pour faciliter la planification territoriale face aux aléas climatiques sur le territoire. Une large consultation a donc été menée auprès des professionnels et aménagistes des municipalités du Québec. Cette consultation a été effectuée en trois étapes. Premièrement, un sondage en ligne a été conçu pour l'ensemble des municipalités du Québec. Deuxièmement, des entrevues semi-dirigées ont été réalisées auprès de certaines municipalités sélectionnées selon un plan d'échantillonnage. À la suite de l'analyse des données extraites des entrevues individuelles et du sondage, une liste préliminaire des besoins a été établie par l'équipe de recherche. Troisièmement, un groupe de discussion a été formé dans l'objectif de vérifier et de préciser cette première liste des besoins exprimés par les professionnels et les aménagistes des organisations municipales du Québec.

¹ Les aléas *inondation* et *érosion des berges* ont été séparés dans le cadre du sondage en ligne, des entrevues et du groupe de discussion. Ces deux aléas sont compris dans « aléas hydrométéorologiques » pour la suite du projet, soit pour les chapitres 3 et 4.

Ce chapitre présente les méthodes adoptées pour réaliser les trois consultations, de même que les résultats obtenus. En ce qui concerne la section méthodologie, chaque consultation est présentée dans une sous-section distincte. Par contre, dans la partie sur l'analyse des résultats, les résultats obtenus de l'analyse du sondage en ligne et ceux issus des entrevues sont fusionnés, mais il est chaque fois précisé si c'est l'enquête ou le sondage qui a procuré le résultat en question. L'analyse du groupe de discussion suit l'analyse des résultats du sondage en ligne et des entrevues. Suite à ces analyses des préoccupations et des besoins des utilisateurs potentiels, il a été possible de construire et de cartographier les indices de vulnérabilité aux aléas climatiques (chapitre 3) et de produire l'atlas de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques (chapitre 4).

2.2 Objectifs

L'objectif principal de ce chapitre est de comprendre la situation spécifique des municipalités québécoises face aux risques que représentent certains aléas climatiques. Pour ce faire, trois objectifs spécifiques ont été identifiés :

- Le premier objectif spécifique correspond aux entrevues : comprendre les spécificités des municipalités, en lien avec les trois aléas ciblés par ce chapitre, en termes de préoccupations, de niveau de vulnérabilité, et de besoins d'informations, de données et d'outils.
- Le deuxième objectif spécifique correspond au sondage en ligne : avoir une vue d'ensemble de la préoccupation des municipalités par rapport à la question des aléas climatiques et, plus spécifiquement, par rapport aux trois aléas ciblés par ce chapitre. De plus, cet objectif vise à comprendre les tendances en termes de besoin d'informations, de données et d'outils pour améliorer leur capacité en matière de planification territoriale.
- Le troisième objectif spécifique correspond au groupe de discussion et se divise en quatre sous-objectifs spécifiques :
 - Confirmer et/ou ajuster les données socioéconomiques, démographiques, environnementales et climatiques qui seront disponibles dans l'atlas à l'aide d'exemples concrets d'utilisation dans leur pratique d'aménagiste;

- Déterminer les échelles géographiques de calcul et d’affichage des indicateurs et indices qui seront utilisées;
- Recueillir l’opinion des participants sur les technologies mobiles utilisées, les fonctions de calcul à intégrer, la présentation des données et l’ergonomie de l’interface idéale;
- Discuter de l’intégration du contenu de l’atlas aux outils géomatiques municipaux et inversement.

2.3 Méthodologie

L’atlas doit répondre aux besoins actuels et anticipés des gestionnaires et des spécialistes de l’aménagement du territoire œuvrant au Québec dans les municipalités² et les municipalités régionales de comté³ (MRC). Son usage doit aussi être adapté aux pratiques de ces mêmes gestionnaires et spécialistes. Pour chaque consultation (sondage, entrevue et groupe de discussion), nous présenterons une section sur la population à l’étude et le recrutement, une autre sur la procédure de collecte des données et, enfin, une pour le traitement et l’analyse des données. Une section sur l’échantillonnage sera présentée exclusivement pour les entrevues puisque, dans le cas du sondage en ligne, ce sont toutes les municipalités qui ont été ciblées. Il faut également préciser que, dans les trois cas, le recrutement des participants s’est fait en collaboration avec l’Union des municipalités du Québec (UMQ), la Fédération québécoise des municipalités (FQM), l’Ordre des urbanistes du Québec (OUQ) et l’Association des aménagistes régionaux du Québec (AARQ). Ces derniers ont envoyé des courriels à leurs membres pour les encourager à participer au sondage et à l’enquête. L’AARQ nous a également fourni une liste d’adresses courriel de leurs membres.

² Le terme « municipalité » est ici entendu comme un générique qui comprend toutes les entités municipales québécoises, peu importe leur statut juridique spécifique, à l’exception des agglomérations, des municipalités de village cri, naskapi et nordique, de même que des réserves indiennes, des établissements amérindiens, des terres réservées aux Cris ou aux Naskapis, des terres de la catégorie I pour les Inuits et des territoires non organisés. Autrement dit, est ici considérée comme une municipalité toute entité québécoise ayant le titre de cité, ville, municipalité de canton, municipalité de cantons unis, municipalité de paroisse, municipalité ou municipalité de village.

³ Il est à noter que les municipalités exerçant des compétences de MRC sont considérées dans le présent plan d’échantillonnage comme des municipalités, et que les communautés métropolitaines de Montréal et de Québec sont assimilées à des MRC.

2.3.1 Population à l'étude et recrutement

2.3.1.1 Groupe visé par les entrevues

Le plan d'échantillonnage de l'enquête n'a pas pour but d'assurer la représentativité statistique de l'échantillon retenu, mais de permettre l'expression de points de vue suffisamment variés pour correspondre aux principaux cas de figure qui, tant en termes de besoins que de pratiques, se présentent dans la réalité. L'objectif est de recruter le plus possible des gestionnaires et des spécialistes de l'aménagement du territoire rattachés à des entités municipales (municipalités ou MRC) qui subissent, ou risquent de subir, les effets néfastes des aléas climatiques. Le plan reflète aussi un souci de tenir compte de la réalité propre à chaque région du Québec méridional.

Le groupe visé par l'enquête est composé de gestionnaires, d'aménagistes et de professionnels de certaines municipalités sélectionnées à partir d'un plan d'échantillonnage établi. Au total, 34 entités municipales, 17 MRC et 17 municipalités ont été retenues dans l'échantillon. L'ensemble de ces entités ont été contactées par téléphone ou par courriel (lorsque les personnes-ressources émettaient ce souhait) par deux auxiliaires de recherche (Annexe 1). Le taux d'obtention de rendez-vous a été de 94 % (31 sur 33), 2 entités ayant refusé de participer et 1 municipalité de ville (Montréal) ayant été retirée de l'échantillon, étant donné l'avancement de sa réflexion sur la question de la cartographie des vulnérabilités de son territoire et de sa population aux aléas climatiques. Ainsi, 31 organisations municipales ont été rencontrées (14 MRC et 17 municipalités), dont 7 MRC et 13 municipalités de 1^{er} choix, 6 MRC et 2 municipalités de 2^e choix, et 1 MRC et 2 municipalités de 3^e choix⁴.

2.3.1.2 Groupe visé par le sondage

Les personnes visées par le sondage en ligne sont des gestionnaires, des aménagistes et des professionnels des municipalités de 16 régions administratives du Québec méridional⁵. Un fichier contenant près de 1500 adresses électroniques de professionnels travaillant dans les municipalités du Québec a été utilisé. Ce fichier a été mis sur pied à l'aide d'informations

⁴ Afin de respecter nos engagements en matière de confidentialité, les MRC ou municipalités ne peuvent être formellement identifiées. Une numérotation arbitraire a été utilisée.

⁵ Bas-Saint-Laurent (01), Saguenay-Lac-Saint-Jean (02), Capitale-Nationale (03), Mauricie (04), Estrie (05), Montréal (06), Outaouais (07), Abitibi-Témiscamingue (08), Côte-Nord (09), Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine (11), Chaudière-Appalaches (12), Laval (13), Lanaudière (14), Laurentides (15) et Montérégie (16) et Centre-du-Québec (17).

collectées par les membres de l'équipe de recherche dans le bottin des membres de l'AARQ et sur les sites Web des municipalités du Québec. Au total, 440 personnes de 383 organisations municipales différentes ont participé au sondage (dans certaines municipalités, plus de 2 personnes ont participé au sondage). Du nombre total de personnes participantes, 50 (11,4 %) n'ont pas répondu à l'ensemble des questions; leurs réponses ont cependant été prises en compte. Le temps médian pour remplir le questionnaire a été d'environ 12 minutes. La Figure 1 illustre la répartition géographique des municipalités pour lesquelles au moins un professionnel a participé au sondage Web⁶. Il est à noter que les municipalités sélectionnées pour l'enquête ont été exclues de la liste du sondage.

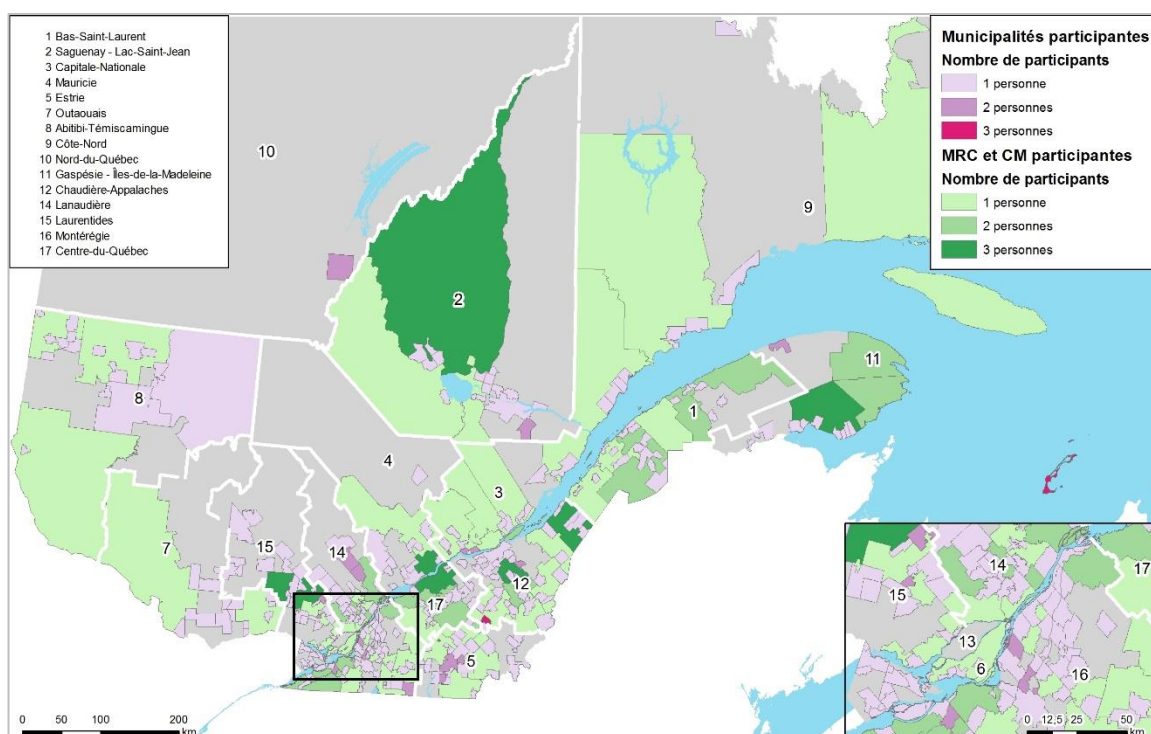
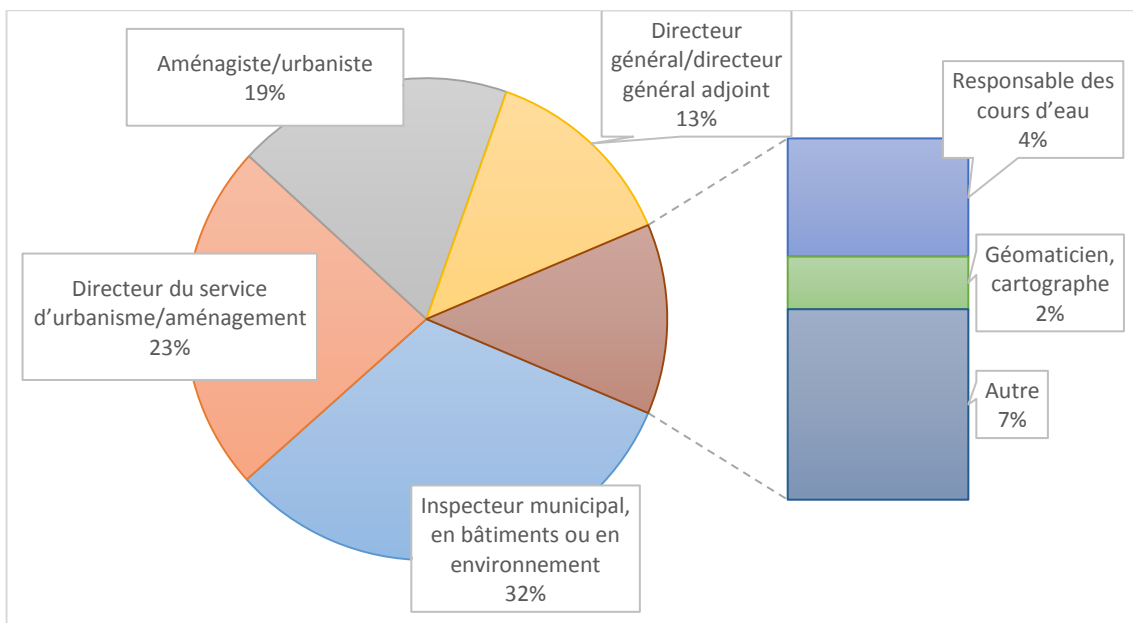


Figure 1 : Répartition géographique des MRC et des municipalités ayant participé au sondage

⁶ Il n'y a pas de lien entre les numéros des régions administratives et ceux employés pour désigner une MRC ou une municipalité par rapport à nos entrevues.

La profession la mieux représentée chez les personnes ayant participé est celle des inspecteurs municipaux, en bâtiment ou en environnement, suivie de celle des directeurs des services d'urbanisme/aménagement et celle des directeurs généraux (Figure 2).



Note : Les pourcentages tiennent compte des doublons par municipalité.

Figure 2 : Répartition des personnes ayant participé au sondage par type de profession

2.3.1.3 Groupe visé par le groupe de discussion

Pour le groupe de discussion, des aménagistes et urbanistes ayant participé à l'une des consultations précédentes ont été invités par courriel à la rencontre. Parmi les invités, huit aménagistes ont accepté de participer. L'échantillon était composé d'un ratio égal hommes-femmes. Ils provenaient de cinq MRC et de trois municipalités situées dans quatre régions administratives (Capitale-Nationale, Bas-St-Laurent, Chaudière-Appalaches et Centre-du-Québec). Pour des raisons de logistique, nous avons ciblé des régions situées à moins de 4 heures de Québec en transport routier.

2.3.2 Outils de collecte de données

2.3.2.1 Développement de la grille d'entrevue

La grille d'entrevue a été établie en plusieurs étapes, en commençant par une séance de remue-méninges effectuée avec les étudiants du cours *GGR-7026 : Méthodes d'analyse qualitative* durant le mois d'octobre 2015. Sous la supervision de la professeure responsable du cours et de deux professionnels de recherche associés au projet, les étudiants ont composé une première version de la grille d'entrevue. Celle-ci a ensuite été retravaillée par des membres du projet de recherche qui se sont basés sur un rapport publié par l'Institut national de la santé publique (INSPQ) en 2006⁷. Le questionnaire a ensuite été testé par les étudiants du même cours auprès de trois MRC sélectionnées grâce aux relations de chercheurs de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique collaborant au projet. Ces entrevues ont donné lieu à un rapport rédigé par un auxiliaire de recherche. Par la suite, une nouvelle version de la grille d'entrevue, retravaillée par des membres de l'équipe en fonction des résultats du rapport, a été présentée aux chercheurs du projet, ainsi qu'aux membres du comité scientifique chargés d'évaluer la construction des indicateurs de vulnérabilité. Ce comité est composé d'aménagistes, d'urbanistes et d'experts scientifiques dans les domaines de l'épidémiologie spatiale et des risques environnementaux. Enfin, la grille d'entrevue a été finalisée par des membres de l'équipe de recherche en se basant sur les modifications proposées par les chercheurs et les experts (Annexe 2). Il a aussi été convenu à cette étape que les entrevues débuteraient par un court test du prototype en ligne de l'atlas, afin de permettre aux répondants de se faire une idée de l'interface envisagée.

2.3.2.2 Questionnaire du sondage

Le questionnaire du sondage découle de la grille d'entrevue. Les questions issues de la grille ont été transformées en questions fermées. L'élaboration du questionnaire a été suivie de sa validation par les chercheurs du projet. Leurs commentaires ont été pris en compte dans une version qui a été introduite dans le logiciel de sondage. Il a ensuite été envoyé aux membres de l'équipe de recherche, ainsi qu'à d'autres membres du département de géographie (hors projet)

⁷ BÉLANGER, D., GOSSELIN, P. et POITRAS, P. (2006). *Changements climatiques au Québec méridional : perceptions des gestionnaires municipaux et de la santé publique*. Québec, Institut national de la santé publique.

pour un test. Les corrections ont été apportées et intégrées dans la dernière version du questionnaire.

Quatre types de questions ont été posés dans le sondage : les questions fermées (QF), les questions à choix multiple (QM), les questions ouvertes (QO), les questions à choix numériques (QN). Les questions fermées (QF) sont des questions pour lesquelles le répondant est invité à cocher (de façon exclusive) une réponse sur une liste proposée. Ce sont en général des questions introductives, qui donnent lieu à de nouvelles questions de précision selon la réponse du répondant grâce au système de ramifications du questionnaire. La majorité des questions posées étaient à choix multiple (QM), c'est-à-dire qu'une liste de réponses est proposée et que le répondant peut choisir une ou plusieurs d'entre elles. Le répondant a également la possibilité de cocher « Je ne sais pas » ou « Aucun » (de façon exclusive) s'il ne sait pas quelle réponse choisir, ou si aucune des réponses proposées ne lui convient. Pour les questions à choix multiples, le répondant avait aussi l'option de formuler des réponses autres que celles proposées en choisissant l'option « Autres, préciser ». Les questions ouvertes (QO) ont été formulées pour permettre aux personnes ayant participé au sondage de répondre librement sur certains sujets. Enfin, les questions à choix numérique (QN) servaient à répondre selon une échelle numérique proposée.

2.3.2.3 Groupe de discussion

La grille d'entrevue du groupe de discussion a été inspirée par celle utilisée lors des deux collectes précédentes (entrevues et sondage). Avec la collaboration d'une professionnelle de recherche externe, cette grille de questions a été restructurée et adaptée pour la tenue du groupe de discussion. Elle est disponible à l'Annexe 3.

2.3.3 Collectes, traitement et analyse de données

2.3.3.1 Données d'entrevue

La collecte de données a été réalisée par un seul enquêteur entre le 1^{er} avril et le 12 juillet 2016, directement sur le lieu de travail des répondants (durée prévue : 1 h; durée moyenne effective : 1 h 5), sauf dans le cas de la MUN15, où l'entrevue s'est déroulée via *Skype*. Avant chacune des entrevues, les répondants devaient signer un formulaire d'information et de consentement leur

donnant de l'information générale sur le projet d'atlas et leur signifiant que l'entretien serait enregistré à des fins de retranscriptions. L'enregistreur vocal numérique utilisé était un *Olympus DM-620*.

La grille d'entrevue n'a pas été modifiée au cours de la période de collecte de données. Cependant, l'enquêteur, comprenant mieux la réalité des organisations municipales au fur et à mesure des entrevues réalisées, a plus particulièrement insisté sur certains aspects considérés comme utiles à l'élaboration de l'atlas, comme les obligations légales inhérentes à la planification territoriale et la connaissance d'outils destinés à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques. La transcription des entrevues a été déléguée à une compagnie spécialisée dans la révision linguistique et la transcription. Cette décision a été prise dans le but de garantir la rapidité, la qualité et la cohérence des transcriptions.

Dans le but d'effectuer le plus rapidement possible la codification des entrevues, l'enquêteur téléchargeait tous les soirs les entrevues réalisées dans la journée sur un service de stockage et de partage de copies de fichiers en ligne. Par la suite, un auxiliaire de recherche envoyait ces documents à la compagnie de transcription qui lui renvoyait le texte transcrit quatre jours plus tard. Alors que l'enquêteur poursuivait les entrevues sur le terrain, l'auxiliaire de recherche commençait la codification des entrevues à l'aide du logiciel *QSR NVivo 11*, en s'appuyant sur une grille de codification produite par une équipe composée d'un professionnel de recherche, de trois auxiliaires de recherche et de trois chercheurs affiliés au projet (Annexe 4). Une seconde codification, visant à compléter la première, était systématiquement réalisée par l'enquêteur, étant donné ses connaissances sur l'environnement et le contexte de chaque entrevue. Au cours de cette seconde codification, quelques thématiques ont été ajoutées à la grille de codification originale, l'enquêteur ayant vu l'émergence de nouveaux sujets (description du plan d'adaptation, utilité anticipée de l'atlas), ainsi que la possibilité de rendre plus précise la codification des entrevues (identification du répondant, test du prototype de l'atlas). Toute la démarche de codification a été supervisée par un chercheur collaborant au projet de recherche.

2.3.3.2 Données de sondage

L'interface choisie pour la collecte des données est *FluidSurvey*, principalement parce que le serveur est situé au Canada (suggestion du comité d'éthique de l'Université Laval) et en raison

de sa facilité d'utilisation et de sa convivialité. La collecte de données à l'aide de l'interface *FluidSurvey* s'est déroulée entre les 23 mai et 23 juin 2016. Des courriels de relance ont été envoyés aux personnes n'ayant pas participé les 31 mai, 6 juin et 13 juin (Figure 3). Au total, 440 personnes sur 1500 (environ 30 %) ont accepté de participer à cette phase de la consultation. Quelques jours avant le début de la collecte de données, la FQM, l'UMQ et OUQ ont sollicité leurs membres par courriel afin de les inciter à participer à la consultation.

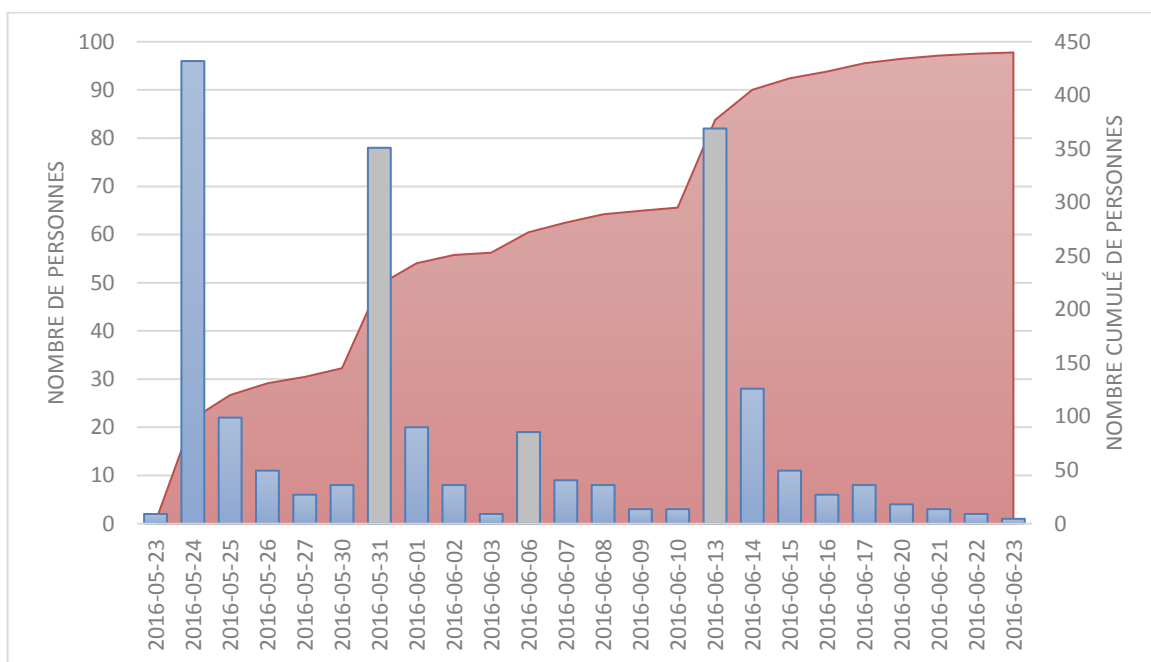


Figure 3 : Nombre de personnes et nombre cumulé de personnes ayant participé au sondage Web et jours de rappel (gris)

Les données issues du sondage Web ont été extraites de l'interface *FluidSurvey* pour être intégrées dans le logiciel de traitement statistique *SPSS 24*. Les tableaux de statistiques descriptives ont été réalisés avec ce même logiciel, tandis qu'une grande part des tableaux de fréquence ont été extraits directement de l'interface Web. Quant aux graphiques, ils ont été générés dans le logiciel *Excel*. Les analyses portant sur des thèmes émergeant d'une question ouverte ont été effectuées avec le logiciel *NVivo 11*. Des informations concernant la génération du schéma d'aménagement de la MRC, l'année de son adoption, ainsi qu'une possible adoption

d'un plan de développement durable ont été intégrées dans le fichier de données. Enfin, des informations concernant la taille de la municipalité, ainsi que son inclusion dans une région métropolitaine de recensement (RMR) ou une agglomération de recensement (AR), ont également enrichi le fichier.

2.3.3.3 Données du groupe de discussion

Le groupe de discussion a été enregistré sur une bande numérique. Des éléments de réponse de la bande audio ont été transcrits pour les analyses. Deux écoutes complètes de la bande audio ont été faites, afin d'extraire le maximum d'informations pertinentes et de valider la première transcription. Les informations ont été regroupées selon les thèmes correspondants.

2.4 Résultats, analyse et discussion

2.4.1 Type, caractéristiques et préoccupations des aléas ciblés par le projet touchant le territoire

La première partie du questionnaire du sondage et de la grille d'entrevue a pour objectif de connaître la situation spécifique de chacune des organisations municipales⁸ interrogées en rapport avec les trois aléas climatiques ciblés par cette section du projet, soit les inondations, les vagues de chaleur accablante et l'érosion des berges. En plus de vérifier si ces organisations sont touchées par un, deux, trois ou aucun des aléas sélectionnés, les sous-questions de la grille d'entrevue déterminent si ces aléas constituent ou non un niveau de préoccupation élevé pour les répondants. Si le niveau de préoccupation est élevé, la pertinence du choix des trois aléas sera confirmée.

Sans surprise, le sondage montre qu'une forte proportion des répondants (81 %, soit 350 personnes sur 440) a mentionné que leur municipalité ou MRC est touchée par l'un des aléas ciblés par le projet de recherche. À la question (QM) de savoir quels aléas touchent le plus fréquemment les municipalités ou MRC, il y a (par ordre décroissant) les inondations causées par la fonte printanière des neiges (sans embâcle) (sélectionnée par plus de 56 %, soit 194 personnes sur 346), les inondations causées par la fonte printanière des neiges (avec

⁸ Une organisation municipale, selon le MAMOT et dans le cadre de la présente étude, peut-être une municipalité ou une municipalité régionale de comté (MRC).

embâcle) et les inondations causées par une pluie torrentielle estivale (Figure 4). L'érosion côtière causée par le mouvement des glaces, l'érosion côtière causée par les fortes tempêtes et l'érosion côtière causée par l'alternance des épisodes de gel et de dégel ont respectivement été choisies par 30 %, 24 % et 23 % des répondants. Vingt-quatre pour cent (24 %) des répondants ont choisi les canicules/vagues de chaleur comme aléa touchant leur municipalité.

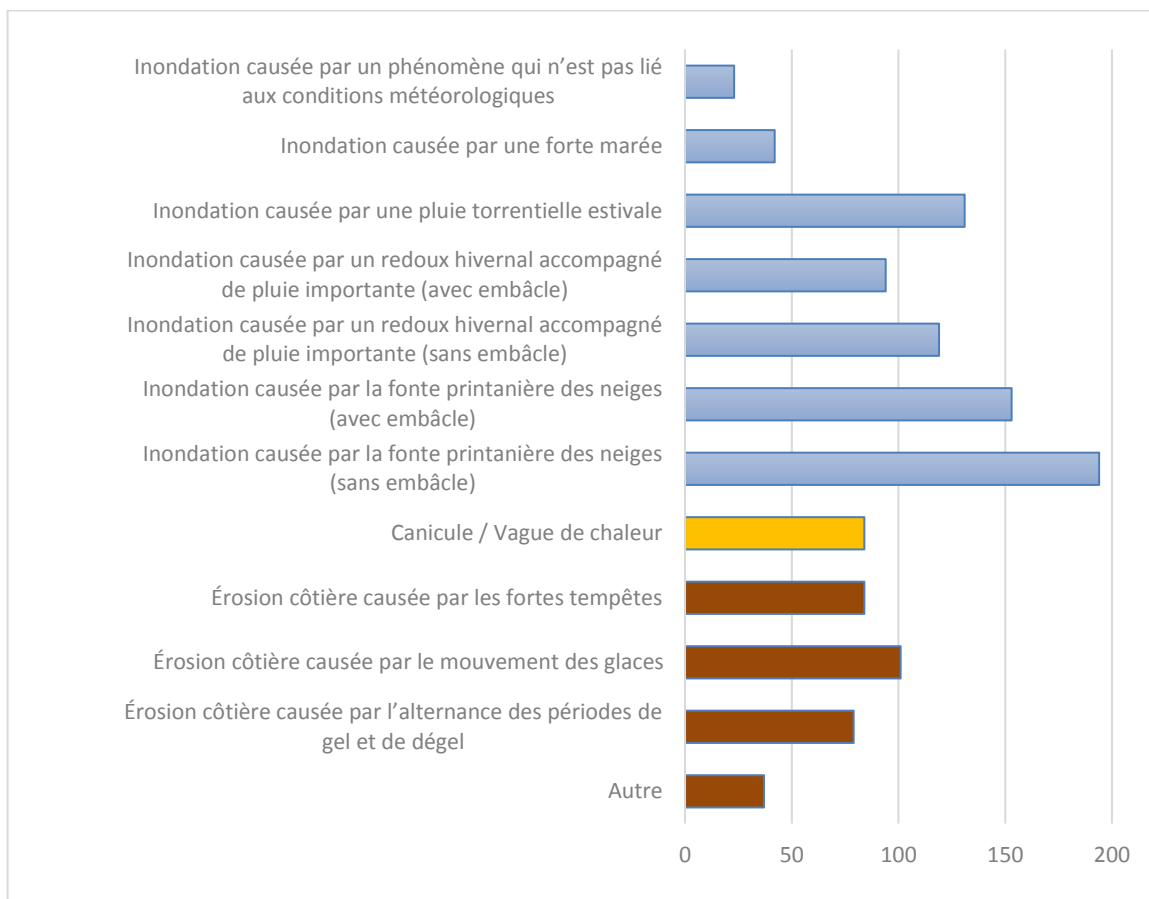


Figure 4 : Types d'aléas ciblés par le projet et touchant les MRC et les municipalités des répondants

Les entrevues effectuées auprès de 31 organisations municipales (17 municipalités et 14 MRC) ont fait également ressortir que les aléas ciblés par le projet constituent une préoccupation pour elles, et que les inondations constituent l'aléa le plus commun. En effet, huit d'entre elles sont touchées par les trois aléas ciblés par le projet d'atlas, quatorze par deux et neuf par un seul aléa. Dans le cas de celles touchées par les trois aléas, il s'agit de moyennes et grandes villes dont le

territoire est assez vaste pour subir des conséquences climatiques diversifiées. En ce qui a trait aux municipalités touchées par deux aléas, la combinaison inondation-érosion des berges est majoritairement mise de l'avant, vu que, selon les répondants, l'une entraîne souvent l'autre. Finalement, pour les municipalités ne faisant face qu'à un aléa, il est toujours question d'inondation.

2.4.1.1 Érosion des berges

Il est important de souligner que, dans le descriptif du projet d'élaboration de l'atlas, l'aléa est appelé *érosion côtière* et non *érosion des berges*. On entend par *érosion côtière* celle qui touche les territoires riverains du fleuve Saint-Laurent, et par *érosion des berges* celle qui touche l'ensemble des autres territoires riverains d'autres cours d'eau. Ainsi, l'enquêteur a tout de même interrogé l'ensemble des organisations municipales sur ce problème, en modifiant la question en fonction de la localisation de l'entité. Il appert que 21 municipalités ont mentionné avoir à composer avec de l'érosion des berges dans leurs cours d'eau. Même si leur territoire est touché par un tel aléa, il est arrivé à cinq reprises que les gestionnaires interrogés indiquent que leur situation était loin d'être aussi dramatique qu'en Gaspésie ou sur la Côte-Nord : « Ce n'est pas à un niveau comme la Haute-Côte-Nord ou les Îles de la Madeleine et tout ça, mais parfois, on a des signalements qu'un citoyen aimerait augmenter le niveau de protection de son terrain comme tel » (MRC1). Certains ne se sentaient même pas concernés par le problème, comme l'aménagiste de la MRC3 : « Hum... non, bien, pour moi, l'érosion des berges, tout ça, je voyais... j'ai surtout l'image de la Côte-Nord ou de la Gaspésie. »

Toutefois, pour certaines organisations municipales, le problème d'érosion des berges est tel qu'elles sont dans l'obligation d'exproprier ou de racheter des propriétés à risque. C'est le cas de la MUN11, qui a déjà commencé à restaurer une partie des berges riveraines du cours d'eau qui traverse son centre-ville en s'appropriant plusieurs édifices. Le directeur des travaux publics et des services techniques de cette municipalité explique d'ailleurs : « Dans ce secteur-là, on a une zone à risque de mouvements de sol qui est adossée sur pratiquement une falaise. Donc toutes les bâtisses qui sont dans ce secteur-là sont à 100 % dans la zone ou pratiquement. »

Toujours relativement à l'érosion des berges, le chef de division du service d'incendie de la MUN12 a indiqué que, souvent, ce sont les propriétaires riverains qui sont les artisans de leur propre malheur :

Aussitôt que l'eau monte un peu, là, ça arrive dans les installations, c'est là qu'on a de l'érosion parce que les gens ont rempli, ils ont fait du remblai, ils ont mis de la pelouse. Des fois, je me dis qu'il faudrait jouer avec l'eau, de temps en temps, pour leur dire : « Woh, vous n'êtes pas chez vous, là. Vous n'êtes pas chez vous! »

Dans le cas des riverains de la MUN13, la directrice générale a expliqué que les propriétaires ne se soucient guère des problèmes d'érosion sur leur terrain. Ils préfèrent le *statu quo*, celui-ci permettant de conserver la beauté de leur vue et de leur terrain :

Il ne faut pas se le cacher, les gens ils ont acheté [leur terrain], puis, souvent quand ils l'ont acheté, c'était comme ça. Puis tu sais, ils se voient mal [...] investir des sommes pour enlever l'aménagement, puis dans plusieurs cas trouvent ça plus beau que de naturaliser une berge.

Concernant l'érosion côtière, 8 des 12 organisations municipales riveraines du fleuve Saint-Laurent rencontrées ont affirmé faire face à cet aléa. Le territoire de la MRC6 est plus particulièrement touché. L'aménagiste de la MRC a décrit la situation de la façon suivante : « À chaque année, dans les grandes marées, on perd du terrain. [Mais] de façon à affecter des résidences, ce n'est pas nécessairement à chaque année. » L'absence ou la réduction de couvert de glace constatée depuis plusieurs années a été désignée par deux municipalités comme l'un des facteurs menant à l'érosion, alors que quatre ont ciblé les submersions marines⁹.

Dans la majorité des cas (n=15), l'érosion des berges ou côtière touche des zones résidentielles, alors que de façon marginale (n=4), elle s'attaque à des zones de villégiature. Plusieurs intervenants ont indiqué être aux prises avec des problèmes recrudescents sur leur territoire agricole, ce qui entraîne des coûts supplémentaires en réhabilitation des berges et en recensement

⁹ La submersion marine est « une inondation épisodique de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères » (*La submersion marine et l'érosion côtière* – Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la mer, 2016 – <http://bit.ly/2dm5Rvg>)

des endroits touchés ou à surveiller. Le directeur du service du développement durable et de l'environnement de la MUN1 a déclaré :

Dans le domaine agricole, ça commence à être majeur, les problèmes, parce que [les agriculteurs] drainent de plus en plus leurs terres pour aller chercher le maximum en productivité au pied carré et ils engendrent énormément de problèmes actuellement. On a des cours d'eau auxquels on doit s'y [sic] attarder pour aller corriger des problèmes, et ça fait partie un peu d'un plan de match que la Ville a adopté. On a un programme d'inspection des cours d'eau. On a tout inventorié nos cours d'eau.

L'érosion dans le domaine forestier, dont il a été question dans six entrevues, semble aussi constituer un problème en accélération sur certains territoires. Finalement, l'érosion montagnaise, résultant de l'écoulement torrentiel de certains ruisseaux lors d'épisodes de pluies diluviennes, devient un risque nouvellement répertorié dans certaines MRC et touche spécifiquement des résidences de villégiature. Le directeur de l'aménagement de la MRC8 s'inquiète même pour la sécurité de certains villégiateurs qui séjournent dans les montagnes situées au sud du territoire de sa MRC : « Quand il y a des bons coups d'eau, c'est des torrents, puis c'est de l'érosion qui est amenée là. Beaucoup. À un point tel que ça vient jouer sur la sécurité des villégiateurs. »

2.4.1.2 Inondations

Les inondations sont sans contredit l'aléa qui cause le plus de problèmes aux 31 organisations municipales interrogées. Pas moins de 22 organisations ont indiqué être aux prises avec des inondations dont les causes sont variées, mais qui sont surtout liées à la débâcle printanière (n=17), aux pluies diluviennes (n=16) et, dans une moindre mesure, à la submersion marine (n=4). Si la débâcle est plutôt habituelle pour les municipalités, l'intensité est toutefois variable d'une année à l'autre. Les pluies diluviennes touchant le territoire en été et à l'automne sont en forte progression ces dernières années, selon les gestionnaires interrogés. Ceux-ci jugent, dans la plupart des cas, n'être ni prêts ni outillés pour faire face à cette nouvelle réalité. Le gestionnaire de la MRC9 s'est demandé :

On sait que depuis quelques années, les pluies, c'est des pluies diluviennes assez intenses et les niveaux d'eau peuvent monter assez vite. Donc, est-ce que nos mesures

de protection, nos mesures de prévention, sont suffisantes pour parer à des éventualités comme ça?

Le gestionnaire de la MUN7 abonde dans le même sens : « Des fois, du ruissellement de montagne, des réseaux qui ne fournissent pas parce que nos infrastructures ne sont pas conçues nécessairement pour des pluies diluviennes comme ça. C'est conçu pour des récurrences de peut-être 20 ans, mais pas nécessairement des 100 ans et plus, qui sont vraiment extrêmes. » L'observation effectuée par le directeur du service d'urbanisme de la MUN7 est partagée par plusieurs autres entités municipales (n=7), qui ont remarqué un changement dans la courbe IDF¹⁰.

Ces récurrences changeantes, constatées au cours des dernières années, posent donc un problème important aux organisations municipales qui doivent, dans beaucoup de cas (n=7), travailler avec une cartographie des zones inondables datant de la moitié des années 1980 et construite selon la technique du « pinceau large ». La MRC12 n'a pas le choix d'utiliser cette cartographie :

Ça fait peut-être longtemps que ça a été inondé, donc là, ça enlève les possibilités de construction, puis les gens ne comprennent pas [...]. Puis on n'a pas de données officielles. Tu sais, c'est vraiment, bien, c'est le pinceau large, ça le dit. Bon, on a fait un trait là, ça fait que ça gèle le territoire.

Comme la coordonnatrice du service d'aménagement et de développement du territoire de cette MRC l'explique, les citoyens résidant dans la zone délimitée selon la pratique du « pinceau large » doivent faire face à des contraintes, alors qu'ils n'ont jamais été touchés par des inondations. Cette situation amène toutes sortes de tensions entre les municipalités et les citoyens.

Pour éviter d'utiliser de vieilles cartes de zones inondables et produites avec la technique du pinceau large, quelques MRC ont décidé d'élaborer leur propre cartographie. Le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC5 explique que son équipe a créé la sienne à partir de données existantes :

¹⁰ « Les statistiques Intensité, Durée et Fréquence (IDF) caractérisent la pluviométrie et représentent les relations entre les intensités, la durée et la fréquence des pluies intenses » (*Intensité des précipitations – Courbes IDF – Climat-Québec*, 2016 – <http://bit.ly/2cpRpTA>)

Dans le schéma d'aménagement qui est une cartographie maison, vraiment, qui est faite dans certains cas à partir des cotes de crues qu'on connaissait, qui avaient été identifiées dans l'entente Canada-Québec, mais qui n'avaient pas été cartographiées, donc on l'a fait notre travail, on a fini le travail.

De son côté, la MRC3 a profité de deux événements climatiques extrêmes pour revoir sa cartographie et modifier les récurrences des crues de certains cours d'eau :

On [...] a eu deux [inondations en eaux libres] coup sur coup [...]. Ça fait qu'on en a profité [pour établir] des nouvelles cotes [...]. On en a profité parce que, sinon, les gens oublient, puis ils disent : « Ah, ça n'a jamais monté ici », puis tout ça. Ça fait que là, on a documenté comme il [le] faut.

Au niveau des zones touchées par les inondations dans les organisations municipales interrogées, la majorité (n=16) se situe dans les quartiers résidentiels, puis dans les zones de villégiatures (n=6) et, finalement, dans les zones agricoles (n=6).

2.4.1.3 Vagues de chaleur

Les vagues de chaleur accablante n'ont pas fait beaucoup réagir les personnes interrogées. Un nombre important de gestionnaires (n=13) se sont dits peu concernés par ce problème en affirmant qu'étant donné leur caractère rural ou forestier, leur territoire ne pouvait être touché autant que les grands centres urbains : « Dans le milieu rural comme ici, ça ne préoccupe pas vraiment les gens. À la limite, les gens se disent : " Peut-être que je vais aller me ventiler dehors sur la galerie " » (MRC12). Ainsi, huit répondants ont précisément fait référence à Montréal pour dénoter une différence entre leur réalité et celle de la métropole.

Paradoxalement, onze gestionnaires considèrent que leur territoire est sujet à des périodes de canicule qui peuvent durer de quelques jours à plus d'une semaine. Plusieurs de ces gestionnaires n'ont pas relié ces périodes de canicule à une éventuelle vulnérabilité de leur population localisée dans des noyaux urbains, même si elle est située dans une municipalité rurale. C'est le cas du directeur du service de l'aménagement de la MRC11, lequel estime que les habitants du principal noyau urbain de sa MRC (3 000 habitants) peuvent facilement sortir de la ville lors d'un épisode de chaleur accablante pour profiter de la forêt environnante et des milliers de lacs à proximité : « Ça fait que s'il fait chaud, les villages sont vides. Ils sont tous partis, ils sont sur le bord d'un

lac » (MRC11). *A contrario*, les moyennes et grandes villes québécoises sont bien conscientes des problèmes urbains liés aux vagues de chaleur accablante. Les îlots de chaleur ont été identifiés comme un problème majeur dans douze municipalités lors de canicules. Le conseiller en environnement de la MUN8 nous a donné l'exemple de deux quartiers de sa ville : « Dans le fond, c'est les deux secteurs les plus anciens de la ville, donc c'est du logement qui date, c'est des secteurs défavorisés, avec des indices socioéconomiques plus faibles, qui sont [situés dans de] très forts îlots de chaleur. »

2.4.1.4 Autres aléas touchant le territoire

Selon les résultats du sondage, en dehors des trois aléas ciblés par le projet, les autres aléas climatiques touchant les municipalités ou les MRC sont (QM) par ordre décroissant : les fortes pluies (60 % des répondants), les vents violents (53 %), les tempêtes de neige (52 %) et le verglas (42 %), les orages (37 %), les glissements de terrain (37 %), le froid intense sur une longue période (22 %), la grêle (21 %) et le dérèglement dans le cycle des saisons (18 %) (Figure 5). Les autres aléas proposés ont chacun été sélectionnés par moins de 15 % des répondants (feux de forêt, tornades, avalanches, sécheresse, brouillard et éboulements). L'enquête, quant à elle, révèle que les aléas identifiés par les gestionnaires sont, par ordre décroissant : les pluies diluviennes, les conditions hivernales changeantes, les feux de forêt, les glissements de terrain, les périodes de sécheresse et les vents violents.

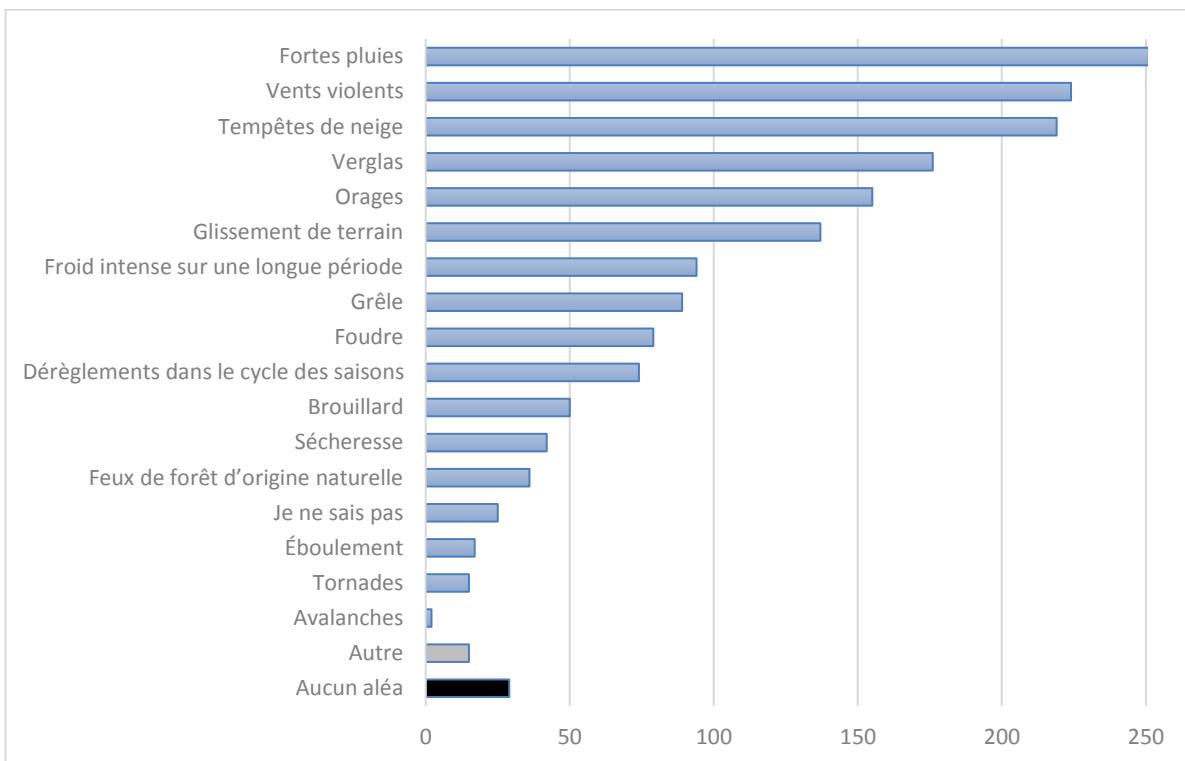


Figure 5 : Autres aléas touchant les MRC et municipalités des répondants au sondage

Selon l'enquête, par une écrasante majorité (n=21), le principal aléa identifié par les gestionnaires, en dehors des trois ciblés par le projet d'atlas, est la pluie diluvienne. Si, dans la partie sur les inondations, nous mettons l'accent sur la pluie diluvienne qui cause des inondations, dans cette partie nous aborderons ce phénomène comme un nouvel aléa pouvant avoir comme conséquence une inondation ou de l'érosion. Le directeur du service de l'aménagement de la MRC3 explique les changements et les conséquences des pluies qu'il a observés ces dernières années :

Ça fait que souvent, il y a des pluies très fortes l'été. Ça dure un certain temps, puis ça cause des dégâts. Puis avec les pentes qui sont relativement fortes puis tout ça, l'agriculture, le drainage, etc., bien, ça cause des dégâts. Ça fait que même dans des petits cours d'eau, il y a eu, au fil des ans, en juillet-août, il y a eu des bonnes inondations.

Tout comme pour les inondations résultant des débâcles printanières, les organisations municipales sont parées à affronter les importantes tempêtes de neige touchant leur territoire.

C'est pour cette raison que seules huit organisations ont indiqué cet aléa. En revanche, les entités municipales ne sont pas toutes habituées aux redoux hivernaux : elles sont quatre à avoir ciblé cet aléa. Alors que certains gestionnaires estiment qu'il n'est même pas nécessaire d'en parler, puisque des mesures sont en place pour y faire face depuis longtemps (MUN8 par exemple, qui se situe dans le sud du Québec), d'autres tentent de trouver des solutions pour composer avec cette nouvelle réalité. Le directeur du service de l'aménagement de la MRC5, située dans l'est du Québec, a observé de nombreux changements à ce niveau dans les dernières années :

C'est un nouveau phénomène par rapport à il y a 30 ans, on pourrait dire. Parce que c'est ça, les redoux, mais aussi les précipitations en pluie en plein hiver, ça, on en a de plus en plus. Ça a toujours existé, mais ça s'intensifie avec les changements climatiques [...]. En février, en janvier, en mars, il y a des pluies abondantes qu'on ne connaissait pas et s'il y a une quantité de neige déjà importante sur le toit d'un bâtiment, bien, nécessairement, il y a un risque pour la structure qui est en dessous, parce que la neige fait en sorte qu'elle va capter l'eau, puis elle va augmenter le poids de tout ça sur la toiture.

La tournée de l'enquêteur a coïncidé avec les feux de forêt gigantesques qui ont touché la municipalité de Fort McMurray en Alberta. Ainsi, il se peut que certains gestionnaires aient été influencés dans leur réponse par ces événements. Huit d'entre eux ont identifié les feux de forêt comme un problème, indiquant, dans certains cas, qu'ils s'étaient posé la question en regardant les nouvelles : « Les feux de forêt, oui [...], je regardais justement ce qui se passe en Alberta » (MRC9), et « Je ne sais pas jusqu'à quel point on pourrait avoir quelque chose comme Fort McMurray » (MRC13). Ayant l'obligation d'indiquer dans leur document de planification les zones de contraintes naturelles et anthropiques au développement, les MRC ciblent, en général, les zones inondables, les zones d'érosion et les zones de glissement de terrain, puisqu'elles peuvent s'avérer dangereuses pour la santé et la sécurité de leur population. Ainsi, des 31 organisations municipales rencontrées, huit ont indiqué que les glissements de terrain constituent un aléa notable. Il est même majeur pour la MRC12, qui a failli subir un événement tragique sur son territoire, comme nous l'a raconté la coordonnatrice du service d'aménagement et de développement du territoire :

On a été obligés d'exproprier comme trois bâtisses. Les gens ont été évacués, puis le sol a glissé. Il n'y a pas eu de victimes ou quoi que ce soit, mais ils n'ont pas pris de chance, ils ont vraiment évacué les bâtiments, puis là, les quatre, cinq bâtiments de l'époque sont démolis.

Tout comme pour les inondations, plusieurs informateurs se sont plaints de la technique du « pinceau large » pour identifier les zones à risque de glissements de terrain, vecteur potentiel de tension avec les citoyens. Le conseiller en environnement au service d'urbanisme et développement durable de la MUN2 commente :

Il y a des zones pour les glissements de terrain soit hypothétiques ou fortement rétrogressives, ce qui nous donne le problème que, du jour au lendemain [...] il y a des gens qui [...] sont en zone de mouvement de masse. Là, il faut les rassurer eux : « Monsieur, il y a du blanc sur la carte. Mon notaire, mon hypothécaire, tout le monde panique. » Et, effectivement, tout le monde panique [...] Évidemment, c'est toujours de la faute à l'urbanisme, là, mais bon...

Les périodes de sécheresse sont aussi considérées comme problématiques pour huit organisations municipales, ce qui entraîne des problèmes d'étiage dans des cours d'eau qui sont, dans certains cas, les sources d'eau potable locales. Le conseiller en environnement de la MUN9 a raconté l'un de ces épisodes :

En fait, c'est qu'il y a eu, en 2010, on pouvait plus pomper d'eau. Puis, [...] les prises d'eau sont dans la rivière, il y en a deux dans la rivière [...], une qui est plus en amont que l'autre. Il a fallu comme la réguler pour s'assurer qu'on en avait dans l'autre.

La conseillère en environnement de la MUN17, dont la ville a été touchée par le même phénomène en 2008, a expliqué que des travaux de dragage ont été nécessaires dans une rivière afin que les prises d'eau potable puissent être alimentées correctement dans le futur.

Les deux autres aléas qui ont été principalement cités par les gestionnaires interrogés sont les vents violents (n=8) et les tornades (n=5). Que ces phénomènes soient causés par des orages (n=2) ou des queues d'ouragan (n=2), un constat ressort : les vents violents ne sont plus rares et ne sont plus seulement localisés sur le bord du fleuve Saint-Laurent. La technicienne en

géomatique de la MRC4 s'inquiète du fait que les restes d'ouragans passent de plus en plus par l'intérieur des terres :

Il y a eu la fameuse tempête Arthur, il y a quelques années, qui a arraché beaucoup, beaucoup, beaucoup d'arbres. Elle a fait beaucoup de dégâts. C'était une tempête de vent, un résultat d'ouragan. Les ouragans passent de plus en plus proche, en fait. Avant, ils frappaient la Nouvelle-Écosse, puis ils évitaient la côte ici, mais maintenant [...] on a les résidus depuis quelques années.

De son côté, le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC9 a été surpris de voir une tornade de catégorie F2¹¹ s'abattre sur le centre-ville de la principale municipalité de la MRC, il y a quelques années : « C'est des phénomènes inattendus pour des régions comme ici, selon ce que j'ai cru comprendre [...]. Mais des fois, les forestiers arrivent là et disent : " Bon, qu'est-ce qu'il est arrivé? Tous les arbres sont couchés et tordus ". Bien, c'est un corridor de tempête, dans une moindre mesure. »

À partir des résultats du sondage, on peut conclure que l'enjeu des aléas climatiques est présent sur le territoire de façon générale, et plus particulièrement les trois aléas ciblés par le projet. On peut aussi déduire de ces différents résultats que le niveau de préoccupation par rapport à ces aléas est élevé. Les inondations semblent être l'aléa le plus présent sur le territoire. En analysant les données recueillies lors des entrevues, on constate que les gestionnaires municipaux ont identifié plusieurs aléas touchant leur territoire, principalement les inondations, les glissements de terrain et les zones d'érosion. Ceci s'explique par l'obligation législative, qui incombe aux organisations municipales, d'identifier dans les documents de planification de celles-ci (schéma d'aménagement et de développement pour les MRC, et plan d'urbanisme pour les municipalités locales) les zones de contraintes naturelles et anthropiques à l'occupation du sol.

Voici ce que dit l'article 5 alinéa 4 de la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU) relativement aux MRC :

Le schéma doit, à l'égard du territoire de la municipalité régionale de comté : [...] déterminer toute zone où l'occupation du sol est soumise à des contraintes particulières

¹¹ Les tornades F2, dont la vitesse des vents peut s'échelonner de 180 à 250 km/h, provoquent des dégâts importants tels que l'arrachement de toitures, le déracinement de grands arbres ou le soulèvement de voitures (*Fujita Tornado Damage Scale* – NOAA (2016) – <http://bit.ly/1evSS3t>)

pour des raisons de sécurité publique, telle une zone d'inondation, d'érosion, de glissement de terrain ou d'autre cataclysme, ou pour des raisons de protection environnementale des rives, du littoral et des plaines inondables.

En ce qui a trait aux municipalités locales, la LAU les oblige à faire de même dans leur règlement d'urbanisme, lequel doit (LRQ, c A-19.1, art. 113, alinéa 16,1°) :

Régir ou prohiber tous les usages du sol, constructions ou ouvrages, ou certains d'entre eux, compte tenu de la proximité d'un lieu où la présence ou l'exercice, actuel ou projeté, d'un immeuble ou d'une activité fait en sorte que l'occupation du sol est soumise à des contraintes majeures pour des raisons de sécurité publique, de santé publique ou de bien-être général.

Les gestionnaires ont majoritairement remarqué des changements dans le régime de précipitations touchant leur territoire, dans les épisodes de redoux hivernaux et dans les récurrences des inondations. Bref, il appert que certains gestionnaires municipaux sont conscients de l'impact des changements climatiques sur leur territoire. Néanmoins, plusieurs ne font pas le lien entre l'augmentation de certains aléas climatiques et le réchauffement climatique. De surcroît, d'autres restent encore dubitatifs par rapport aux effets précis de ce dernier, et ont même affirmé, à l'instar de certains d'élus, qu'ils avaient de la difficulté à y croire étant donné les hivers froids des dernières années (2014 et 2015). Le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC8 résume bien cette pensée, partagée par quelques-uns : « C'est également aussi une sensibilisation qu'on va devoir faire auprès de nos élus. Parce que tout le monde n'est pas convaincu de ces changements climatiques-là. Puis il y a des fois [où] je peux en douter moi également aussi, tu sais. » Le même directeur ajoute qu'avec les projections climatiques, « on parle un peu à travers notre chapeau ».

2.4.1.5 Conclusion partielle

Ces résultats permettent de confirmer la pertinence des aléas climatiques ciblés par le projet d'atlas, surtout en ce qui a trait aux inondations. Pour ce qui est des vagues de chaleur accablante, même si les répondants ne se sentent pas concernés en général, les données sur les îlots de chaleur

produites par le CERFO et l'INSPQ¹² démontrent que les noyaux urbains situés en milieu rural ou forestier sont aussi concernés.

2.4.2 Intégration de la question climatique dans les documents de planification des municipalités

Cette partie nous permet de connaître le niveau d'intégration de la question climatique dans les documents de planification des organisations municipales. Ainsi, il est possible de dresser un portrait du niveau de préparation et de sensibilité des organisations en ce qui a trait aux aléas climatiques les touchant et, par le fait même, leur utilisation probable de l'atlas. Un intérêt élevé sur la question de la vulnérabilité de leur territoire et de leur population justifierait la pertinence de mettre à leur disposition un type de banque de stratégies d'adaptation dans l'atlas.

2.4.2.1 Intégration du climat dans leur pratique professionnelle

L'une des questions du sondage concerne la prise en compte de la dimension *climat* dans la pratique des professionnels de l'aménagement. Plus de la moitié des personnes ayant répondu à cette question (QF) (210 sur 349, soit 60 %) pensent que la prise en compte des risques associés aux aléas climatiques (aux fins de l'aménagement du territoire) relève d'une obligation légale, contre 30 % qui y voient une initiative locale.

2.4.2.2 Les obligations légales

L'enquête révèle que, pour justifier la non-prise en considération de la question climatique dans leur planification, les deux tiers des organisations municipales (n=20) expliquent se limiter à suivre la réglementation qui leur est imposée, principalement par la LAU (n=16), en ce qui a trait à l'identification des zones de contraintes naturelles, et par la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (n=17), relativement à la protection des zones d'érosion et les zones inondables. Ce qu'a confirmé la technicienne en environnement de la MUN10 : « Tout est lié [...] à nos obligations aussi.; Tu sais, il y a des règlements, puis il y a des lois, ça fait que tu sais [...] nos interventions découlent de ces obligations du ministère. » De plus, même si la LAU oblige les MRC à réviser leur schéma d'aménagement et de

¹² Carte des îlots de chaleur – I.G.O., Gouvernement du Québec, <http://bit.ly/2bMZstO>

développement (SAD) tous les cinq ans, cinq répondants nous ont indiqué que leur document de planification était de première génération ou de deuxième génération. Cet argument a aussi été avancé par la MUN6 : « Le plan d’urbanisme a été fait en 2003, ça fait qu’il n’y avait pas ce souci de [l’adaptation aux changements climatiques]. » Finalement, trois MRC ont cité l’article 105 de la Loi sur les compétences municipales, qui les oblige à assurer l’écoulement d’un cours d’eau pour protéger le territoire et la population face aux risques d’inondations : « 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 » (MRC7).

2.4.2.3 Manière dont le climat est intégré dans la pratique des professionnels de l’aménagement

En ce qui concerne la manière dont cela est concrètement mis en œuvre (QM), les résultats du sondage font ressortir que l’application la plus fréquente est le contrôle de l’utilisation du sol (60 %), suivi du plan directeur de l’eau (PDE) (50 %), de la planification à travers le SAD, le Plan d’Urbanisme (PU) ou le Plan de Développement de la Zone Agricole (PDZA) (40 %), de l’élaboration du plan municipal de sécurité civile (39 %), de la mise en œuvre des plans d’urgence (38 %), de la voirie (30 %) et de la gestion de l’eau potable et des égouts (29 %) (Figure 6). Le déneigement et l’assainissement des eaux ont respectivement été sélectionnés par moins de 21 % et 15 % des répondants, tandis que 16 personnes sur 349 (moins de 4 %) considèrent que leur pratique professionnelle n’est aucunement influencée par l’évolution future du climat.

En dehors des réponses proposées dans le sondage, les répondants tiennent compte de la question des risques liés aux aléas climatiques lors de l’émission de permis de construction, et à travers l’application des mesures de contrôle de l’érosion permanente – la protection des milieux naturels jouant un rôle régulateur (rétention des sols, filtration par exemple) –, la planification et le renforcement des infrastructures souterraines, et le renforcement de la politique de protection des bandes riveraines.

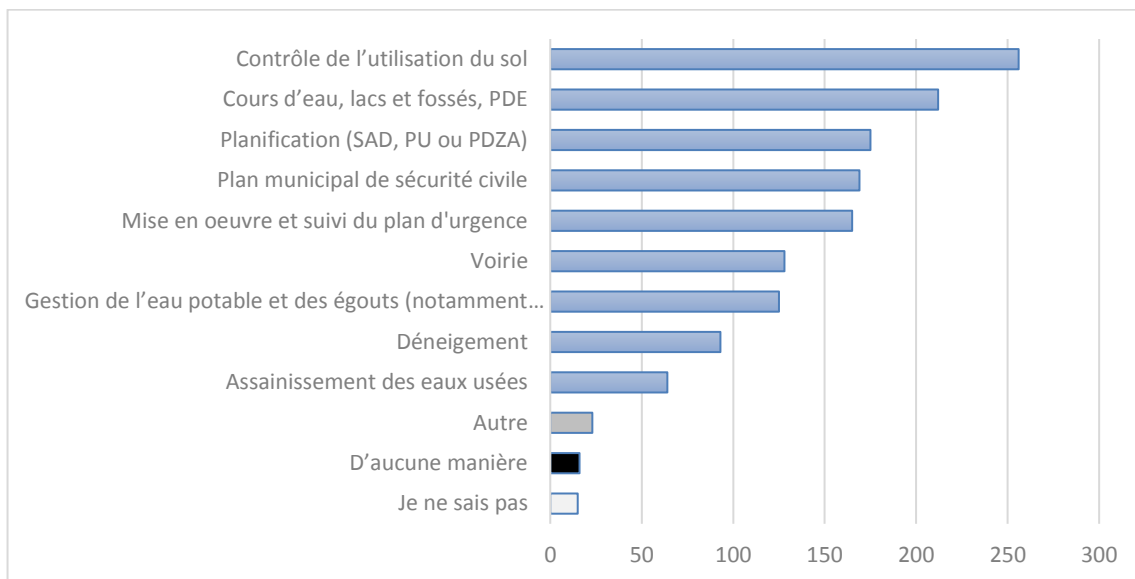


Figure 6 : Manières dont le climat est intégré dans la pratique des professionnels de l'aménagement

Quant à l'enquête, elle révèle que, des 31 organisations municipales rencontrées, seules trois se sont dotées d'un plan spécifique d'adaptation aux changements climatiques. Leurs approches, à ce titre, sont diverses et se basent exclusivement sur les aléas climatiques touchants actuellement leur territoire, lesquels correspondent, entre autres, aux trois aléas ciblés. Il est aussi important de souligner que ces trois municipalités font partie des 10 municipalités les plus peuplées du Québec. De plus, elles ont toutes trois profité du programme *Climat municipalités* du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MDDELCC), qui finançait la démarche à 90 %. Cette somme incitative a permis aux porteurs du dossier d'obtenir l'aval des élus très facilement. « C'est dur de ne pas avoir le soutien des élus quand c'est un programme qu'ils financent à 90 %! C'est : "Allez-y! Allez-y! Il n'y a pas de problème!" », nous a expliqué le conseiller en environnement de la MUN8. Finalement, sur les trois municipalités ayant rédigé un plan d'adaptation, deux l'ont publié officiellement (MUN8 et MUN4).

Les MUN8 et MUN9 ont caractérisé la vulnérabilité de leur territoire à différents aléas (pluies diluviennes, érosion des berges, vagues de chaleurs accablantes, neige abondante, cycles gel-dégel, etc.) et ont combiné ceux-ci à des facteurs socioéconomiques. Cette démarche leur a permis de localiser les quartiers nécessitant des mesures d'adaptation, mais aussi de les cibler

dans leur plan municipal de sécurité civile comme lieux prioritaires d'intervention lors de la survenue d'un événement climatique extrême. La MUN8 a intégré à son plan d'adaptation un *Plan d'action de lutte aux îlots de chaleur* qui lui permet de déterminer annuellement la localisation des plantations à effectuer en fonction des îlots de chaleur identifiés dans les quartiers les plus vulnérables. Comme le dit un gestionnaire de la MUN8 :

C'est les deux secteurs les plus anciens de la ville, donc c'est du logement qui date, c'est des secteurs défavorisés, avec des indices socioéconomiques plus faibles, qui sont [situés dans de] très forts îlots de chaleur [...] Donc, ça, c'est vraiment les deux endroits qu'on a ciblés où, quand il y a une vague de chaleur, c'est pire à ces endroits-là que dans le reste de la ville. Malgré qu'il y a des îlots de chaleur ailleurs dans la ville, les gens ailleurs dans la ville ont un meilleur indice socioéconomique, donc plus de chances d'être moins impactés par les vagues de chaleur que dans ces deux quartiers-là.

En ce qui concerne les mesures d'urgence, le conseiller en environnement de la MUN9 détaille le fonctionnement de la chaîne d'appel dans sa municipalité lors d'épisodes de canicule :

C'est vraiment au niveau de la fameuse clientèle à risque, donc il y a tout une espèce de procédure qui s'est mise en place avec l'Agence de [...] santé et service sociaux de [la ville], qui fait que quand il y a un épisode de canicule, il y a une chaîne d'appels qui se fait pour s'assurer qu'on a un suivi, auprès de la clientèle puis que les éléments sont mis en place.

L'approche de la MUN4 est différente des deux autres. Au contraire de la MUN8 et de la MUN9, la MUN4 n'a pas déterminé la vulnérabilité de sa population. Elle s'est plutôt limitée à une approche axée sur ses infrastructures, souhaitant par conséquent allonger leur durée de vie. « Notre plan, nous, c'est [ce] que la Ville peut faire sur sa propre juridiction, donc sur son réseau pluvial, sur son réseau d'égouts domestiques, sur ses camions, ses autos, tout. Fait que là, c'est vraiment un plan axé pour essayer de préserver nos infrastructures en premier », a expliqué le conseiller en environnement de cette municipalité.

De plus, à l'inverse de l'approche proactive de la MUN8 (au moyen de son *Plan d'action de lutte aux îlots de chaleur*), la MUN4 ne planifie pas d'actions de verdissement ou de plantation

d'arbres. Elle profite simplement de la réfection d'un axe routier ou d'une partie de trottoir pour le faire :

Quand la Ville sait qu'elle doit refaire un trottoir, une section de trottoir à tel endroit et qu'il est sur la carte d'un îlot de chaleur, les gens essaient [de] faire un trottoir en banquettes pour avoir un peu de verdure et pouvoir mettre [...] une allée d'arbres. Donc, c'est pris en compte projet par projet, section par section. Il n'y a pas de plan d'ensemble pour régler [...] la totalité des îlots de chaleur.

2.4.2.4 Dans la gestion et la planification territoriale

Quand on considère les résultats du sondage, on constate que c'est surtout dans le SAD (QM) (256 personnes sur 440 ont sélectionné cette réponse, soit 64 %) que les risques associés aux changements climatiques sont pris en compte (Figure 7). Ils sont suivis des règlements d'urbanisme (60 %), des plans d'urgence (55 %) et du plan d'urbanisme (48 %). Peu de personnes (moins de 45, soit 11,3 %) ont choisi l'énoncé de vision stratégique. Les risques associés aux changements climatiques sont également pris en compte dans les plans d'adaptation aux changements climatiques, les politiques et règlements sur les cours d'eau et les règlements sur les rejets des égouts. Pour la majorité des municipalités et des MRC, la prise en compte des risques associés aux changements climatiques dans le SAD (QN) se fait depuis 10 ans et moins (159 personnes sur 400 ayant répondu à cette question, soit près de 40 %), tandis que pour 68 personnes (17 %), ils ne sont pas pris en compte. Soixante-quatorze personnes (soit 18 %) ont répondu entre 11 et 20 ans, et 74 autres entre 21 et ans, contre 25 personnes ayant répondu depuis plus de 30 ans.

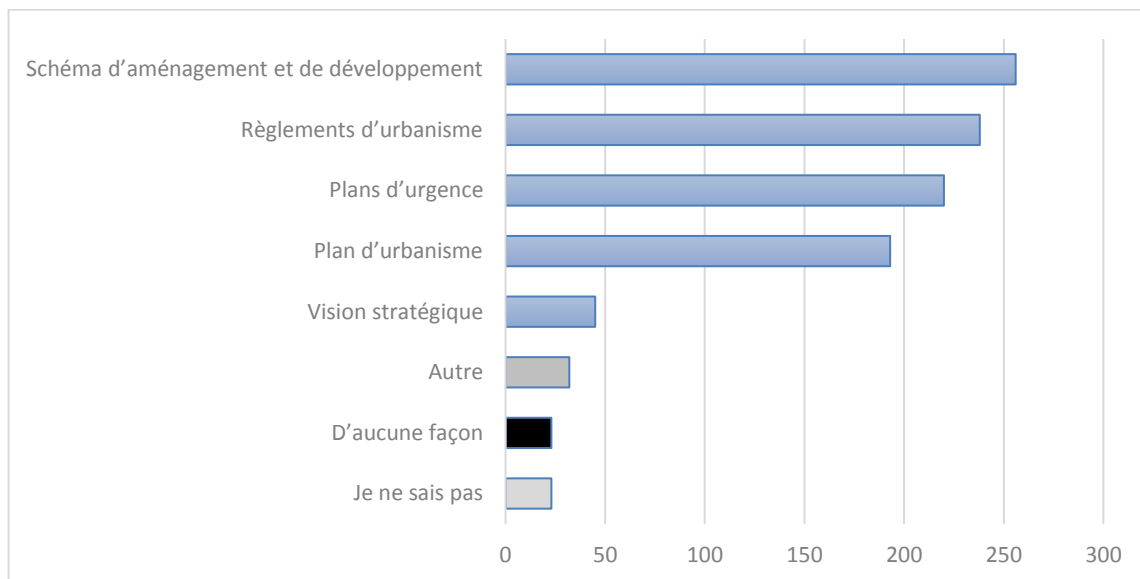


Figure 7 : Façons dont les risques associés aux aléas climatiques sont pris en compte aux fins de la gestion et de la planification du territoire

Les résultats des entrevues, quant à eux, font ressortir que, même si la quasi-totalité des organisations municipales n'ont pas adopté de plan d'adaptation aux changements climatiques, certaines (n=10) prennent tout de même en considération cette adaptation dans leur planification, sans toutefois l'appeler comme tel. Les actions de verdissement, la mise en place de jardins d'eau, la séparation des réseaux pluviaux et d'égout, le surdimensionnement des ponceaux et des aqueducs, et l'adaptation des techniques de déneigement constituent les mesures ayant été les plus souvent citées par les répondants pour illustrer les modifications aux façons de faire que nécessitent le dérèglement climatique actuel.

Alors que certaines municipalités, comme la MRC5 – « On entend parler [que] la configuration des réseaux d'égouts actuellement ne répond plus, parce que souvent, il y a des réseaux qui sont mixtes. [...] Donc on comprend que, là, il y a une problématique importante » –, commencent tout juste à réfléchir au problème, d'autres sont déjà passées à la vitesse supérieure : « On veut passer aux bâtiments éco énergétiques et plus que juste ce [qu'il y a de prescrit par le] code du bâtiment 2010. On veut passer au toit plat vert si possible, blanc en dernier recours. On veut que toutes les maisons aient des incitatifs pour l'auto électrique [...], la prise de recharge 240 volts va être obligatoire au code de construction » (MUN2). Il en est de même pour la MUN11, qui a

inclus dans sa réglementation une politique de protection de l'arbre : « Et puis pour les nouveaux projets [...] c'est obligatoire d'avoir un parc à l'intérieur d'un nouveau projet résidentiel. [...] Si on parle de commerce ou d'industrie, il y a aussi des plantations d'arbres obligatoires, donc la végétation est maintenant obligatoire. » Encore une fois, ces deux municipalités, 2 et 11, sont considérées comme des villes de moyenne et grande taille à l'échelle du Québec.

Le chef de division de l'état de l'environnement de la MUN14 nous a indiqué que, selon son interprétation, la mise en place de jardins d'eau découlait de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) :

C'est un peu une obligation [d'installer des jardins d'eau] qui nous vient du ministère de l'Environnement avec les demandes de l'article 32, c'est-à-dire les autorisations pour les projets d'infrastructures d'aqueduc et d'égout. On doit faire notre demande d'autorisation au ministère, puis eux nous demandent d'appliquer la politique de gestion des eaux de pluie.

2.4.2.5 Conclusion partielle

Les répondants du sondage pensent en majorité que la prise en compte du climat et des aléas climatiques dans leur pratique professionnelle et dans la planification du territoire relève plus d'une obligation légale que d'une initiative locale. De plus, ils pensent que cette prise en compte est assez récente (moins de 10 ans). Dans les deux tiers des cas (de l'enquête), les répondants ont justifié l'absence d'intégration de la question climatique dans leur planification par l'absence d'obligations légales à cet effet. Ils se limitent à suivre la réglementation qui est principalement reliée à la LAU et à la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables. Par conséquent, leurs mesures principales de protection face aux aléas climatiques sont les restrictions au développement qu'elles doivent appliquer aux zones de contraintes naturelles. Toutefois, mis à part les trois municipalités ayant rédigé des plans d'adaptation aux changements climatiques, dix ont adopté des actions visant à adapter leurs pratiques aux nouvelles réalités climatiques de leur territoire. Même si elles ne les nomment pas explicitement « mesures d'adaptation aux changements climatiques », ces actions le sont bel et bien. Finalement, il est important de souligner que ces dix municipalités comptent toutes plus de 50 000 habitants, tout comme les trois villes ayant rédigé des plans d'adaptation.

2.4.3 Prise en compte de la santé et la sécurité des populations dans l'aménagement du territoire

La majorité des personnes consultées pour le sondage pensent que la santé et la sécurité des personnes sont prises en compte d'une manière ou d'une autre dans l'aménagement du territoire (QM); que ce soit par l'identification de zones de contraintes (334 personnes sur 398 ayant répondu à cette question, soit 83,9 %) que par l'identification des zones les plus vulnérables pour l'obtention de financement à partir de programmes d'intervention ciblés (10,3 %). Parmi les autres réponses, il y a le maintien d'un service de premiers répondants, la planification d'espaces verts ou d'espaces tampons, et la séparation entre les zones à potentiel de nuisance (zone industrielle, autoroute et zone d'utilité publique) et les zones d'usage sensible (résidence et institution).

Quand les gestionnaires interrogés lors de l'enquête ont fait référence à la LAU pour décrire leurs obligations légales, ils ont majoritairement fait le lien avec les zones de contraintes naturelles (n=20). Ils ont aussi abordé la question des zones de contraintes anthropiques qui se rapportent, comme pour les contraintes naturelles, à la notion de contrôle de l'usage du sol.

2.4.3.1 Contrôle de l'usage du sol

Les gestionnaires ont identifié les usages suivants comme des contraintes anthropiques à leur développement :

- Voie ferrée (n=6)
- Terrain contaminé (n=5)
- Aéroport (n=4)
- Barrage (n=4)
- Lieu d'enfouissement technique (n=4)
- Route (transport de matières dangereuses, pollution sonore) (n=4)
- Sablière/carrière (n=4)
- Dépôt à neige (n=3)
- Dépotoirs (n=3)
- Poste de transformation électrique (n=3)
- Ancien dépotoir (n=2)
- Mine désaffectée (n=2)
- Aire d'accumulation de résidus miniers (n=1)

- Cour de triage (n=1)
- Gazoduc et oléoduc (n=1)
- Mine à ciel ouvert (n=1)
- Usine (n=1)

De prime abord, on peut penser qu'il n'y a aucun rapport entre la question climatique dans la planification et les contraintes anthropiques. Cependant, des gestionnaires ont expliqué être inquiets de la dangerosité de certains sites, et des impacts des changements climatiques sur ceux-ci. Ainsi, le directeur du service de l'aménagement de la MRC5 se questionne sur l'état de la voie ferrée qui traverse le centre-ville de la municipalité la plus peuplée de sa MRC, et sur laquelle circulent de nombreux trains de matières dangereuses : « Ça, c'est autre chose que les changements climatiques [les zones de contraintes anthropiques], mais on peut même éventuellement [y] lier les changements climatiques s'il y avait, je ne sais pas moi, un affaissement de la fondation du chemin de fer [...] dû à un cours d'eau qui va éroder. »

L'aménagiste de la municipalité MUN15 s'interroge aussi sur l'accroissement des pluies diluviennes et leurs conséquences sur certaines de ses zones de contraintes anthropiques : « Nous, on est une région minière aussi, donc à certains endroits, on a des sites de résidus miniers qui ont des digues, donc on se disait s'il y avait des fortes pluies, est-ce que ces digues-là risqueraient de céder? C'est des questionnements, en fait, qu'on a comme soulevés. »

2.4.3.2 Obstacles à l'intégration de la question climatique dans leur pratique professionnelle

Parmi les répondants au sondage, 16 personnes sur 349 (moins de 4 %) considèrent que leur pratique professionnelle n'est aucunement influencée par l'évolution future du climat. Selon elles, cela s'explique surtout par l'absence d'information, le manque d'expertise ou de formation ou par le fait qu'il existe des préoccupations plus prioritaires, voire par le fait que la question n'est pas pertinente pour la municipalité. Les répondants de l'enquête citent, quant à eux, la barrière citoyenne, le manque d'information, la barrière politique et le manque de ressources comme les principaux obstacles à l'intégration de la question climatique dans leur pratique professionnelle.

En plus de l'ancienneté de leur document de planification (n=5), les gestionnaires interrogés ont identifié plusieurs obstacles à l'intégration de la question climatique dans leurs pratiques. Tout

d'abord, ils estiment que la pression des citoyens et de certaines entreprises locales (n=14) constitue la barrière la plus importante à la prise en considération des aléas climatiques dans la planification. Comme l'a constaté le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC9, souvent les citoyens ne croient pas être situés dans une zone de contraintes naturelles :

On est souvent appelés à répondre à des gens parce que bon, pour eux autres, c'est une contrainte, ils veulent construire, ils veulent agrandir, ils vont s'informer à leur municipalité, ils se font dire : « Bien non, c'est une zone inondable, vous ne pouvez pas. — Comment ça, c'est une zone inondable ? — Bien là, c'est la MRC qui a fixé la zone inondable. » Donc je reçois des téléphones [...] : « Bien là, ça n'a pas d'allure, je ne peux pas faire un garage. » On leur explique : « Écoutez, vous êtes en plein dedans. » On a des données là-dessus, évidemment, on a des vidéos faites par hélicoptère à une certaine époque puis on voit bien.

Le directeur du service de l'aménagement de la MRC7 renchérit :

Souvent, ce qu'on entend, lorsque vient le temps d'appliquer les normes puis qu'un inspecteur répond à un citoyen « Bien, tu ne peux pas construire parce que tu es dans une zone de grand courant », la première réaction, c'est : « Bien, ça fait 30 ans que j'habite ici, je n'ai jamais vu d'eau sur mon terrain ».

En ce qui a trait à la situation de la MUN7, un événement de pluie diluvienne ayant entraîné une inondation-éclair en 2007, qui a provoqué des décès et des dégâts importants, n'a pas suffi, selon le directeur du service de l'urbanisme, à sensibiliser les citoyens face aux conséquences des aléas climatiques sur leur territoire :

On est huit ans, neuf ans après un événement [...], puis les gens veulent se reconstruire dans les zones [où] il y a eu, finalement, des décès, puis ah! Même si on a enlevé une centaine de maisons, je commence à avoir des pressions pour alléger cette zone-là.

L'aménagiste de la MRC1 suppose, de son côté, qu'il est difficile de justifier des actions axées exclusivement sur la question climatique pour ajouter des contraintes à l'aménagement :

Parfois, tenter d'avancer une mesure seulement sur le critère de protection, ça aurait peut-être plus de difficultés à passer dans la population. Les gens sont là depuis 50 ans, ils disent : « Ce n'est jamais arrivé chez moi. » Puis, juste ce critère-là, c'est parfois

plus difficile à faire passer. Donc c'est lorsqu'on arrive avec un ensemble de critères ou d'avantages que là, les gens peuvent embarquer ou acceptent plus la mesure.

Finalement, le conseiller en environnement de la MUN8, responsable du *Plan d'action de lutte aux îlots de chaleur*, a décrit la situation qui prévaut dans sa ville lorsque son service effectue de la sensibilisation en rapport avec la conservation de la canopée urbaine :

Le meilleur exemple étant les arbres puis la lutte aux îlots de chaleur, où tu vas dire aux citoyens : « C'est important, [pour] ne pas créer de nouveaux îlots de chaleur ou pour enlever les îlots de chaleur, plantez des arbres, conservez des arbres. » Puis ils vont tous dire : « Ah oui, ah oui, c'est important, c'est important. » La journée qu'ils viennent ici chercher un permis pour faire leur maison, tu leur dis : « O.K., mais il faut que tu gardes un arbre en façade et selon la superficie de ton terrain, tu as besoin de cinq arbres dans ta cour arrière. » Puis là, ils vont dire : « Ah bien non! Je n'ai pas de place! C'est mon entrée, ma maison, mon patio, ma piscine, mon cabanon, le carré de sable, l'aire de jeux des enfants! Je ne peux pas! »

La deuxième barrière identifiée par les répondants est le manque d'information (n=14), surtout en ce qui a trait aux caractéristiques de leur territoire. Plusieurs répondants disent travailler avec une cartographie de leurs zones inondables datant d'il y a plus de 20 ans : « La carte interactive, pour ce qui est des inondations, c'est certain que c'est pris à partir de la base de données brute et dure qui a été faite par le ministère des Ressources naturelles dans les années 90, 95 » (MUN5). D'autres (MRC13) se plaignent de n'avoir que de l'information partielle sur leurs zones de contraintes naturelles :

En termes d'inondation, c'est sûr qu'on a [vraiment] un manque présentement [...] d'informations. On a un travail qui n'a jamais été fini par le Centre d'expertise hydrique¹³ ou qui a été [...] un peu bâclé. Fait que ça, c'est quelque chose, c'est sûr, qui peut nous intéresser un jour d'avoir les cotes d'élévation, les cotes de crues, les plaines inondables pour, admettons, l'ensemble de nos lacs qui sont de villégiature.

¹³ À la suite d'une restructuration organisationnelle, les différentes unités du Centre d'expertise hydrique du Québec ont été intégrées au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Conséquemment, le nom *Centre d'expertise hydrique du Québec* n'est plus utilisé.

Certains gestionnaires ont mis en exergue leur difficulté à obtenir de l'information exacte et à jour étant donné leur éloignement géographique. C'est le cas de la chef de division à la Division de l'urbanisme de la MUN6 : « Le seul problème, c'est que souvent... vu qu'on est plus loin, qu'on a moins de population, on est sûrement en dernier quand il y a des relevés [...] des zones inondables. » Ces critiques sont dirigées vers les différents ministères responsables de livrer ces informations aux municipalités. La MUN3, lourdement touchée par un épisode d'érosion côtière il y a quelques années, explique qu'ils attendent depuis 2010 une cartographie des secteurs vulnérables. « Ça fait que nous, on a appliqué un peu la méthode du pinceau large, on a mis une bande de 30 mètres, sauf que ça affecte beaucoup de propriétés puis ça a une incidence sur la valeur foncière des propriétés », a expliqué la directrice du service urbanisme, permis et inspection de la municipalité.

Le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC6 fustige, de son côté, le manque de transparence de certains ministères en ce qui a trait au partage de la documentation gouvernementale :

Ce que je m'aperçois, c'est qu'il y a beaucoup de craintes dans les ministères de partager de l'information qui est encore des documents de travail, tant que ça n'a pas été approuvé par les autorités ministérielles, sous-ministre, etc. Et ça, [...] à mon avis, c'est très problématique parce qu'on pourrait gagner du temps en amont pour, tu sais, se consulter, échanger sur de la documentation, puis en vue d'une meilleure acceptabilité par le milieu aussi.

Comme l'affirme le conseiller en environnement au service d'urbanisme et développement durable de la MUN2 : « L'urbanisme, c'est une science qui découle sur un acte politique. » Puisque la ratification des documents de planification passe par le consentement des élus, ceux-ci peuvent constituer une barrière à l'intégration de la question climatique, ce qu'ont invoqué onze gestionnaires interrogés.

Plusieurs ont insisté sur l'aspect non prioritaire de la lutte aux changements climatiques pour les élus dans le flot des dossiers quotidiens : « On pourrait faire quelque chose, mais à un moment donné, aussi, les élus, ils disent : “Bien là, on peut-tu avoir d'autres priorités?” [...] Les îlots de [chaleur] comme là, tantôt, je parlais de pollution lumineuse. Je peux vous dire que c'est loin

d’être la priorité du siècle » (MRC3). La diversité des dossiers peut constituer une difficulté bien réelle, comme l’explique le directeur du service de l’aménagement du territoire de la MRC6 :

Bien, c’est un défi, je pense. C’est un défi dans la mesure où est-ce que la diversité de dossiers qu’on peut leur présenter aux élus est assez incroyable. Des fois [ces défis sont] je pense sous-estimés même de la population, donc puis à ce stade-ci, je pense, à part peut-être l’enjeu justement de la submersion côtière, puis de l’érosion, ils n’ont pas subi les... ils voient peut-être moins les impacts des changements climatiques.

L’aspect intangible des changements climatiques et la difficile anticipation de leurs effets futurs ne permettent pas la conscientisation des élus. Ils les voient souvent comme un défi lointain, autant temporellement que géographiquement : « Ça reste que, comme les changements climatiques, ça se passe à l’échelle mondiale, peut-être qu’ils se sentent moins concernés. Là, c’est comme : “Ah, les glaciers fondent, oui.” Mais ce n’est peut-être pas assez concret » (MRC2). Le directeur du service de l’aménagement du territoire de la MRC10 a constaté la même chose chez les maires de son territoire : « Oui, on dirait que nos maires ne sont pas vraiment encore allumés. Ils ont vu des choses à la télé, mais on dirait qu’il ne se passe rien ici. “Ah, un glissement de terrain! Mais ce n’est pas dû au climat. ” » La conseillère en environnement de la MUN17 estime qu’il s’agit ici d’un décalage générationnel :

Tu sais, dans le fond, c’est des vieilles cultures. Tu sais, il y a des gens que ça fait longtemps qu’ils sont ici, puis il y en a qui pensent qu’on ne subira pas le changement climatique, mais j’ai dit : « Non, non, c’est sûr qu’on va le subir, arrêtez, tu sais, faut y penser là. »

Une affirmation confirmée par la directrice du service de l’aménagement de la MRC2 :

Souvent les élus sont d’une autre génération, où ils ont été plus dans le développement, déploiement sur le territoire, puis ils ne réalisent peut-être pas que nous, qui sommes d’une autre génération, on va être la première génération à gérer la décroissance : vieillissement de la population, les problématiques justement environnementales.

Neuf répondants se sont dit en manque de ressources, qu’elles soient humaines ou financières, pour expliquer l’absence de la question climatique dans leurs documents de planification. Déjà extrêmement sollicités par les élus pour des dossiers de plus en plus diversifiés, ils ne peuvent

ajouter un travail de recherche sur les changements climatiques dans leurs tâches quotidiennes : « Je n'aime pas ça dire ça, mais souvent, dans les milieux ruraux, on est un peu en retard, tu sais, par rapport... Bien, de toute façon, on a moins de ressources financières, automatiquement, moins de ressources humaines pour mettre en application des actions concrètes, tu sais » (MUN13). Le directeur adjoint à l'aménagement et au développement de la MUN5 considère que les ressources financières de son service ne devraient pas servir à effectuer des recherches sur les aléas climatiques : « L'argent des taxes municipales, d'après moi, ne doit pas servir à ça. On ne peut pas faire, puis nous, nos salaires, c'est l'argent des payeurs de taxes, donc ce n'est pas notre rôle d'aller recenser les événements extrêmes météorologiques. » En plus du travail de recherche en amont limité par le manque de ressources, le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC6 juge la mise en œuvre encore plus complexe : « La question de l'inscrire dans le document de planification, c'est une chose. Je pense que le principal élément, c'est plus la mise en œuvre qui vient par la suite, puisque là, c'est là que les ressources sont plus limitées. »

La majorité des organisations municipales interrogées incluent dans leur planification certains aléas climatiques en appliquant la législation québécoise en vigueur. *A contrario*, six autres ont expliqué ne pas prendre en considération la question climatique, car justement celle-ci ne constitue pas une obligation légale, ou certains de ses aspects ne sont tout simplement pas de leur compétence. L'exemple donné par le directeur du service de l'aménagement de la MRC5 est assez révélateur. Une petite municipalité fait face à des inondations de plus en plus importantes et les mesures de protection mises en place il y a plusieurs années commencent à périlcliter dangereusement. Cependant, selon la Loi sur les compétences municipales, la MRC5 n'a pas de responsabilité. À cet égard, le directeur du service de l'aménagement indique que malgré tout, sa MRC « ne s'en lave pas les mains pour autant [et] essaie de prévenir, puis d'aviser, puis d'aider les municipalités qui sont aux prises avec ça ».

Les résistances internes aux nouvelles façons de réfléchir à l'aménagement du territoire par rapport aux conséquences anticipées des changements climatiques constituent l'autre obstacle majeur soulevé par les répondants. La conseillère en environnement de la MUN17 l'a illustré de la manière suivante : « Mais c'est dur d'amener ce changement-là, au niveau des ingénieurs. L'urbanisme est bien d'adon là-dessus, mais l'ingénierie, c'est d'autre chose. Parce qu'on pense

toujours que c'est plus cher d'aménager autrement. » Ce que confirme le responsable de la sécurité civile de la MUN2 :

Les travaux publics ont encore le mandat de faire une certaine gestion avec un certain budget, ils sont en train de *patcher* 11 fois plus de nids de poule qu'il y a 10 ans. Et les techniques de construction des nouvelles routes sont les mêmes que dans les années 1970, 1980, 1990.

2.4.3.2 Les stratégies d'adaptation appliquées

Le sondage met en évidence les stratégies d'adaptation les plus fréquemment appliquées (QM) : le maintien d'une bande riveraine (selon 78,1 % des répondants), le suivi de la gestion et de l'entretien des écosystèmes naturels existants (56 %), la végétalisation des berges (47 %), le plan municipal de sécurité civile (47 % également), le verdissement d'espace public ou privé (33 %) et la création de trames vertes ou bleues (11 %) (Figure 8). La climatisation de certains espaces publics, l'utilisation de matériaux à faible albédo pour les toits ou chaussées, la construction de digues et la bétonisation des rives ont été sélectionnées chacune par moins de 10 % des personnes ayant répondu à cette question. Parmi les autres réponses, il y a l'utilisation de bassins de rétention, la mise à niveau des règlements en fonction des problèmes rencontrées, le suivi de la crue des eaux, les plans d'urgence, l'aménagement des cours d'eau, l'acquisition d'information sur les causes des inondations, l'aménagement des infrastructures en fonction des aléas qui se manifestent (l'élévation des routes par exemple). Quatorze personnes (sur les 397 ayant répondu à cette question, soit 3,5 %) pensent qu'aucune stratégie d'adaptation n'est appliquée dans leur MRC ou dans leur municipalité.

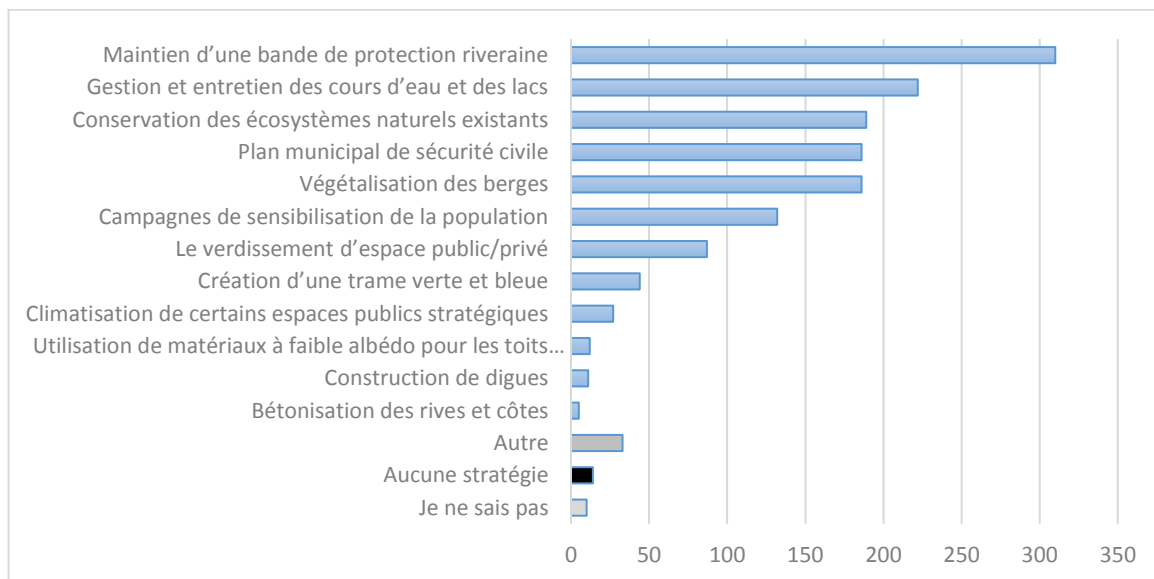


Figure 8 : Stratégies d'adaptation appliquées par les répondants

Selon les résultats de l'enquête, en dehors des mesures indirectes d'adaptation aux changements climatiques, mises en œuvre du fait des obligations légales, les autres stratégies d'adaptation décrites par les répondants sont inscrites dans les plans municipaux de sécurité civile pour les municipalités et dans les schémas de sécurité civile pour les MRC. Quatorze des répondants ont expliqué avoir inscrit dans ces documents des mesures visant à gérer un événement climatique extrême survenant sur leur territoire. Qu'il s'agisse d'inondations, de vagues de chaleur accablante ou de feux de forêt, les organisations concernées ont instauré une procédure pour chacun des aléas qu'elles ont ciblés. Le directeur du service des technologies et de l'information de la MUN3 détaille rapidement la procédure pour sa ville :

On a un plan de mesures d'urgence général pour tous les sinistres à la Ville. On a des centres d'hébergement, on a des bottins de ressources à contacter, on a l'intranet qui nous donne un plan de mesures d'urgence. On a un plan assez volumineux aussi, qui concerne tous ces éléments-là.

Ainsi, ces plans ne visent pas à prévenir et à réduire les risques liés aux conséquences des aléas climatiques, mais à réduire les vulnérabilités de la population lors de la survenue d'un événement climatique extrême.

2.4.3.3 Conclusion partielle

Les mesures d'adaptation mises en œuvre découlent plus d'une obligation légale que d'une initiative locale. Les municipalités mettent en œuvre des mesures indirectes d'adaptation aux changements climatiques notamment en vertu de la LAU et dans une moindre mesure, en vertu de la Loi sur les compétences municipales. De plus, même si la LAU oblige les MRC à réviser leur SAD tous les cinq ans, certains utilisent encore des documents de planification de première ou de deuxième génération. Un croisement entre les stratégies mises en place et les aléas cités montrent qu'il n'y a pas de lien évident entre les deux. Le rôle de l'atlas permet de fournir de l'information plus précise (localisée) aux aménagistes et autres professionnels, permettant un meilleur ciblage des stratégies d'adaptation à adopter.

2.4.4 Perception de la vulnérabilité du territoire

Les réponses aux questions liées à cette thématique apportent des précisions sur les données qui pourraient être retenues pour la création des indicateurs de vulnérabilité. La première partie permettait de vérifier s'il y a des groupes ou des populations plus susceptibles de subir des préjudices lors de la manifestation d'aléas climatiques extrêmes sur le territoire, tandis que la seconde questionnait les répondants sur l'existence de ressources naturelles ou d'infrastructures sensibles à protéger en cas d'événements climatiques extrêmes.

2.4.4.1 Vulnérabilité de groupes de population

2.4.4.1.1 Les facteurs de vulnérabilité aux risques d'aléas climatiques

Selon les résultats du sondage, parmi les facteurs qui rendent vulnérables certains groupes de la population à la manifestation d'un aléa climatique (QM), le plus sélectionné par les répondants est la proximité d'éléments naturels ou structuraux pouvant représenter un risque en cas d'événement climatique extrême (244 répondants sur 433, soit 56 %) (Figure 9). Le deuxième facteur le plus sélectionné est l'âge (44 %), suivi de l'isolement du lieu de résidence (37 %), des limitations physiques (24 %), de la difficulté d'accès aux services d'urgence (21 %), du peu ou du manque d'information sur les interventions municipales dans le domaine des mesures d'urgence (17 %) et du statut socioéconomique (14 %). Les facteurs tels que la difficulté d'accès aux services en cas d'urgence et le statut d'immigrant ont respectivement été sélectionnés par

10 % et 2 % des répondants. Parmi les autres facteurs cités, il y a la perte de revenu agricole et le fait que les populations sont peu conscientes des risques malgré les avis et avertissements. Enfin, 6 % des personnes ayant répondu à cette question ne savent pas quels facteurs rendent la population plus vulnérable à la manifestation d'un aléa climatique. Les principaux facteurs de vulnérabilité sont donc l'exposition, l'isolement, les handicaps physiques; de façon moindre, le manque d'information, le statut économique, l'accessibilité aux services en cas d'urgence et le statut d'immigrant.

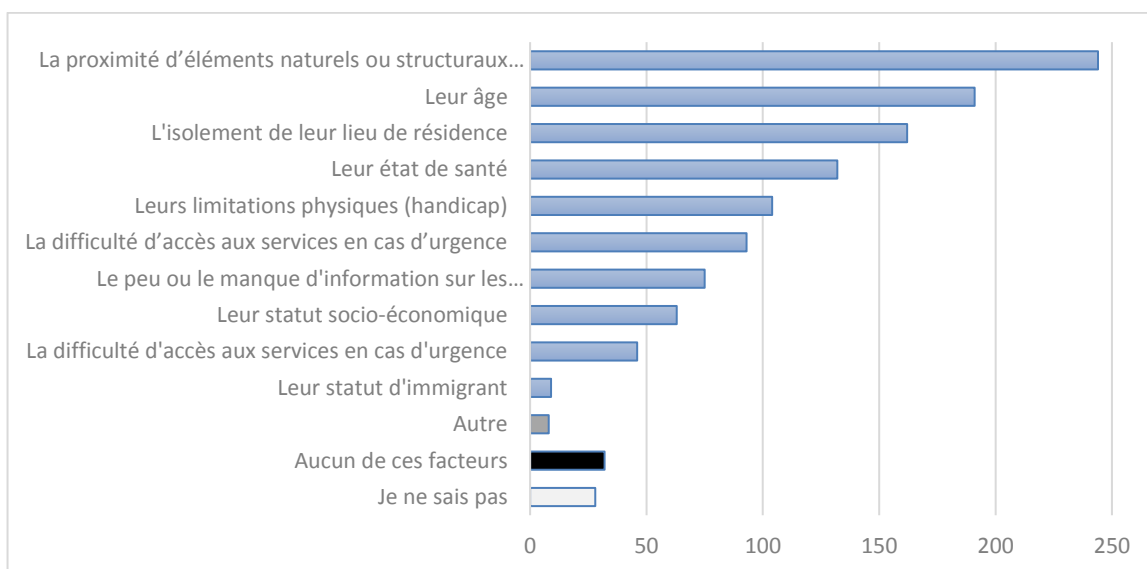


Figure 9 : Facteurs rendant certains groupes de la population plus susceptibles de subir des préjudices lors de la survenue d'aléas climatiques extrêmes

Pendant l'enquête, la question liée à la vulnérabilité des groupes de populations a été divisée en deux volets, qui différenciaient la vulnérabilité de groupes de population en raison de leur localisation ou de leur condition socioéconomique. On observe, au vu des résultats, une distinction importante entre les municipalités et les MRC. Si les personnes interviewées dans les MRC considéraient la localisation des groupes comme facteur de vulnérabilité, les villes, quant à elles, envisagent plus leur vulnérabilité par rapport à leurs caractéristiques socioéconomiques et/ou démographiques. L'aménagiste de la MRC8 explique le cas des îlots de chaleur en milieu côtier : « Ce n'est pas vraiment le cas dans [MRC8], des îlots de chaleur où [...] les personnes

défavorisées sont obligées de se tenir... par la force des choses, de se situer dans ces îlots-là. Ça, on n'en a pas vraiment. »

2.4.4.1.2 Vulnérabilité de groupes de population en raison de leur localisation

En effet, pour le premier volet, on constate que 9 MRC sur 12, mais seulement 3 municipalités sur 17, perçoivent la localisation comme la principale cause de la vulnérabilité des groupes de population sur leur territoire. Les éléments de réponses varient : constructions en zone inondable (n=6/29), isolement d'un rang par rapport au centre urbain (n=3), difficultés d'accès aux services en cas d'urgence (n=3), etc. Par exemple, une des aménagistes de la MRC1 constate :

Il y a déjà eu une réflexion faite sur... à [nom d'une municipalité du territoire], puis il y a peut-être... il y a une seule route qui mène au village comme tel. Si la route est fermée, la population est un peu enclavée. Ils vivent un peu la même chose à [nom d'une municipalité insulaire du territoire], si le service de traversier ne fonctionne pas, ils se sentent un peu enclavés. Donc il y a peut-être comme ça des portions de territoire qui, advenant un phénomène important qui fait une rupture des communications, peuvent être un peu isolées.

2.4.4.1.3 Vulnérabilité de groupes de population en raison de leurs caractéristiques

La proportion est inverse ici. Effectivement, 14 municipalités sur 17, mais seulement 3 MRC sur 12 perçoivent la vulnérabilité de certains groupes de leur population en raison de leurs caractéristiques. De plus, les caractéristiques socioéconomiques (revenu inférieur à la moyenne, dépendance aux transferts gouvernementaux, faible scolarité, pourcentage de nouveaux arrivants, etc.) reviennent plus souvent dans les réponses que les questions démographiques (présence de personnes âgées ou de jeunes enfants). Le conseiller en environnement de la MUN8 explique :

Tous les quartiers centraux des anciennes villes de [MUN8] puis [ancienne municipalité fusionnée à MUN8]. Sinon... c'est pas mal concentré là. Puis eux, c'est vraiment au niveau des îlots de chaleur qu'ils vont être vulnérables, beaucoup plus. Parce qu'on parle de socioéconomique puis sociodémographique, on parle de personnes âgées, des familles, mais à faible revenu, probablement beaucoup de familles monoparentales, des choses comme ça. Donc eux vont être très touchés par ces éléments-là.

2.4.4.1.4 Vulnérabilité de ressources ou d'infrastructures

À la question de savoir s'il existe des infrastructures ou des ressources à protéger en cas de risques climatiques extrêmes (QM), la majorité des personnes ont répondu oui (presque 60 % des personnes ayant répondu à cette question) (Figure 10). Certaines infrastructures sont à protéger en raison de leur importance vitale (par exemple un bassin versant pour conserver la qualité d'une ressource vitale, les hôpitaux, une caserne de pompiers, des écoles, des routes, etc.) pour la santé et la sécurité des populations (41 %) ou en raison du danger qu'elles représentent (barrage, oléoduc, dépôt de matières dangereuses ou autres sources de contamination) en cas de bris pour la santé ou la sécurité des populations (27 %). Les autres raisons citées sont la préservation d'écosystèmes particuliers (forêt, par exemple) et l'importance de la ressource pour la préservation d'une espèce particulière (un refuge pour les oiseaux migrateurs, par exemple).

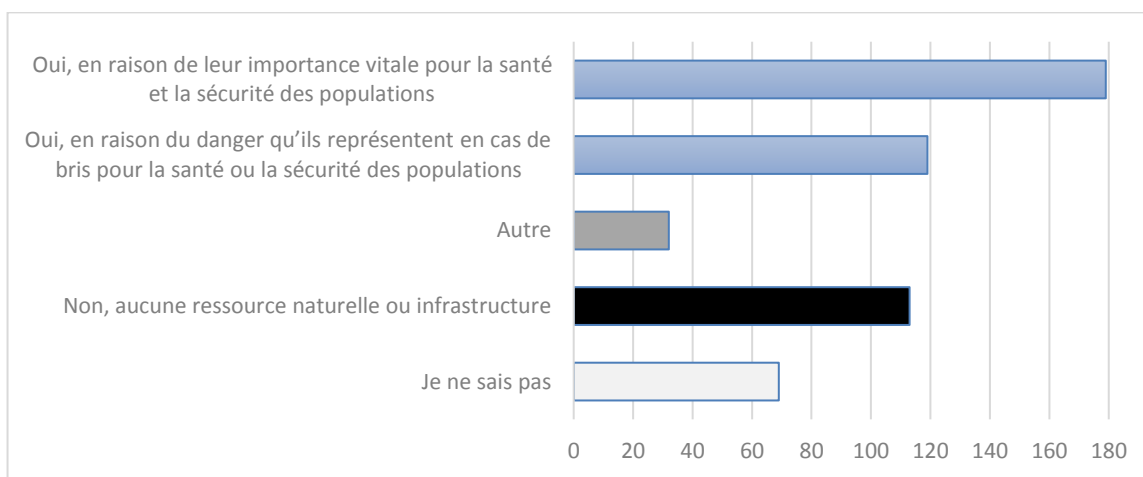


Figure 10 : Existence de ressources naturelles ou d'infrastructures à risque nécessitant d'être protégées en cas d'événements climatiques extrêmes

Dans l'enquête, les questions posées quant à la vulnérabilité des ressources naturelles ou encore des infrastructures se divisaient, comme la question précédente, en deux volets, soit la vulnérabilité des ressources ou infrastructures en raison de leur importance vitale, ou encore du danger qu'elles représentent en cas de bris pour la santé et la sécurité des populations. Contrairement à la question précédente, les municipalités et les MRC avancent des réponses

similaires lorsqu'il est question de la vulnérabilité de leurs ressources naturelles ou de leurs infrastructures. Un point à noter : presque aucun répondant ne voyait d'éléments vulnérables par rapport à leurs ressources naturelles (par exemple : un bassin versant qui doit être protégé afin de conserver la qualité d'une ressource vitale comme une source d'eau potable, etc.). En fait, les gestionnaires municipaux considèrent plus l'infrastructure à protéger (l'usine de production d'eau potable) que la ressource elle-même. Néanmoins, les organisations municipales en milieu forestier ont toutes mentionné la difficulté de se prémunir contre les feux de forêt.

2.4.4.1.5 Vulnérabilité de ressources ou d'infrastructures en raison de leur importance vitale pour la santé et la sécurité des populations

Les gestionnaires municipaux interrogés expliquent que les principales infrastructures vulnérables sont les routes (18/30), les installations de production d'eau potable (9/30, toutes des municipalités), suivies des voies ferrées (7/30) ainsi que des hôpitaux (4/30) et enfin des écoles et des terrains contaminés (3/30). Comme pour le point suivant, il n'y a pas ou peu de différences entre les MRC et les municipalités dans leurs réponses, sauf pour les installations de production d'eau potable, un problème de nature que l'on devine plus urbain.

La vulnérabilité des routes en région côtière ressort fortement. Comme l'illustre le directeur de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire et de l'environnement de la MUN7 :

Les routes sur le bord de la côte. Les routes sont souvent érodées. Bien, les routes puis les cours d'eau qui traversent les routes, c'est souvent des petits cours d'eau qui se transforment en torrent puis qui arrachent la route, mais souvent, c'est des petits cours d'eau et des fois, ils ne coulent même pas l'été. Puis c'est lui qui devient, qui peut isoler... ».

Le risque d'isolement de groupes de personnes en raison d'un affaissement de la chaussée interpelle les intervenants, qui rappellent le rôle majeur du ministère des Transports dans l'entretien du réseau routier.

On constate également la crainte causée par la catastrophe ferroviaire de Lac-Mégantic du 6 juillet 2013, notamment pour les organisations municipales dont les trains passent en centre-ville. Le directeur adjoint à l'aménagement et au développement de la MUN5 explicite :

« Tu sais, il y a le train qui représente un danger. Le train, tu sais, les gens ici sont très mitigés par rapport à la question du transport de pétrole par la voie ferrée. Lac-Mégantic, c'est sûr que ça a refroidi tout le monde. Effectivement, il y a eu, comme toute ville qui a vécu en symbiose avec la voie ferrée, ça a amené d'une part beaucoup de prospérité jadis, naguère, mais maintenant, le train fait juste passer, puis ce que transporte le train maintenant, c'est pas mal plus dangereux que qu'est-ce qu'il transportait, le train, il y a 50 ans. Le train n'arrête plus en ville, il passe, donc effectivement, c'est un aléa. Peut-être que les changements climatiques pourraient rendre la voie ferrée moins sécuritaire. »

2.4.4.1.6 Vulnérabilité des ressources ou des infrastructures en raison du danger qu'elles représentent, en cas de bris, pour la santé ou la sécurité des populations

En ce qui concerne la vulnérabilité de ressources ou d'infrastructures en raison du danger qu'elles représentent en cas de bris, un seul élément ressort, soit les barrages. En effet, ceux-ci sont nommés par 17 organisations municipales sur 30. Les nombreux propriétaires de barrages (Hydro-Québec, compagnies forestières, alumineries, association de riverains, etc.) rendent toute coordination des efforts difficiles en cas de sinistre. En revanche, l'aménagiste de la MRC¹⁴ vante le leadership du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) :

« [Il] les gère de façon très efficace, à mon avis parce que, bien, la preuve, je vois régulièrement passer des demandes d'attestation de conformité pour des remises à niveau, des réparations de ces ouvrages-là. Donc, ils font un suivi. Ils suivent ça, ça, c'est rassurant. C'est sûr que ça reste quand même des ouvrages qui sont vulnérables, s'il arrive une inondation majeure. »

Les répondants ne voient pas d'autres cas problèmes autres que les barrages (par exemple : oléoduc, dépôt de matières dangereuses ou autres sources de contamination) même après explication de l'intervieweur.

2.4.5 Outils et/ou documentation destinés à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques

Plus de la moitié des répondants affirment utiliser des outils ou des sources d'information, destinés (QF) à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques (222 sur

392 personnes ayant répondu à cette question, soit 56,6 % (Figure 11). Presque 30 % des répondants ne savent pas quels outils ou sources d'informations sont utilisés. Soixante et une personnes sur 392 (15,6 %) n'utilisent aucun outil ou source d'information. Pour ce qui est de la fréquence d'utilisation (QM), moins de 20 % l'utilisent très fréquemment, c'est-à-dire quotidiennement, 30 % l'utilisent fréquemment (1 à 2 fois par semaine), 29 % l'utilisent rarement (1 à 2 fois par mois), 22 % l'utilisent très rarement (1 à 2 fois par an) et 2 personnes sur les 222 répondants ayant affirmé utiliser des outils ou sources d'informations ne les utilisent pas du tout. Autrement dit, 220 personnes les utilisent effectivement, dont environ la moitié les utilise au moins 1 à 2 fois par semaine (fréquemment et très fréquemment) et l'autre moitié les utilise rarement à très rarement, donc au plus 1 à 2 fois par mois.

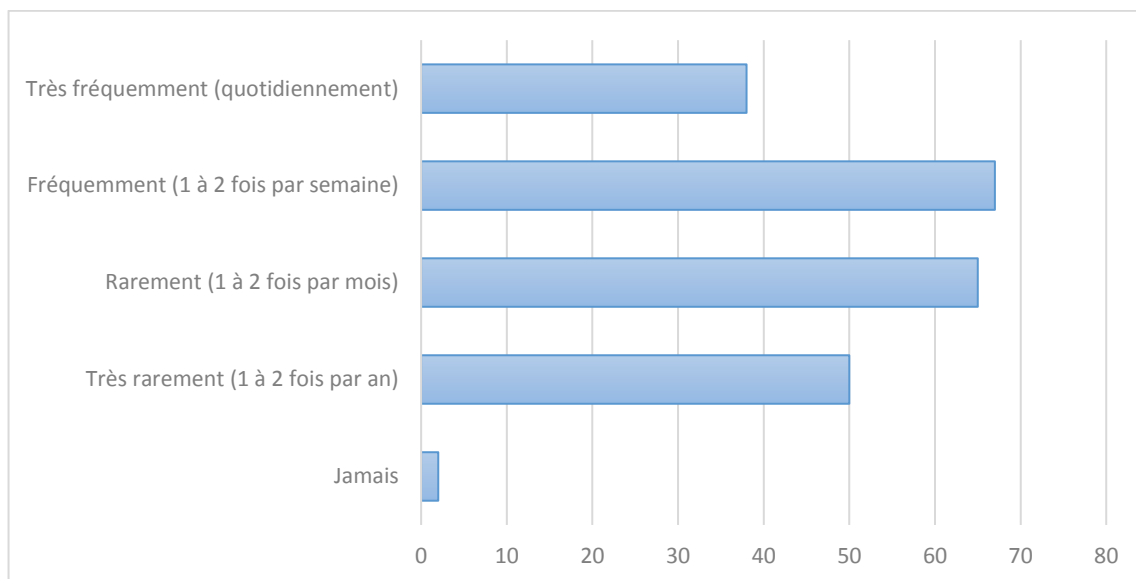


Figure 11 : Fréquence d'utilisation des outils ou sources d'informations destinés à aider les municipalités et les MRC à faire face aux risques des aléas climatiques

Parmi les outils utilisés, se trouvent :

- Les cadres normatifs et réglementaires : la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables;
- Les données gouvernementales;
- Les publications gouvernementales;

- Les publications des autorités locales;
- Les systèmes d'information géographique;
- Les publications scientifiques;
- Les autres types de publications (journaux, revues, sites Web, etc.).

Des 220 personnes qui utilisent les outils ou sources de données disponibles (Figure 12), plus des trois quarts trouvent que ces outils sont à jour et moins de 15 % trouvent qu'ils ne le sont pas (QF). Près de 4 % les trouvent complets contre environ 40 % qui les trouvent incomplets (QF). Près des trois quarts trouvent qu'ils répondent à leurs besoins contre moins de 20 % qui pensent le contraire (QF).

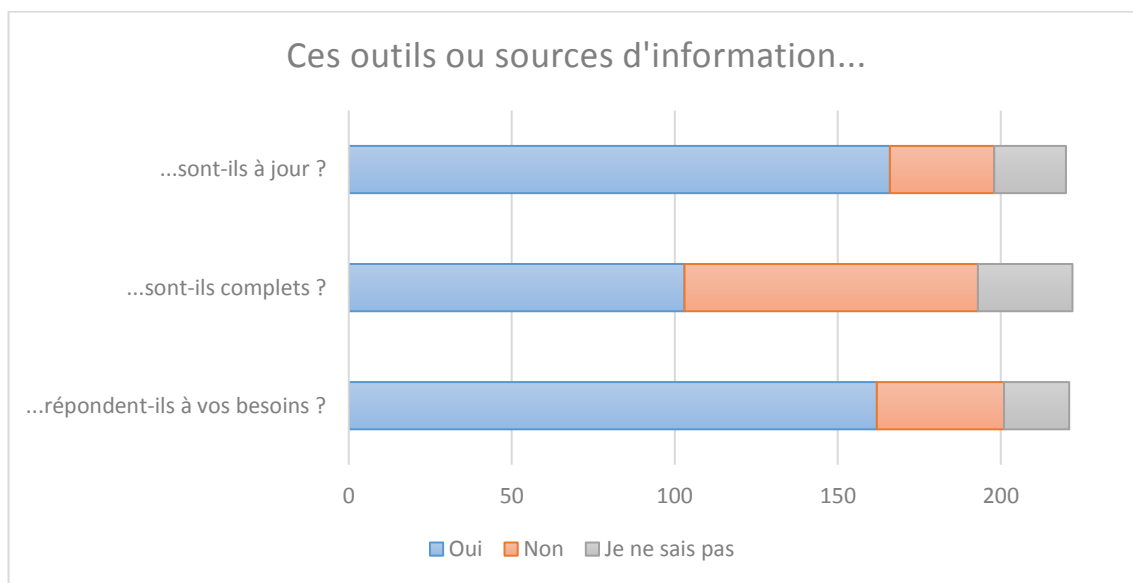


Figure 12 : Niveaux de mise à jour, complétude et de réponse aux besoins des outils ou sources d'information destinés à aider les municipalités et les MRC à faire face aux risques des aléas climatiques

Une partie de la grille d'entrevue visait à savoir si les répondants utilisent des outils ou de la documentation, émanant de sources gouvernementales ou autres, afin d'obtenir de l'information sur les aléas climatiques touchant leur territoire, mais aussi sur les changements climatiques futurs et leurs conséquences anticipées. Ceci permet de comprendre le niveau de préparation des municipalités, ainsi que leur intérêt en ce qui a trait à l'adaptation aux changements climatiques. Selon les résultats de l'enquête, il y a autant de répondants qui sont au courant de sources

d'informations en lien avec les aléas climatiques (n=15) que de répondants qui n'en connaissent pas (n=15). Sur les 15 ayant répondu positivement, deux n'ont fait référence qu'à Ouranos, deux ont affirmé ne s'informer que via le MAMOT et onze ont indiqué en connaître plus d'un, associant majoritairement cette source avec Ouranos (n=8). Les autres sources les plus souvent évoquées sont les différents ministères partageant habituellement de l'information avec les municipalités sur les aléas climatiques (n=6), soit le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), le ministère de la Sécurité publique (MSP), le MDDELCC et Environnement Canada, qui a été spécifiquement cité à trois reprises. Un répondant a aussi expliqué s'informer auprès de l'INSPQ via le site *Mon climat, ma santé*. En dehors des organisations gouvernementales, plusieurs répondants ont mentionné chercher ou obtenir de l'information par le biais de trois organismes non gouvernementaux. Il s'agit de Vivre en Ville¹⁴ (n=3), d'Hydro Météo¹⁵ (n=2) et d'un Comité ZIP¹⁶ (n=1). Finalement, l'utilisation d'un moteur de recherche, à l'aide de mots-clés, a été citée par trois répondants.

Selon le sondage, presque 30 % des répondants ne savent pas quels outils ou sources d'informations sont utilisés. Soixante et une personnes sur 392 (15,6 %) n'utilisent aucun outil ou source d'informations. Parmi elles, (QM), 33 % (des 61 répondants) estiment qu'il y a un manque d'expertise pour exploiter les informations disponibles, 25 % pensent qu'il n'y a pas assez de ressources financières pour acheter les informations, 14 % que les informations ne sont pas pertinentes pour leur municipalité et 8 % que les échelles ne sont appropriées. Les autres raisons expliquant la non-utilisation des outils ou ressources disponibles sont le manque de temps, le manque de connaissance de ces outils et sources d'informations, et le manque de volonté politique. En ce qui a trait aux répondants ayant indiqué ne pas utiliser de sources d'informations sur les aléas climatiques, huit n'en connaissent tout simplement pas et deux

¹⁴ « Vivre en Ville est une organisation non-gouvernementale qui accompagne les décideurs, les professionnels et les citoyens dans le développement de milieux de vie de qualité, prospères et favorables au bien-être de chacun, dans la recherche de l'intérêt collectif et le respect de la capacité des écosystèmes » (Vivre en Ville, 2016, <https://vivreenville.org/>).

¹⁵ Hydro Météo est un organisme à but non lucratif qui se spécialise dans la gestion des risques liés aux inondations et aux problématiques de glace (Hydro-Météo, 2016, <http://bit.ly/2d6V5K7>)

¹⁶ « Les comités ZIP sont des organismes régionaux de concertation et d'action, dont le mandat est de regrouper les principaux usagers du Saint-Laurent, sur leur territoire, et de favoriser leur concertation en vue de résoudre les problèmes locaux et régionaux touchant aux écosystèmes fluviaux et à leurs usages » (À propos des comités ZIP - Stratégies Saint-Laurent, 2011, <http://bit.ly/2d0GXmH>)

estiment en connaître, mais affirment que la documentation est trop compliquée. C'est ce qu'a expliqué le coordonnateur du service de l'aménagement de la MRC11 : « Ouranos, il va falloir simplifier si tu veux qu'ils viennent à bout de suivre, parce que si tu regardes les rapports d'Ouranos, ils sont assez [complexes]. Ça s'adresse à des professionnels du domaine, O.K.? Ce n'est pas évident! »

Sur les 15 répondants qui n'utilisent pas de documentation, deux ont argué n'avoir pas le temps. « C'est vraiment une question de ressources humaines plutôt que d'intérêt, puis tu sais, ça, je trouve ça vraiment dommage que ça ne soit pas reconnu au niveau rural parce que tu sais, quand tu es une grosse municipalité, tu peux aller te chercher des ressources spécialisées compétentes », a expliqué la directrice générale de la MUN13. De son côté, le conseiller en environnement de la MUN8, pourtant une municipalité de plus de 100 000 habitants, a concédé lui aussi que c'est une question de temps. Il a indiqué surtout aller sur le site du MDDELLC, non pas pour prendre de l'information sur les aléas climatiques, mais pour se tenir au courant des modifications réglementaires : « Eux autres n'arrêtent pas de modifier [...] leur règlement, c'est déjà un *challenge*! Fait que, de se tenir à jour en plus de tout le reste, ça devient difficile. »

2.4.5.1 Accès aux liens via l'atlas

Nous avons voulu savoir si les municipalités aimeraient pouvoir consulter certaines données via l'atlas, même si elles sont déjà disponibles sur d'autres sites Web (QF). Selon le sondage, seulement 21 personnes sur 391 ayant répondu à cette question ne sont intéressées par aucune des données listées dans le sondage. Par contre, 356 personnes sont intéressées à consulter des données via l'atlas. Parmi les données qui les intéressent (QM), il y a celles relatives aux zones d'inondation (314 personnes sur 391 répondants, soit 80 %), aux limites des bassins versants (près de 64 %), aux bandes d'érosion côtière (44 %) et aux îlots de chaleur (42 %). Les autres données qui les intéressent sont celles liées aux zones à risque de glissement de terrain. Ces données suscitent de l'intérêt pour diverses raisons (QM) : trouver toute l'information nécessaire sur une même plateforme (308 personnes sur 355, soit près de 87 %), l'efficacité opérationnelle (près de 47 %), l'existence de données déjà traitées (36 %), la convivialité d'un atlas Web (près de 34 %) et l'aspect visuel d'un atlas. Les autres raisons citées sont le fait de pouvoir intégrer les données à leur SIG et la possibilité de faire des mises à jour.

Nous avons cherché à savoir si un hyperlien vers les ressources déjà disponibles serait utile aux 21 personnes qui ne sont intéressées par aucune des données (QF). Treize personnes ont répondu *oui* et 3 ont répondu *non* parce qu'elles utilisent déjà un SIG avec les données disponibles dans *Territoires*, ou parce que l'information est déjà disponible. Les résultats de l'enquête montrent que quinze répondants sont intéressés à avoir accès, via l'atlas, à des liens vers des ressources donnant de l'information sur les aléas climatiques et les changements climatiques. L'aménagiste adjointe de la MRC1 y voit un avantage :

Avec l'atlas, ça pourrait être intéressant d'avoir juste une section, peut-être qu'il y en a une à la fin, un peu comme documentation, tout ça, même si on se dit : « Bon, c'est disponible via Ouranos. » Si on se dit qu'idéalement, cet outil-là devrait être implanté dans chacune des municipalités, tu sais, chacune devrait l'utiliser, bien, d'avoir un lien vers les documents qui permettent de faire un plan [...] d'adaptation aux aléas climatiques ou des liens vers Ouranos puis d'autres documents, ça pourrait être intéressant de le mettre là.

D'autres y voient une façon de faciliter leur travail et, surtout, de ne pas devoir chercher l'information à différents endroits : « C'est sûr que c'est toujours le défi de chercher, puis je pense que ce n'est pas tout le monde qui est à l'aise non plus de chercher, donc le fait de regrouper l'information en un seul endroit, ça pourrait être facilitant pour quelques personnes » (MRC7). La directrice du service de l'aménagement du territoire de la MRC2 estime, pour sa part, que l'obtention de cette information, par des liens accessibles via l'atlas, lui permettra de se faire le porte-voix auprès des élus :

On essaie toujours de faire le relais de cette information-là au municipal [...], puis on est en train de développer un coffre à outils à l'intention, justement, des municipalités, que ce soit en travaillant avec des modèles réglementaires ou des outils de sensibilisation et tout ça.

Enfin, le conseiller en environnement de la MUN8 nous a détaillé de quelle façon il imagine la présentation des ressources sur l'atlas envisagé : « Un genre [un] peu revue de littérature, admettons par thématique. Comme ça, si tu as besoin d'information sur un sujet en particulier, tu es capable d'aller voir qu'est-ce qui a sorti dernièrement. C'est ça, oui, ça pourrait être intéressant. »

2.4.5.2 Conclusion partielle

Ouranos est considéré comme la référence en ce qui a trait aux informations sur les changements climatiques, même si, pour certains, leurs études sont quelque peu complexes. Les répondants l'ont cité à dix reprises. Pour le reste, mis à part les différents ministères distribuant de l'information qui se rapproche de près ou de loin à l'aspect climat, il apparaît que les répondants vont chercher très peu d'information ailleurs, que ce soit par manque de temps ou par méconnaissance. Ces résultats montrent que l'atlas pourrait être un outil d'intérêt étant donné que la majorité des répondants du sondage trouvent une certaine utilité à ces sources d'informations et que plus des trois quarts jugent qu'elles sont pertinentes. L'enquête montre aussi un engouement des professionnels de l'aménagement pour diverses raisons. De plus, la facilité d'utilisation qu'offrira l'atlas pourrait motiver ceux qui n'utilisaient pas les autres outils en raison d'un manque d'expertise. La flexibilité qu'offrira également l'atlas, notamment par rapport aux échelles de données et à la manipulation de celles-ci, est l'un des éléments qui pourraient susciter de l'intérêt pour son usage.

2.4.6 Niveau de sensibilisation des citoyens aux risques liés aux aléas climatiques

Cette thématique permet de mieux comprendre la perception qu'ont les gestionnaires de la sensibilité de leur population vis-à-vis les aléas climatiques, mais aussi par rapport aux changements climatiques. Plusieurs répondants du sondage pensent que les citoyens de leur municipalité se sentent concernés par les risques liés aux aléas climatiques (179 personnes, soit 44 %) contre 104 qui pensent que les citoyens ne se sentent pas concernés (Figure 13). Sur une échelle de 1 à 6 (1 pour peu concernés et 6 pour fortement concernés), la moyenne des réponses est égale à 3,6.

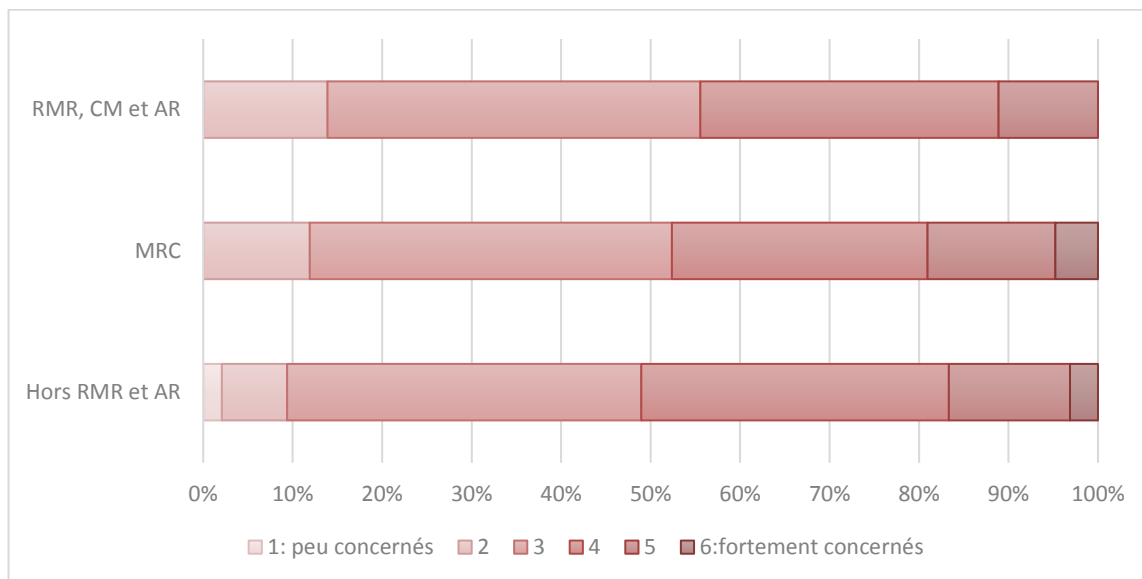


Figure 13 : Niveau de préoccupation des citoyens des MRC et des municipalités selon les professionnels ayant répondu au sondage

Les citoyens se sentent concernés surtout (QM) parce qu'ils ont été sensibilisés à la suite d'un aléa majeur (sélectionnée par 54 personnes sur 85 ayant répondu à la question, soit 63 %), parce qu'ils ont été régulièrement touchés par un ou des aléas (46 %) et parce qu'ils ont une facilité d'accès à l'information sur le climat (15 %). En d'autres mots, la sensibilité des citoyens se développe par l'expérience et par l'exposition. Les autres raisons sont la perte de revenus potentiels, la proximité d'une source de danger en cas d'aléa (un cours d'eau, par exemple), la manifestation d'aléas climatiques dans d'autres municipalités. De plus, selon les répondants, les personnes ne se sentent pas concernées par les risques liés aux aléas climatiques, 51 % à cause (QM) d'un manque de sensibilisation (45 répondants sur 87), au fait que la population est peu touchée par des aléas climatiques (47 %) et au faible accès à l'information sur le climat (19 %). Les autres raisons sont le fait que les informations disponibles sont trop globales, et ne concernent donc que très peu les réalités locales.

Par une forte majorité, les répondants ont indiqué que les citoyens étaient sensibilisés par l'expérience (n=15). Ceux-ci se rendent réellement compte des conséquences des aléas climatiques lors de la survenue d'un événement climatique extrême, comme un épisode

d'inondation ou d'érosion, qui touche directement leur terrain ou leur habitation. Le conseiller en environnement de la MUN4 donne l'exemple suivant :

Ceux qui le vivent plus, ici, vont être plus conscients, puis c'est ceux avec lesquels on a le plus souvent de plaintes ou d'appels. C'est ceux qui habitent en bordure de cours d'eau ou de rivières [...] qui subissent des pluies ou de l'érosion [...]. Quand on va faire du terrain [...] ils nous disent : « Ça fait longtemps, j'ai tout le temps habité ici puis là, c'est depuis cinq ans, tout mon terrain derrière ma remise se fait gruger par le cours d'eau. »

De plus, selon certains répondants (n=3), le fait de vivre dans une zone de contraintes naturelles participe à leur sensibilisation, surtout en ce qui a trait aux interdictions inhérentes à une telle localisation. C'est ce qu'explique la coordonnatrice du service d'aménagement et de développement du territoire de la MRC12 : « Ils se font, comme on dit par chez nous, rabattre [sic] les oreilles à l'effet que tu ne peux pas faire ça, [...] tu es en zone inondable, bien, tu es contraint puis tu es limité. » Même si huit répondants estiment que les citoyens sont conscients de l'importance des changements climatiques, quatre pensent qu'il y a une différence entre le discours et les actions, notamment le répondant de MRC1 :

Il y a toujours une sensibilité, mais les gens ont toujours un attrait, les gens veulent toujours être près du fleuve, près d'un cours d'eau, déboiser pour avoir une vue. Donc de là à prendre des mesures, il y a un autre pas à franchir aussi. Certains se disent sensibilisés, mais ils sont les premiers à se construire le plus près possible d'un cours d'eau puis à déboiser au maximum qu'ils peuvent.

Pour expliquer l'insensibilité des citoyens à la question des aléas climatiques, huit répondants ont pointé du doigt le déni vis-à-vis les risques liés à certains événements météorologiques extrêmes. Même si les citoyens résidant dans les zones de contraintes naturelles reçoivent de l'information en rapport avec leur situation, beaucoup ne croient pas à l'existence d'éventuels impacts, étant donné le long temps écoulé depuis la survenue d'un dernier événement du genre. « Il y a vraiment, des fois, des gens vivent une frustration du fait qu'ils sont contraints par des choses comme ça, ils disent : “Bien voyons donc, je n'ai jamais vu ça, ça n'arrivera pas. Ça ne m'arrivera pas à moi” », nous a relaté l'aménagiste de la MRC9. L'autre justification principale avancée par les répondants est la variabilité de la conscientisation en fonction du niveau

d'éducation, du statut économique et de l'âge (n=7). « En général [notre] population est moins éduquée qu'ailleurs au Canada, elle est plus pauvre et plus âgée, [...] par conséquent j'aurais tendance à en déduire qu'elle est moins éduquée à ces problématiques-là » (MUN10). Le directeur des travaux publics et des services techniques de la MUN11 semble avancer la même idée : « C'est dommage à dire, mais il y a une partie de la population aussi qui est plus scolarisée [qui est donc plus concernée], tandis qu'une partie qui est beaucoup moins [scolarisée, donc moins concernée]. »

2.4.6.1 Conclusion partielle

En général, les répondants estiment que les citoyens sont conscients des conséquences des aléas climatiques, globalement et localement. Les répondants résidant dans des zones de contraintes naturelles ont accès à de l'information à ce sujet, puisque c'est une obligation légale des municipalités édictées par la LAU, et ceux ayant été touchés lors d'un événement climatique extrême se sensibilisent par l'expérience. Pourtant, bon nombre d'entre eux, selon les dires des gestionnaires municipaux, pratiquent une forme d'aveuglement volontaire, ou plutôt, comme l'a affirmé la technicienne en géomatique de la MRC4, de « l'incompréhension volontaire ». Des résultats précédemment décrits, on peut déduire que les populations se sentent concernées par les aléas climatiques, surtout si elles ont été sensibilisées suite à un aléa majeur et/ou si elles sont régulièrement touchées par un ou des aléas. La sensibilisation augmente donc avec l'exposition et par l'expérience. Cependant, il y a une bonne partie des personnes interrogées qui pensent que les citoyens de leur MRC ou de leurs municipalités ne se sentent pas concernés par la question des aléas climatiques. Et selon les répondants, cela est principalement dû à un manque de sensibilisation et au fait que la population n'est pas régulièrement touchée par un aléa. L'atlas pourrait accentuer les efforts de sensibilisation en apportant de l'information localisée (qui concernerait davantage les répondants), simple à comprendre et à manipuler, et ce, non seulement sur les aléas qui touchent déjà les localités, mais aussi sur ceux qui pourraient les atteindre dans un futur proche.

2.4.7 Partage de l'information concernant les risques liés aux aléas climatiques avec les citoyens

Cette partie vise à connaître le niveau de partage de l'information concernant les aléas climatiques des municipalités avec leurs citoyens et, par le fait même, à se renseigner sur la proactivité dans la distribution de l'information aux citoyens.

2.4.7.1 Partage de l'information, oui et non

Les gestionnaires municipaux interrogés ont indiqué tout autant partager (n=17) que ne pas partager (n=17) d'informations avec leur population. Sachant que certains affirment le faire de manière indirecte et même inconsciente, ceci explique le nombre supérieur au nombre de répondants réellement interrogés. L'explication la plus probante de cette situation paradoxale nous est donnée par la coordinatrice de l'aménagement du territoire de la MRC12 : « Sur le portail de la MRC, bien, il y a une section *Aménagement du territoire*. Le schéma est disponible en ligne, je vous dirais. Et... mais on ne les informe pas au-delà de ce qu'on devrait faire. »

2.4.7.2 Une obligation légale

Douze organisations nous ont dit partager de l'information par obligation légale auprès de citoyens situés dans des zones de contraintes (n=5), lors de consultations publiques organisées dans le cadre de la révision du SAD ou du PU (n=5) et au cours des visites d'inspecteurs sur le terrain (n=2). C'est ce que nous a expliqué le directeur de l'aménagement du territoire de la MRC8 :

[Les zones de contraintes], c'est quelque chose qu'on a identifié [...] depuis 1987-88. Ça fait que les gens vivent avec ça puis ils le savent. Puis ce n'est pas tout le monde qui est touché par ça, des inondations, c'est ceux qui sont en bordure des cours d'eau – l'érosion, la même chose aussi. C'est pour ça, on s'en tient à ça, tu sais, c'est une identification des zones.

De plus, plusieurs intervenants issus de MRC ont estimé qu'il n'était pas de leur ressort d'informer la population sur des risques autres que ceux identifiés précisément dans la LAU. À ce sujet, la directrice de l'aménagement du territoire de la MRC2 a eu la réflexion suivante :

C'est quand même paradoxal parce que souvent, ça va être dans un schéma d'aménagement, une planification territoriale qu'on va, justement camper les zones à

risque, parce que c'est une obligation de la loi. Mais quand il survient des épisodes, c'est vraiment au niveau local le premier intervenant.

2.4.7.3 *Au moment de la survenue d'un événement*

À ce propos, plusieurs organisations (n=6) ont affirmé ne distribuer de l'information sur les risques liés aux aléas climatiques que quelques heures avant la survenue d'un événement ou au moment de celle-ci. Ceci s'explique par l'obligation légale des municipalités à adopter un *Plan municipal de sécurité civile*¹⁷, dans lequel elles doivent identifier les risques naturels et anthropiques qui pourraient toucher leur territoire et leur population. Il y a toutefois différentes façons de communiquer avec les citoyens. La MUN8 passe par les médias et son site Internet – « Le service des communications lance, tous azimuts, tous les médias de la région. Donc, ça part habituellement sur notre site Internet, ça s'en va dans les journaux, les stations de radio, etc. » –, tandis que la MUN12 lance une chaîne d'appels téléphoniques aux résidents des quartiers touchés : « Je peux envoyer un appel téléphonique pour rassurer les gens ou communiquer avec le système de *JMap*¹⁸ [...], je suis capable d'envoyer un appel et d'informer les gens, comme qu'on fait un peu au niveau de l'érosion de la rivière, l'augmentation des crues des eaux. »

2.4.7.4 *Les raisons de l'absence de sensibilisation*

Mais bien souvent, en dehors de la survenue d'événements climatiques extrêmes, les organisations ne mènent aucune campagne de sensibilisation (n=17), et ce, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, quelques-unes estiment ne pas avoir les ressources (n=3) : « Pendant les mesures d'urgence, on oublie tout ce qui est ailleurs sur nos bureaux puis toute l'équipe s'en va vers là, mais il n'y a pas quelqu'un, après ça, qui va dire : “Bon, on va faire de la sensibilisation”. Il n'y a pas de poste attribué nécessairement à ça » (MUN7). D'autres (n=9) ont plutôt le sentiment que ce n'est pas leur rôle. Ces organisations municipales ont nommé le MSP (n=3), la SOPFEU (n=2), les villes (n=2), Environnement Canada (n=1) et l'INSPQ (n=1) comme les responsables de la distribution de l'information auprès des citoyens. « Ce n'est pas nécessairement la municipalité qui le fait parce que, bon, il y a déjà Environnement Canada qui le fait, il y a le réseau de la santé qui le fait. Donc, ce serait redondant d'ajouter ça » (MUN2).

¹⁷ *Trousse d'information pour coordonnateur municipal de sécurité civile* – Ministère de la Sécurité publique, <http://bit.ly/2bYG5kF>

¹⁸ *JMap* est une plateforme d'intégration cartographique.

Finalement, six répondants ont spécifié que même si aucune campagne n'était actuellement déployée, celle-ci figurait dans leurs projets. Le conseiller en environnement de la MUN9 a expliqué vouloir profiter de la publication prochaine du plan d'adaptation de sa municipalité pour se lancer dans la démarche :

C'est quelque chose qu'on aimerait, qu'on souhaiterait, éventuellement mettre plus de l'avant. Donc, notre plan d'adaptation a été adopté il n'y a pas si longtemps, ça fait un mois, ça fait qu'on a à définir une stratégie de communication puis de voir comment l'accompagner, pas juste dire : « On a un plan d'adaptation. »

2.4.7.5 Quelques campagnes spécifiques

Sur les 31 gestionnaires municipaux interrogés, 7 ont tout de même indiqué effectuer des campagnes spécifiques à propos d'un ou des aléas climatiques touchant leur territoire. Le directeur de projets de sécurité publique de la MUN16 a déclaré effectuer un ciblage de la population la plus à risque d'être touchée : « Celui qui n'est pas exposé ou peu, où le risque, la probabilité est tellement faible, tu ne vas pas aller cogner à la porte puis : "Préparez-vous, la fin du monde arrive", parce qu'il ne marchera pas. Ça fait qu'on va se concentrer sur ceux qui sont les plus plausibles d'être exposés. » Le directeur du service du développement durable et de l'environnement de la MUN1 travaille de la même façon :

C'est sûr que le secteur où il y a de l'instabilité de sols, j'ai fait une intervention avec une quinzaine de propriétaires, [les] aviser de la situation, [les] aviser que si jamais ils faisaient des travaux quelconques, de s'assurer, effectivement, d'avoir les autorisations nécessaires, de consulter des experts sur la capacité portante.

De son côté, la conseillère en environnement de la MUN17 a exposé une façon de faire différente, puisque sa municipalité propose chaque mois de mai une campagne de sensibilisation sur un aspect environnemental : « Le mois de mai, c'est le mois de l'environnement. Et [cette année] le sujet, c'était l'eau. Et sous toutes ses formes. On a parlé de l'eau potable comme de l'eau usée, comment vous protéger pour une inondation, [etc.] »

2.4.7.6 Moyen de partager l'information concernant les risques liés aux aléas climatiques avec les citoyens

Comme le montre la Figure 14, à la question de savoir comment l'information liée aux risques climatiques est partagée avec les citoyens, les réponses sont par ordre décroissant (QM) : site Web (sélectionnée par 207 personnes sur 397, soit 52 %), bulletin papier (42 %), rencontres publiques (23 %), téléphone (7,6 %) et liste de courriels (6 %). Les autres moyens de partage de l'information climatique avec les citoyens sont : les rencontres et visites liées à des problèmes spécifiques, en cas de demande d'information ou de permis; les alertes météo et les alertes liées aux feux; le système téléphonique; l'infolettre; les médias sociaux; et les journaux locaux. Soixante-sept personnes sur 397 (17 %) ne partagent pas l'information liée au climat avec les citoyens de leurs MRC ou de leurs municipalités. Les raisons (QM) sont l'existence d'autres priorités ou le manque de temps (48 personnes sur 68 ont sélectionné cette réponse, soit près de 71 %), le fait que leurs MRC ou leurs municipalités sont peu touchées par des aléas climatiques (près de 34 %), le manque d'expertise (32 %) et le manque de ressources financières (29 %). Les autres raisons sont le manque d'intérêt de la population et des élus, et le fait que cela ne fasse pas partie de leurs tâches.

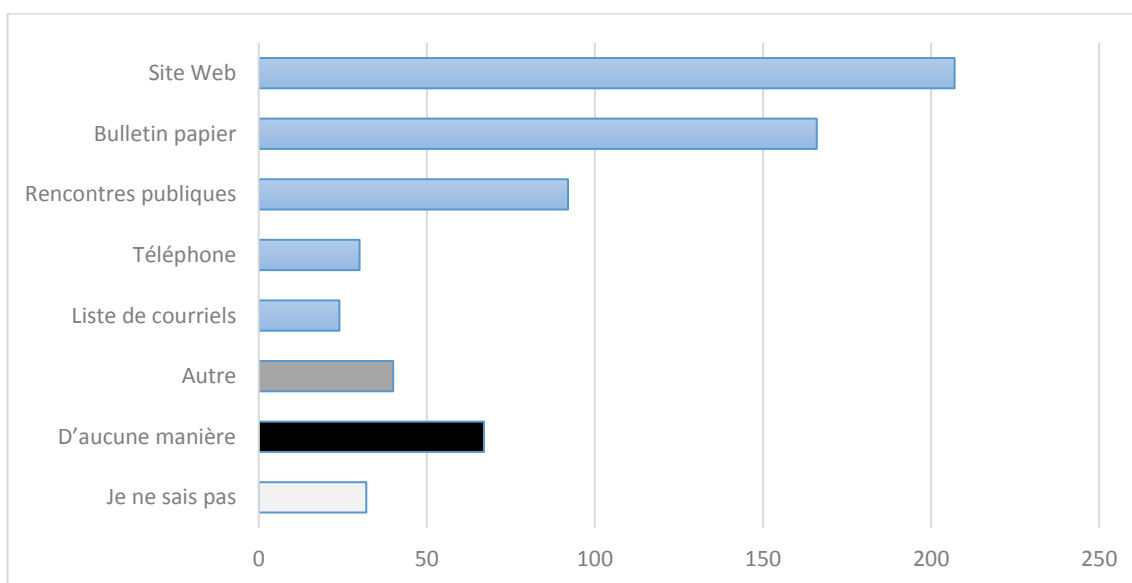


Figure 14 : Moyen de partage d'information concernant les risques liés aux aléas climatiques avec les citoyens

Des résultats précédemment décrits, on peut déduire que les populations se sentent concernées par les aléas climatiques surtout si elles ont été sensibilisées suite à un aléa majeur, et/ou si elles sont régulièrement touchées par un ou des aléas. La sensibilisation augmente donc avec l'exposition et par l'expérience. Cependant, une bonne partie des personnes ayant répondu pensent que les citoyens de leur MRC ou de leurs municipalités ne se sentent pas concernés par la question des aléas climatiques. Selon elles, cela est principalement dû à un manque de sensibilisation et au fait que la population n'est pas régulièrement touchée par un aléa. L'atlas pourrait permettre d'accentuer les efforts de sensibilisation en apportant de l'information localisée (qui les concernerait donc plus), simple à comprendre et à manipuler non seulement sur les aléas qui touchent déjà les localités, mais aussi sur ceux qui pourraient les atteindre dans un futur proche.

2.4.7.7 Conclusion partielle

En analysant les résultats de cette partie, un constat s'impose : sur les 17 organisations n'effectuant pas de campagne d'information sur les aléas climatiques, 12 sont des MRC. Comme expliqué plus haut, beaucoup d'entre elles estiment que ce n'est pas leur rôle et se limitent à définir les zones de contraintes naturelles sans sensibiliser proactivement les citoyens à risque. Elles laissent cette tâche aux municipalités qui, selon elles, en ont la responsabilité. Toutefois, seule une infime partie des organisations municipales (n=7) se sont lancées dans des campagnes de sensibilisation spécifiques, en dehors de leur obligation de consulter la population lors de l'adoption d'un nouveau document de planification. Donc, en ce qui concerne l'intégration de la question climatique dans la planification, on constate qu'une grande majorité de gestionnaires municipaux se contentent de respecter leurs obligations légales pour toutes les raisons énoncées précédemment.

2.4.8 Partage de l'information concernant les risques liés aux aléas climatiques avec les entités municipales voisines et autres organismes

Si les municipalités ont tendance à très peu partager de l'information avec leurs citoyens, le font-elles avec les entités avoisinantes (MRC ou municipalité)? La réponse à cette question nous

permettra de déterminer si la question des risques liés aux aléas climatiques constitue une priorité dans les échanges entre les municipalités.

2.4.8.1 De la communication, oui, mais...

De prime abord, il semble que les canaux de communication sur les risques climatiques sont plus ouverts entre les municipalités qu'avec leurs citoyens, puisque 19 gestionnaires municipaux ont indiqué communiquer avec leurs homologues sur le sujet. Cependant, en analysant de plus près leurs réponses, on se rend compte que les municipalités ne le font que très rarement (n=6) ou seulement au moyen de rencontres organisées sous l'égide de l'AARQ (n=3). Étant touchées par le même aléa que leurs voisines, sept municipalités ont dit communiquer avec elles sur cet aléa en particulier. Ainsi, ces correspondances leur permettent d'échanger leur expertise et leurs connaissances afin de comprendre de quelle façon chacune d'elles y fait face : « On a beaucoup de projets communs, puis on a beaucoup de problèmes communs. Eux aussi, l'érosion des berges est très, très importante » (MRC4). La directrice du service urbanisme, permis et inspection de la MUN3 a expliqué chercher sporadiquement de l'information chez ses voisines afin de vérifier la pertinence des règlements de sa municipalité : « Bien nous, présentement, on fait une validation de recherche, dans les MRC voisines : comment elles réglementent [les marges de recul après un épisode d'érosion côtière]? Est-ce qu'on réglemente ça de la même façon? » Une seule aménagiste (MUN12) a expliqué discuter régulièrement avec ses collègues régionaux sur le problème des risques liés aux aléas climatiques : « On a une table d'aménagistes [...], on se rencontre [...] peut-être, au minimum, deux fois par année. Donc, on fait état de nos problématiques, on discute ensemble, puis les zones inondables, glissements de terrain, ce sont des sujets discutés fréquemment. » Encore une fois, on constate que les sujets abordés concernent les aléas climatiques identifiés par la LAU. Selon les explications de cette gestionnaire, il n'y a pas d'échanges sur les changements climatiques et leurs conséquences à plus long terme.

Finalement, deux conseillers en environnement (MUN4 et 8) ont fait état d'un groupe d'échanges entre professionnels de l'environnement qui réunit une vingtaine de membres de l'ensemble du territoire québécois :

C'est une banque de courriels [...] où il y a plusieurs [...] chargés de projets en environnement de différentes municipalités et quand on a une question, que ça soit sur l'adaptation aux changements climatiques, etc., ou sur tout autre sujet, les gens envoient un courriel : « [Voici mon problème], avez-vous des solutions? »

Il s'agit de la seule initiative de communication entre municipalités touchant directement la lutte aux changements climatiques.

2.4.8.2 Canaux ouverts sur tout, sauf sur le climat

Dix municipalités ont affirmé discuter avec leurs voisines de différents sujets touchant la planification de leur territoire, mais pas celui des aléas climatiques. Comme l'a expliqué le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC9, les canaux de communication sont ouverts sur de nombreux sujets, mais pas sur celui-ci : « On tente de parler à nos voisins le plus possible, on trouve ça important de s'arrimer avec eux, mais spécifiquement pour les aléas climatiques, [non]. » Une affirmation répétée par la directrice du service de l'aménagement du territoire de la MRC2 : « Je dirais que c'est plutôt pour tout ce qui concerne le [Territoire non organisé], donc le territoire public. On est beaucoup en contact avec la ville [voisine], puis la MRC [voisine], parce qu'on vit beaucoup les mêmes problématiques. »

Cinq municipalités ont affirmé n'avoir aucun contact avec leurs voisines. Plusieurs raisons ont été avancées pour expliquer ce fait. Par exemple, la MUN7 se dit isolée par rapport aux grands centres : « On est un peu isolés dans le sens qu'on est un grand territoire, après ça, c'est des petites municipalités qui sont contiguës à nous, on n'a pas nécessairement les mêmes ressources, malgré qu'on n'a pas beaucoup de ressources, nous. » Le conseiller en environnement au service d'urbanisme et développement durable de la MUN2 justifie l'absence de communications avec ses voisines par les tensions existantes liées à son statut de pôle urbain important. Ainsi, les échanges se limitent au strict minimum : « Le seul temps, vraiment, où il y a plus de dialogues, c'est quand il y a un développement qui se fait, qu'ils vont canaliser les eaux de pluie dans un ruisseau qui [...] arrive chez nous et qui va nous causer une problématique particulière. »

La communication entre les municipalités existe à plusieurs niveaux, que ce soit directement ou indirectement, via l'AARQ par exemple. Il est cependant clair que les risques des aléas climatiques ne constituent pas une priorité dans les discussions entre entités municipales et que,

lorsque des échanges ont lieu, ils se limitent majoritairement aux zones de contraintes naturelles que les organisations doivent identifier en vertu de la LAU. Les gestionnaires municipaux doivent gérer plusieurs dossiers en même temps, et celui des risques climatiques en est un parmi beaucoup d'autres.

2.4.9 Utilisation anticipée de l'atlas

Nous avons cherché à savoir comment les cartes des indicateurs de vulnérabilité de la population présentée dans l'atlas pourraient être utiles pour les MRC et les municipalités dans le cadre de la planification territoriale (QM). Selon les réponses, 296 personnes sur 391 l'utiliseront pour le contrôle de l'utilisation du sol (les règlements d'urbanisme), ce qui correspond à près de 76 % des répondants (Figure 15). Près de 74 % pensent que les cartes seront utiles pour les mesures d'urgence, et 64 % pensent qu'elles le seront pour l'aménagement des cours d'eau, lacs et fossés. La planification, notamment pour le SAD, le PU et le PDZA, a été sélectionnée par 60 % des personnes ayant répondu à la question, tandis que la gestion de l'eau potable et des égouts, la voirie, le déneigement et l'assainissement des eaux ont respectivement été choisis par 39 %, 37 %, 26 % et 22 % des répondants. Environ 1 % considère que les cartes des indicateurs de vulnérabilité de l'atlas ne seront utiles d'aucune manière à leurs fonctions en planification territoriale. Aux réponses proposées pour cette question, les répondants ont ajouté : la gestion des eaux de pluies et de ruissellement, l'information de la population via le site Web municipal et le maintien des couverts forestiers et des milieux écologiques.

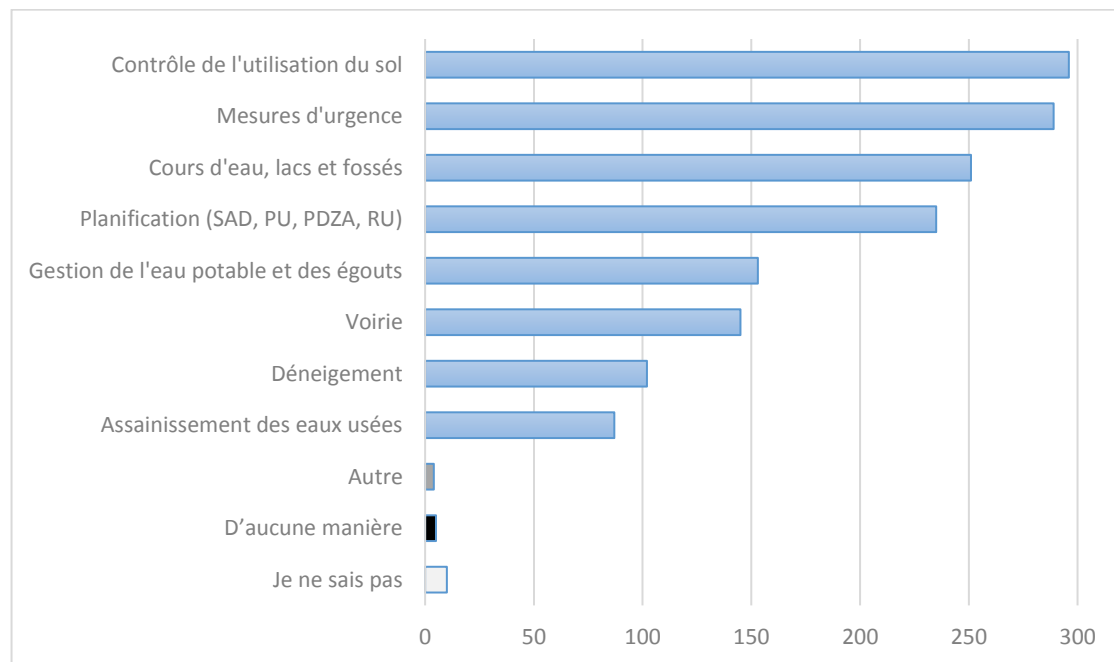


Figure 15 : Manière avec laquelle les cartes des indicateurs de vulnérabilité de la population présentes dans l'atlas Web en préparation pourraient être utilisées dans le cadre des fonctions en planification territoriale

Pour ce qui est des entrevues, les questions en rapport avec l'ergonomie de l'atlas et ses différentes options ont permis d'obtenir des informations sur l'utilisation future que pourraient en faire les répondants, d'autres professionnels au sein de leur organisation, ou de simples citoyens.

2.4.9.1 Utile pour les mesures d'urgence

Dans un premier temps, les répondants voient en l'atlas une grande utilité pour le déploiement des mesures d'urgence lors de la survenue d'un événement climatique extrême. Ils sont 12 à avoir ciblé plus particulièrement cette application. Le fait de pouvoir localiser rapidement les populations dites « vulnérables » permettrait, selon eux, d'intervenir plus rapidement et de cibler efficacement les quartiers à évacuer. La conseillère en environnement de la MUN17 a détaillé sa vision des choses :

Je crois que les gens en sécurité civile seraient très intéressés s'il y a une intervention rapide à faire. Ce type d'information-là est intéressante [sic] quand rapidement tu dois intervenir ou planifier, planifier ton plan d'intervention. Quand tu le sais,

qu'admettons, t'as des personnes âgées en zone inondable, ils ne se déplacent pas aussi bien que vous et moi. Je crois qu'eux seraient très intéressés à avoir ce genre de données-là.

2.4.9.2 Justification de l'affectation de l'usage du sol

Par rapport à d'autres aspects que les mesures d'urgence, huit répondants ont ciblé la justification de l'affectation de l'usage du sol comme utilité anticipée de l'atlas. Grâce à la cartographie des zones vulnérables aux aléas climatiques, les aménagistes vont pouvoir expliquer plus facilement aux citoyens et aux élus certaines restrictions au développement et à l'ajout de constructions sur des territoires bien définis. C'est ce qu'a expliqué le directeur du service d'urbanisme de la MUN7 :

Je me dirais : « O.K., si c'est une population vulnérable qui est là, malgré que la politique provinciale me permet d'agrandir ma zone, est-ce que ça vaut la peine de l'agrandir, est-ce que je devrais la limiter, est-ce que je devrais la gérer par droits acquis, est-ce que je devrais faire attention? » Fait que, dans ma réflexion territoriale, ça serait pertinent.

Cinq répondants se sont montrés intéressés à prendre en considération la cartographie pour déterminer les grandes orientations de planification de leur territoire, et ainsi insérer les données de l'atlas dans leur document de planification : « Je suis enchantée de savoir qu'éventuellement, on aura ça pour l'aménagement du territoire parce que je pense que, dans les prochains schémas, on va devoir peut-être intégrer davantage ces données-là » (MRC12). Quatre répondants pensent que l'atlas leur permettra de justifier la mise en place de mesures de protection supplémentaire dans leurs zones de contraintes naturelles : « C'est que si on est capable, avec la cartographie, de cibler des secteurs où [...] prioritairement on devrait intervenir, ou en tout cas mettre plus d'énergie, bien, on peut commencer par ces secteurs-là, puis après ça, continuer dans d'autres portions de territoire » (MRC3).

2.4.9.3 Sensibilisation des élus, des citoyens et des professionnels

Huit répondants ont estimé qu'un tel outil les aiderait à sensibiliser les élus, cinq à rendre les citoyens plus réceptifs au problème que posent certains aléas climatiques, et quatre à informer les professionnels de leur municipalité. La MRC1 a surtout insisté sur la sensibilisation de la

population : « Pour qu'on puisse avoir une plus grande facilité de prendre en considération ces éléments-là, je pense qu'il faut cibler les professionnels, bien sûr, parce qu'on a un rôle à jouer important, mais les élus doivent être sensibilisés. La population aussi, parce que si elle, en fin de compte, n'acceptait pas ces mesures-là, on n'est pas tellement plus avancés. »

Cependant, le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC9 nous a mis en garde contre l'accès public à ces données. Il craint en effet qu'une certaine peur s'installe dans la population et que ce soit aux organisations municipales de répondre aux demandes de renseignement des citoyens : « Quand on met en ligne des choses comme ça, c'est toujours : "Jusqu'où on va pour ne pas trop, justement, susciter de questionnements?" Puis de mêler tout le monde, puis qu'on se crée de l'ouvrage parce qu'ils vont nous appeler, puis ils vont nous dire : "Bien là, on a vu ça, ça, ça, je ne comprends pas, ce n'est pas ça que j'avais compris. " »

2.4.9.4 Informations précises à l'échelle locale et à jour

Comme mentionné précédemment, les répondants n'ont pas toujours accès à de l'information précise et à jour sur leur territoire. Ainsi, cinq répondants voient dans l'atlas une opportunité d'obtenir des données précises et gratuites. Toutefois, deux n'y voient pas d'intérêt si les données de l'atlas ne sont pas mises à jour en continu. La chef de division à la Division de l'urbanisme de la MUN6 a ainsi justifié cette réflexion :

On parle de transmission de données d'information, et c'est sûr que c'est intéressant d'avoir un seul portail. Si moi, en faisant ma planification, quand je vais faire ma section *changements climatiques*, je vais avoir le réflexe de penser à notre rencontre et d'aller sur l'atlas et de dire : « Ah, je sais où tout aller chercher. » Mais si c'est dans cinq ans et c'est comme mort dans l'œuf un peu, bien c'est ça qui est dommage. »

Finalement, un seul intervenant (MUN2) y a vu un intérêt pour la rédaction d'un plan d'adaptation aux changements climatiques.

2.4.9.5 Conclusion partielle

Après l'analyse des commentaires des répondants vis-à-vis de l'utilité anticipée de l'atlas, il appert que l'application future la plus citée, et de loin, est celle de l'aide à la prise de décision en aménagement du territoire (n=17). Que ce soit pour l'affectation de l'usage du sol (n=8), la mise en place de mesures de protection (n=4) ou l'intégration dans les documents de

planification (n=5), l'atlas atteindrait la cible que le groupe de recherche s'est donnée, soit celui de participer à la réflexion aménagiste des municipalités. L'autre aspect soulevé par les répondants est la possibilité de localiser les populations vulnérables sur le territoire, et ce, dans le but de faciliter le déploiement des mesures d'urgence lors d'un événement climatique extrême. Les gestionnaires municipaux en sont majoritairement arrivés à cette conclusion à la suite du test de l'option de *Personnalisation des critères de recherche*, qu'ils devaient faire lors du test du prototype, lequel permet de mettre en lumière des zones où se situent spécifiquement des populations vulnérables selon différents critères (aléa, profil socioéconomique, âge).

2.4.10 Contenu de l'atlas Web

2.4.10.1 Les données à consulter via l'atlas

Nous avons voulu savoir si les MRC et les municipalités aimeraient pouvoir consulter certaines données via l'atlas, même si elles sont déjà disponibles sur d'autres sites Web (QF). Seulement 21 personnes sur 391 ayant répondu à cette question ne sont intéressées par aucune des données listées dans le sondage (Figure 16). Par contre, 356 personnes sont intéressées à consulter des données via l'atlas. Parmi les données qui les intéressent (QM), il y a celles relatives aux zones d'inondation (314 personnes sur 391 ayant répondu à cette question, soit 80 %), aux limites des bassins versants (près de 64 %), aux bandes d'érosion côtière (44 %) et aux îlots de chaleur (42 %). Les autres données qui les intéressent sont celles liées aux zones à risque de glissement de terrain. Ces données les intéressent pour diverses raisons, par exemple (QM) : trouver toute l'information nécessaire sur une même plateforme (308 personnes sur 355 ont sélectionné cette réponse, soit près de 87 %), l'efficacité opérationnelle (près de 47 %), l'existence de données déjà traitées (36 %), la convivialité d'un atlas Web (près de 34 %) et l'aspect visuel d'un atlas. Les autres raisons citées sont le fait de pouvoir intégrer les données à leur SIG et la possibilité de faire des mises à jour.

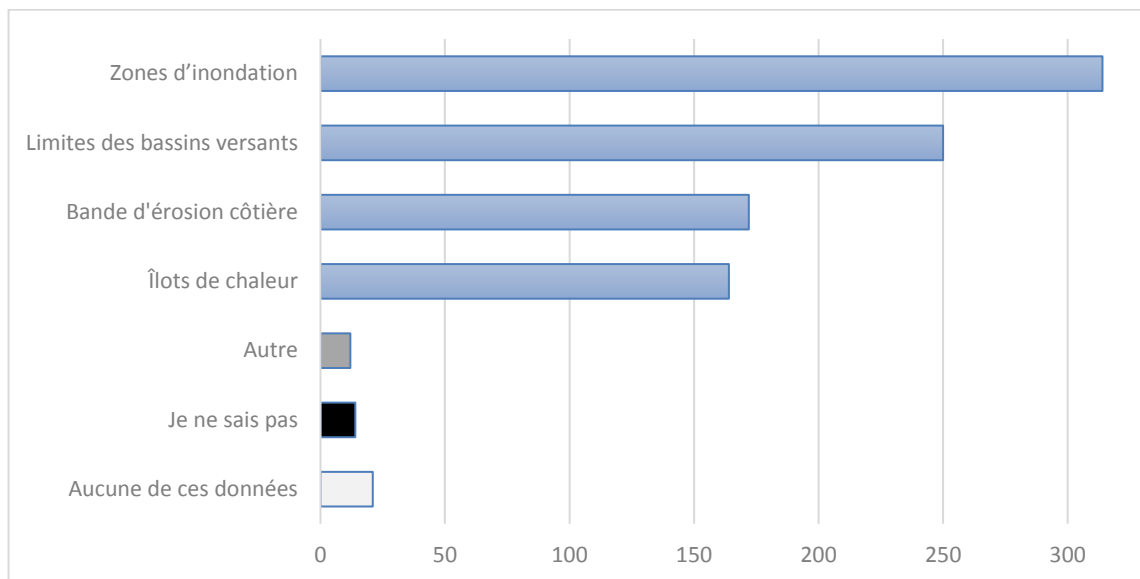


Figure 16 : Fichiers de données souhaités par les personnes sondées

Nous avons cherché à savoir si un hyperlien vers les ressources déjà disponibles serait utile aux 21 personnes qui ne sont intéressées par aucune des données (QF). Treize personnes ont répondu oui, et 3 ont répondu non parce qu'ils utilisent déjà un SIG avec les données disponibles dans *Territoires*, ou que l'information est déjà disponible.

Comme le montre la Figure 17, parmi les paramètres socioéconomiques que les répondants aimeraient pouvoir consulter (QM), il y a l'âge de la population (206 personnes sur les 391 ayant répondu, près de 53 %), la taille des ménages (144 personnes sur les 391 ayant répondu, soit près de 37 %), la taille de la population totale (32 %), le revenu moyen par ménage (27 %), l'état de santé (21,5 %), les activités économiques (19 %), la scolarité et la tenure du logement (12 %). Le revenu personnel, les emplois dans le secteur primaire, les emplois dans le secteur secondaire, les emplois dans le secteur tertiaire, le taux de mortalité infantile, l'espérance de vie et la mortalité ont chacun été sélectionnés par moins de 10 % des personnes ayant répondu à cette question. Seulement 6,4 % des personnes ayant répondu à cette question ne sont intéressées par aucun des paramètres socioéconomiques proposés.

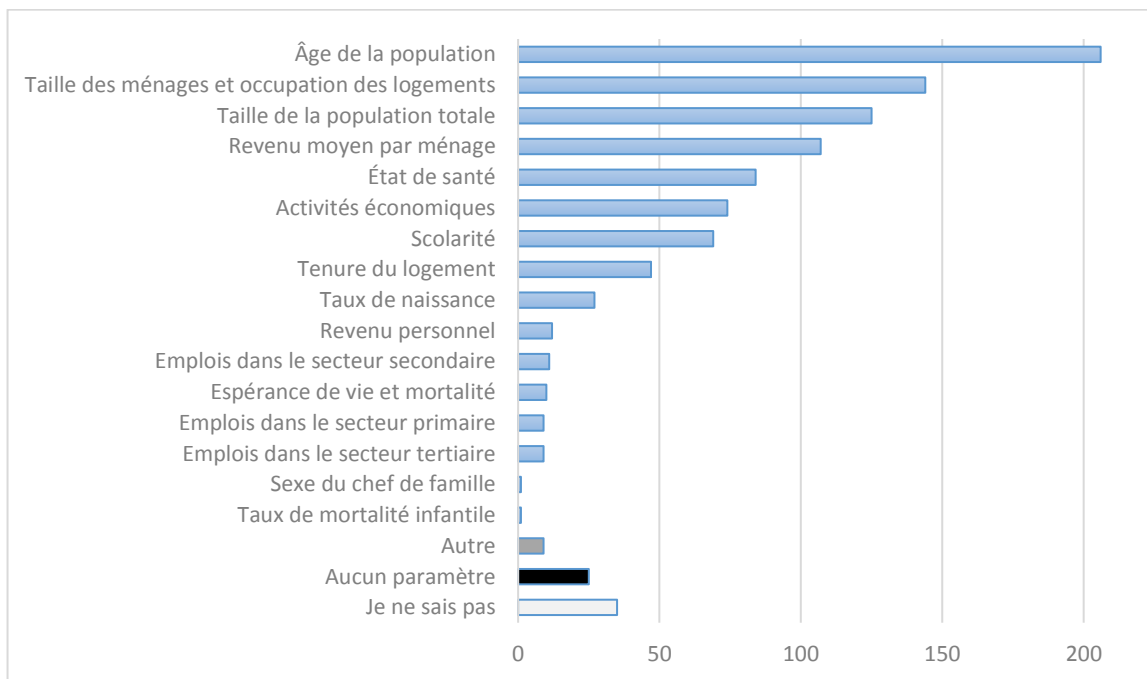


Figure 17 : Paramètres socioéconomiques et démographiques souhaités par les personnes sondées

La troisième partie de l’entrevue portait sur les besoins spécifiques en informations et données des organisations municipales. À ces questions, les gestionnaires répondaient presque toujours unanimement de façon positive. Qu’on leur propose un jeu de données ou un outil de recherche, ils le veulent. La conseillère en environnement de la MUN15 illustre bien cet engouement des intervenants : « On peut répondre oui partout. On est intéressés par tout. »

2.4.10.2 Données socioéconomiques et démographiques

La question 13 du schéma d’entrevue permet de préciser la pertinence de l’information sur la sensibilité sociale. La grille d’entrevue explique qu’« [elle] peut alimenter la réflexion sur les indicateurs. » Presque tous les répondants considèrent intéressante l’idée de trouver des données socioéconomiques et démographiques directement dans l’atlas (n=28/31). Par exemple, l’aménagiste en chef de la MRC3 affirme : « Oui. Socioéconomique, tout ce qui est socioéconomique, ça, c’est intéressant parce qu’on n’a pas beaucoup le temps d’aller trier des données de Statistique Canada, par exemple. »

Les bémols viennent de la nécessité d'avoir des données à jour (l'aménagiste de la MRC10 parle même de « véritable défi ») ou encore de dédoublement avec leur propre SIG municipal (dans certaines villes plus importantes). D'autres trouvent avantageux de mettre dans une forme de « guichet unique » toutes ces informations fort utiles dans la pratique aménagiste. Une conseillère en environnement de la MUN15 formule que « c'est sûr [que si] au lieu de frapper à plusieurs portes, l'information est regroupée dans un même endroit, ce serait l'idéal pour nous. ». Le conseiller en développement durable de la MUN4 ajoute : « Ça serait bien, parce qu'on n'a pas ça rapidement, en un clic. Si on peut l'obtenir, justement, sur le site, ça serait un plus, effectivement. »

2.4.10.3 Recension des événements climatiques extrêmes

Toutes les personnes interviewées estiment qu'il serait pertinent de trouver, sous une forme ou une autre, une recension des événements climatiques extrêmes ayant eu lieu sur le territoire, si de telles données existent. L'aménagiste de la MRC14 détaille que « [cela serait] particulièrement intéressant de voir l'historique, la récurrence des événements ». Concernant la limite temporelle, les gestionnaires municipaux sont unanimes qu'elle doit être la plus ancienne possible, de 50 à 100 ans. Plusieurs mentionnent que ces informations tombent souvent dans l'oubli ou l'approximatif, notamment par les citoyens et les décideurs, et que cela sensibiliserait ces derniers dans la prise de décision. Le directeur adjoint à l'aménagement et au développement de la MUN5 explique : « Ça fait que, quand on a des statistiques comme ça pour la population, je pense que c'est très, très intéressant pour les élus aussi. Surtout, eux autres, c'est ça. Il faut illustrer un peu et dire : “Écoutez, depuis les derniers 20 ans, il y a eu là, là, telle, telle et telle affaire” ».

2.4.10.4 Information sur l'évolution du climat et nature des paramètres climatiques

À la question de savoir sur quel horizon temporel passé ils aimeraient consulter de l'information sur l'évolution du climat dans leur région (QM), 159 personnes sur 393 ayant répondu à la question ont sélectionné « l'évolution du climat passé (retour sur les 100 dernières années) », soit 40,5 %, environ 30 % ont sélectionné « l'évolution du climat passé (retour sur les 50 dernières années) » et 24 % « (retour sur les 30 dernières années) » (Figure 18). Seulement 1 % des répondants n'est pas intéressé par l'évolution du climat passé. Plus spécifiquement, les

paramètres climatiques selon lesquels ils aimeraient pouvoir consulter un recensement des événements climatiques extrêmes passés sont (QM) : les précipitations (360 personnes sur 390, soit 92 %), la température (74 %) et le vent (62 %) (Figure 19). Les autres paramètres cités sont les niveaux des marées et des rivières. Moins de 2 % ne sont intéressés par aucun de ces paramètres.

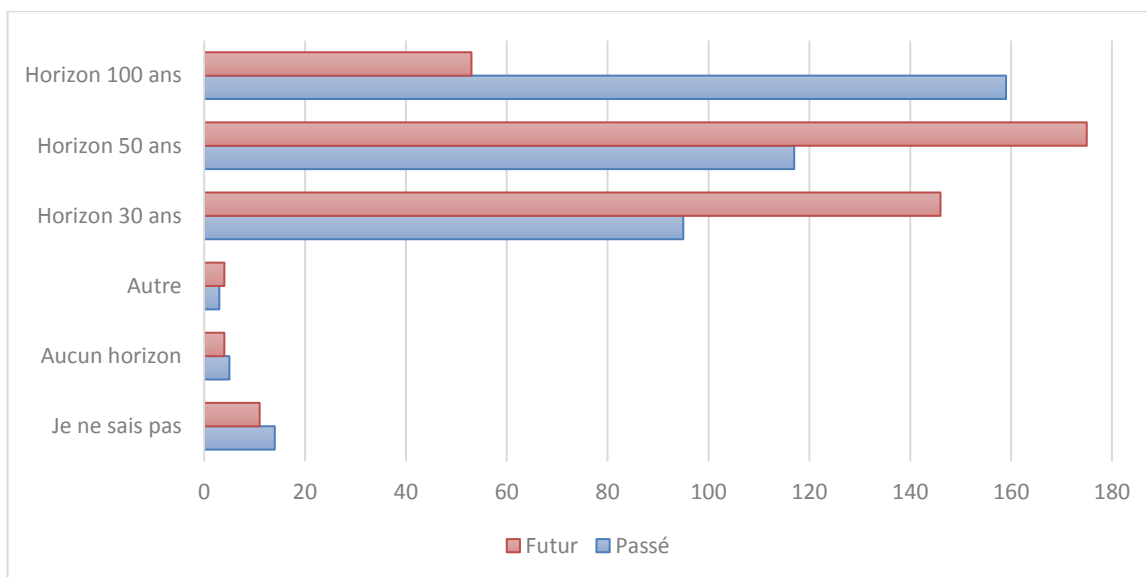


Figure 18 : Horizon temporel passé et futur souhaité dans la consultation de l'information sur l'évolution du climat

Pour ce qui est de l'évolution du climat futur (QM), 175 personnes sur 393, soit plus de 44 %, sont intéressées par la possibilité de consulter des informations à l'horizon 2050, 37 % sont intéressées par les données à l'horizon 2030 et 13 %, à l'horizon 2100. Seuls 2,8 % des répondants ne sont intéressés par aucun horizon futur. Pour ce qui est de la consultation des événements climatiques extrêmes à venir, les paramètres qui les intéressent sont (QM) les précipitations (quantité de pluies hivernales, de pluies fortes, de neige accumulée au sol), sélectionnées par plus de 91 % des personnes ayant répondu à la question. Soixante-quinze pour cent (75 %) ont sélectionné la température (vague de chaleur, cycle de gel/dégel pendant l'hiver,

etc.) et 65 % ont sélectionné le vent (bourrasques de vent, tornade, rafale de vent, etc.). Les autres paramètres cités sont les niveaux de marées et des rivières.

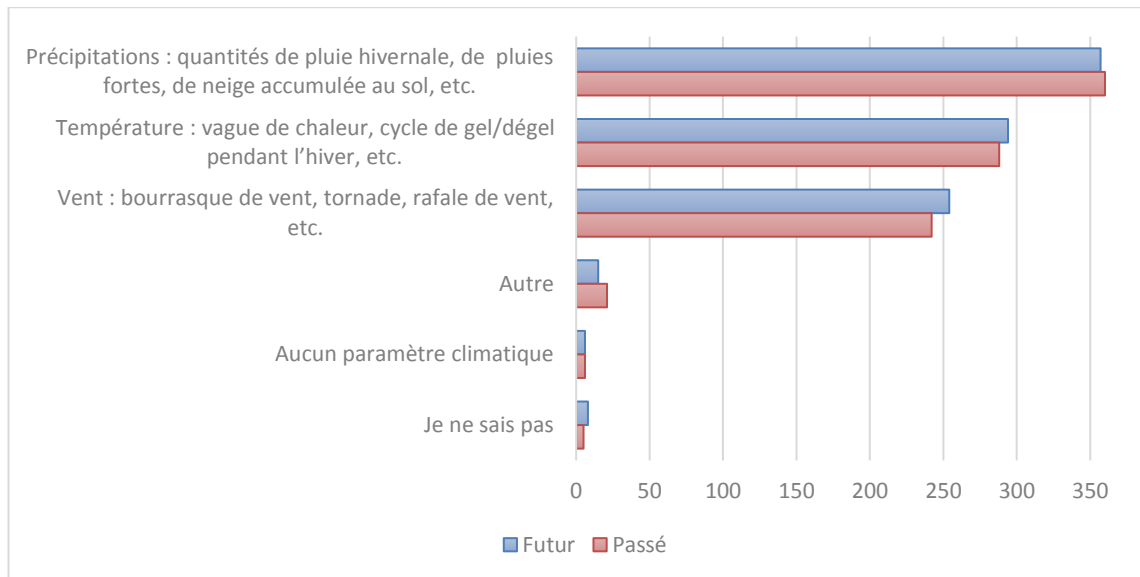


Figure 19 : Paramètre climatique souhaité par les personnes sondées

Les réponses à la question 15 nous informent sur les besoins (ou intérêts) en matière de suivi climatique passé et futur. De plus, elles pourront servir à Ouranos (projets futurs ou connexes) au sujet de la standardisation des variables pouvant être utiles aux aménagistes et autres professionnels. La totalité des répondants aux entrevues considère très pertinent, voire incontournable, le fait de trouver de l'information sur l'évolution du climat et la nature des paramètres climatiques. De surcroît, ils comprennent que l'échelle géographique pourrait être plus grande que leur entité municipale en raison de contraintes scientifique et technique. Concernant la projection des modèles numériques du climat, on ne peut dégager de tendances, les répondants étant intéressés à la fois par les horizons 2030 et 2055. Néanmoins, quelques personnes spécifient que la planification du territoire, selon le temps de vie réelle d'un schéma d'aménagement, se fait dans un horizon de 15 à 30 ans. La coordonnatrice du service de l'aménagement et du développement du territoire de la MRC12 explique : « Ah, bien moi, je dirais peut-être une quinzaine d'années parce que souvent les schémas, à partir du moment qu'on

les fait, on a une projection de 15 ans à peu près, tu sais. Bien, il est bon pour cinq ans dans la Loi... ». Un autre horizon évoqué est celui de 100 ans, notamment par les responsables en travaux publics. Pourquoi? Le directeur des travaux publics et des services techniques à la MUN11 détaille sa position : « Bien, 100 ans, je pense que c'est une belle logique, c'est une durée de vie d'infrastructure. Fait que si on a construit aujourd'hui, si on peut le prévoir pour les pluies d'ici à la fin de durée de vie, quand on le reconstruira, on se réajustera. » Enfin, les répondants démontrent un intérêt pour une couverture du plus de variables climatiques possible, mais celui du régime des précipitations revient le plus souvent dans leurs réponses (17/30).

2.4.10.5 Autres informations contextuelles et personnalisation de l'interface

Les autres informations auxquelles les répondants aimeraient avoir accès via l'atlas sont (QM) les alertes de tempête (247 personnes sur 391 ont sélectionné cette réponse, soit 63 %), la qualité de l'air (43,5 %), les alertes de vague de chaleur (43 %) et les occupations des urgences (28 %). Onze pour cent (11 %) ne sont intéressés par aucune information en particulier, et près de 10 % ne savent pas quelles autres informations ils aimeraient avoir via l'atlas. Les autres informations citées sont les zones à risque de glissement de terrain, les données du MSP, les marées, les espèces envahissantes, la qualité de l'eau, le couvert forestier, la topographie et les types de sols. Les données contextuelles que les répondants aimeraient superposer à une carte de vulnérabilité sont (QM) les routes (347 sur 389, soit près de 90 %), l'hydrographie (près de 80 %), les images satellitaires (74 %), les services d'urgence (40,6 %). Les autres données contextuelles citées sont les matrices graphiques, les orthophotographies, les infrastructures publiques, les zones boisées, les milieux humides, le zonage le cadastre et les milieux urbains/habités. Les échelles auxquelles les répondants aimeraient consulter la cartographie des différentes données sont (QM) la municipalité (289 personnes sur 393, soit près de 74 %), le quartier (plus de 40 %), la MRC (plus de 38 %), et le pâé de maisons (environ 32 %). Moins de 3 % ne sont intéressés par aucune échelle en particulier. Les autres échelles citées sont : le bassin versant et la propriété (le terrain).

Les réponses aux questions 16 à 18 aident à préciser le type de données ainsi que certaines options qui pourraient être disponibles dans l'atlas. La question 16 permet plus précisément de connaître la perception des répondants sur la redondance d'information : est-il souhaitable ou inutile de tout rassembler au même endroit (notion de « guichet unique »)? L'immense majorité

(27/31) des organisations ou municipalités interrogées trouvent en effet souhaitable, voire même incontournable, d'afficher les données suivantes via l'atlas, même si ces informations sont déjà disponibles sur d'autres sites Web :

- Zones d'inondation (n=24);
- Limites des bassins versants (n=18);
- Les îlots de chaleur (n=21);
- Données sur l'érosion côtière (n=2).

Certains gestionnaires mentionnent d'autres informations qui pourraient être intégrées, tels les espaces de liberté des rivières¹⁹, les données du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) ou encore les études pédologiques de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement. Néanmoins, l'aménagiste de la MRC8 fait remarquer qu'il : « [Il ne] faut pas que ce soit trop lourd. Parce que SIGAT²⁰, moi je ne m'en sers pas, parce que j'ai bien de la misère à accéder à SIGAT, puis moi... c'est la géomaticienne qui s'en sert, parce que je trouve que ce n'était pas simple ». Dans le même ordre d'idée, l'option de pouvoir cocher et décocher les couches, comme sur *Territoires*, est souhaitée par tous.

L'idée de guichet unique, comme pour les données socioéconomiques, fait mouche pour plusieurs gestionnaires municipaux, étant donné leur horaire chargé et le manque de ressources. Le directeur adjoint à l'aménagement et au développement de la MUN5 dit : « Je comprends que c'est plus de travail pour vous, mais c'est sûr que quand on a une source d'informations fiable avec le plus d'informations possible, bien, il faut l'avoir. »

2.4.10.6 Options de recherche d'indicateurs de vulnérabilité

Les personnes interviewées sont unanimes quant à la convivialité et à l'utilité des options de recherche des indicateurs de vulnérabilité, bien que plusieurs expliquent qu'ils vont pouvoir apprécier ces options quand ils vont avoir plus de temps, hors du cadre d'une entrevue. Le

¹⁹ Mode de gestion des cours d'eau qui consiste, contrairement à la gestion actuelle, à laisser le lit des cours d'eau migrer librement, en fonction des processus morphologiques naturels.

²⁰ L'application *Territoires* (nommée SIGAT de 2003 à 2015) du MAMOT, est le guichet unique qui contient l'ensemble des documents d'aménagement du territoire québécois à jour, ainsi que les documents d'archives qui existent depuis l'entrée en vigueur des premiers schémas d'aménagement.

directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC6 explique son opinion sur les options de recherche :

Oui, c'est tout à fait pertinent. Des fois, c'est des recherches rapides, avoir une idée générale, puis tu sais, je pense que c'est surtout aussi la possibilité après ça de fournir ce lien-là de façon générale aussi à la population, tu sais pour ce que soit un accès facile à de la donnée. Ça, je pense que c'est un outil qui peut être fort pertinent, oui.

2.4.10.7 Échelles géographiques de calcul et d'affichage des indicateurs et indices

L'échelle géographique de calcul est l'aire de diffusion (AD) des recensements de Statistique Canada (petite portion de territoire). À ces questions, les gestionnaires répondaient presque toujours unanimement de façon positive. Dans un premier temps, une majorité de répondants (17/29) ne connaissait pas ou ne se souvenait pas de l'existence de cette unité géographique. L'aménagiste de la MRC12 a même demandé : « Ça veut dire quoi, ça? ». Dans un deuxième temps, les entités municipales rurales estiment que cette échelle est trop grande et imprécise (couvrant parfois un village au complet ou en regroupant d'autres), et qu'elle masque les différences dans un grand territoire quand celui-ci est peu peuplé. Le directeur du service de l'aménagement d'une MRC rural du nord du Québec, qui explique que 97 % de son territoire sont des terres publiques, dit : « C'est sûr que si j'ai mis ça d'une couleur, ça n'aide pas beaucoup. C'est dans des secteurs comme ça que moi, des fois, je vais peut-être devoir intervenir : sauvetage, ou des choses plus de sécurité publique, sécurité civile. » L'aménagiste de la MRC9 ajoute : « Oui, des régions moins peuplées, vous allez vous retrouver avec pratiquement des carrés qui vont couvrir des municipalités complètes, on va dire : “Bien, dans telle municipalité...” », donc je me questionne sur l'utilisation de cette échelle-là, mais bon. »

Nonobstant cela, les gestionnaires municipaux ruraux reconnaissent l'absence de produits géographiques de Statistique Canada disponible à plus grande échelle (petite portion de territoire) avec les mêmes informations. Quant à eux, les intervenants des villes plus peuplées (qui peuvent être découpées en de nombreuses AD) saluent l'utilisation par l'atlas de cette unité, plus fine que les secteurs ou les districts de recensement, par exemple. Cette discussion entre l'agent de projets en environnement à la section Préservation de l'environnement de la MUN4 et l'intervieweur illustre bien cet enthousiasme :

Répondant

Oui... oui. Moi, je pense que plus l'échelle est petite [sic] et moi, je parlais tantôt en termes de... on ne le voit pas, mais de districts, parce que [nom de la municipalité], en plus d'être des arrondissements, il y a des districts à l'intérieur. Mais si on est capables d'aller plus bas encore que ça, moi, je croirais que ça serait pertinent d'avoir cette échelle-là, pour pouvoir bien travailler. Parce que souvent, des fois, il y a des problèmes très ponctuels, fait qu'on pourrait même aller voir à l'intérieur de ce polygone-là d'aires de diffusion puis... je ne savais pas que ça se faisait.

Intervieweur

Oui, ça se fait par Statistique Canada, et on va récupérer vraiment toutes les informations du recensement pour pouvoir faire la cartographie.

Répondant

Ah, O.K.. Bien oui! Si ça se fait, moi, je suis preneur! [Rires]

Cependant, un aménagiste de la MUN3 émet un bémol :

On hésite, justement. Statistique Canada, ça peut être divisé en aires de diffusion, on peut même aller à l'îlot de diffusion, mais ça ne correspond pas avec nos limites de districts. Ça fait que là, c'est toujours d'essayer de répartir une aire de diffusion, de la couper en deux puis de dire « O.O.K., il y en a tant dans un district, puis il y en a tant dans l'autre. »

2.4.10.8 Conclusion partielle

Ces résultats illustrent la pertinence de l'atlas et montrent que c'est un outil qui pourrait être utile aux professionnels de l'aménagement, notamment à cause de sa convivialité et du fait qu'il regroupe toute l'information pertinente en un seul endroit. De plus, toutes les informations et données proposées semblent intéresser, à divers degrés, les professionnels ayant répondu au sondage – tant les informations liées aux indicateurs socioéconomiques que celles liées aux horizons temporels (passé et futur). On constate dans cette partie la quasi-unanimité des répondants dans leurs réponses (excepté pour la question de l'échelle géographique). On peut ainsi observer les fortes attentes que les gestionnaires municipaux ont envers l'atlas et ses

nombreuses possibilités. Ils acquiescent à toutes les options proposées, sans toutefois se poser trop de questions sur leurs réels besoins dans la pratique quotidienne.

2.4.11 Pertinence et utilisation des cartes géographiques de vulnérabilité

En ce qui concerne la pertinence de l'utilisation d'un outil destiné à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques (QF), 191 personnes sur 396 ayant répondu à la question (soit près de 50 %) utiliseront parfois un tel outil, si on le mettait à leur disposition (Figure 20). Près de 30 % l'utiliseront très souvent, ce qui fait qu'environ 80 % des répondants utiliseront parfois ou souvent un tel outil s'il était mis à leur disposition. Moins de 10 % des personnes ayant répondu à la question l'utiliseront très rarement et moins de 3 % ne l'utiliseront jamais. Notons qu'il y a quand même plus de 10 % qui ne savent pas s'ils l'utiliseront. On peut donc conclure que, de façon générale, l'atlas est un outil qui pourrait être pertinent pour les répondants dans la pratique de leur profession, puisque la majorité pense l'utiliser à diverses fréquences et fins. Les données proposées pour consultation via l'atlas semblent les intéresser également en grande majorité.

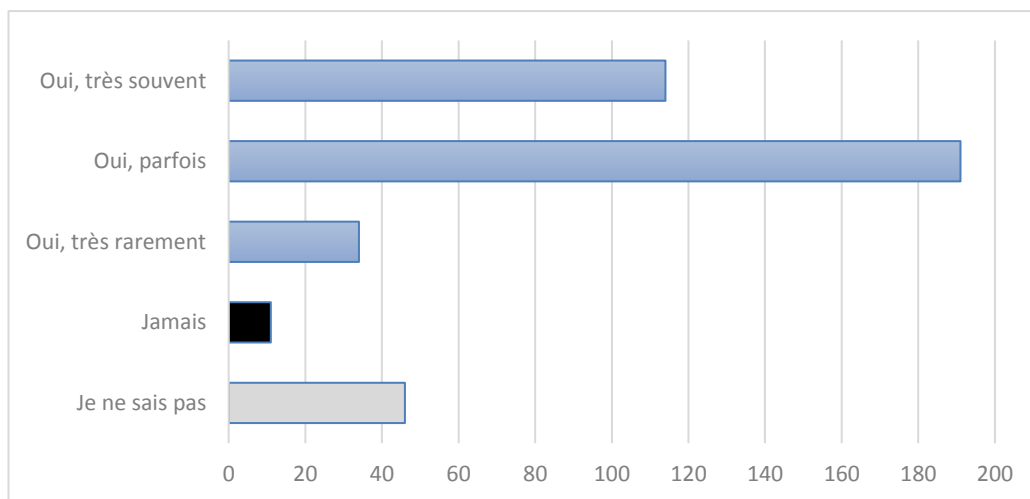


Figure 20 : Utilisation appréhendée d'un outil destiné à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques

Comme indiqué dans la grille d'entrevue, l'objectif de la question 19 est de valider le projet d'atlas. La réponse des personnes interviewées est très positive à cet effet. La quasi-totalité des répondants (28/31) considèrent la pertinence que les cartes géographiques de vulnérabilité auront

dans la pratique de l'aménagement durable du territoire. Deux d'entre eux ne pouvaient émettre une opinion finale sans une connaissance plus aiguisée de l'atlas, tandis qu'un seul (MRC7, MRC rurale du sud du Québec) juge les cartes géographiques de vulnérabilité « trop macro » pour être vraiment intégrées à la pratique. L'aménagiste de cette MRC explique : « C'est trop macro. Je ne pense pas qu'ici, ça nous permettrait de cibler un riverain en particulier, malheureusement, parce que... tu sais, ça ne serait pas la donnée de... bien, à moins que je me trompe... vous n'auriez pas la donnée de cette personne-là, tu sais ».

Sur les deux volets de la question, une vaste majorité de gestionnaires questionnés affirment qu'ils pourraient les utiliser dans le cadre de leurs fonctions en planification territoriale. En effet, 23 répondants expliquent que les cartes géographiques de vulnérabilité seraient utiles lors de la définition des grandes orientations d'aménagement du territoire, et 26 disent que celles-ci seraient pertinentes pour déterminer les grandes affectations du sol (usages permis et prohibés, densité d'occupation du sol, normes de lotissement, couverture végétale à maintenir ou à augmenter, normes d'aménagement des terrains, contingentement des usages ou quotas de commerces et services). Le conseiller en environnement de la MUN9 décrit son enthousiasme face à l'outil :

Tout à fait. Tout à fait. Nous, tu sais, le grand défi, pour les planificateurs, c'est vraiment de fournir de l'aide à la décision. C'est le grand défi. C'est ça qui est difficile dans notre travail. C'est d'expliquer, d'illustrer, de vulgariser, de démontrer, de faire des projections, d'argumenter, c'est ça le travail d'urbaniste. Donc, effectivement, chaque fois qu'on a des sources qui correspondent, tu sais, qui peuvent nous aider à répondre à ces objectifs-là, c'est certain qu'on les utilise. C'est certain qu'on les utilise. C'est ça.

2.4.12 Environnement technologique actuel et niveau de maîtrise en géomatique

Concernant la technologie de cartographie (QF), 286 personnes sur 388 (près de 74 %) trouvent que leur municipalité ou leur MRC dispose d'une expertise dans le domaine, tandis que plus de 20 % trouvent qu'une telle expertise n'existe pas dans leur organisation. Environ 6 % des répondants ne savent pas si cette expertise existe dans leur MRC ou leur municipalité. On a demandé aux gens d'évaluer le niveau de maîtrise des technologies de cartographie dans leurs

organismes (QN). Comme le montre la Figure 21, il semble y avoir certaines différences entre les municipalités, et ce, en fonction du type de celle-ci. Ainsi, il semble que les MRC soient dotées d'un niveau de maîtrise des technologies de cartographie supérieur, comparativement aux municipalités locales.

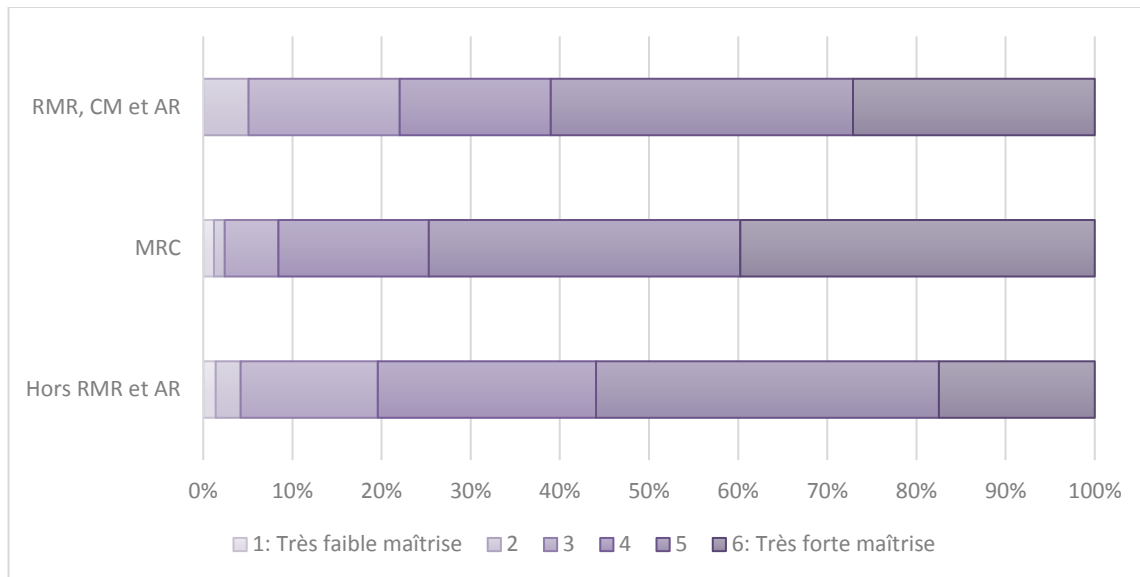


Figure 21 : Maîtrise des technologies de cartographie dans l'équipe de travail, par type de municipalité ou de MRC

La presque totalité des répondants (98 %) a affirmé que leurs MRC et leurs municipalités disposent d'une ligne Internet à haute vitesse. Pour ce qui est de l'usage des appareils mobiles pour la consultation des applications Web (QM), 57 % des répondants à cette question utilisent des téléphones intelligents, et 32 % utilisent des tablettes numériques (Figure 22). Il y a quand même plus de 35 % des répondants qui n'utilisent aucun appareil de ce type.

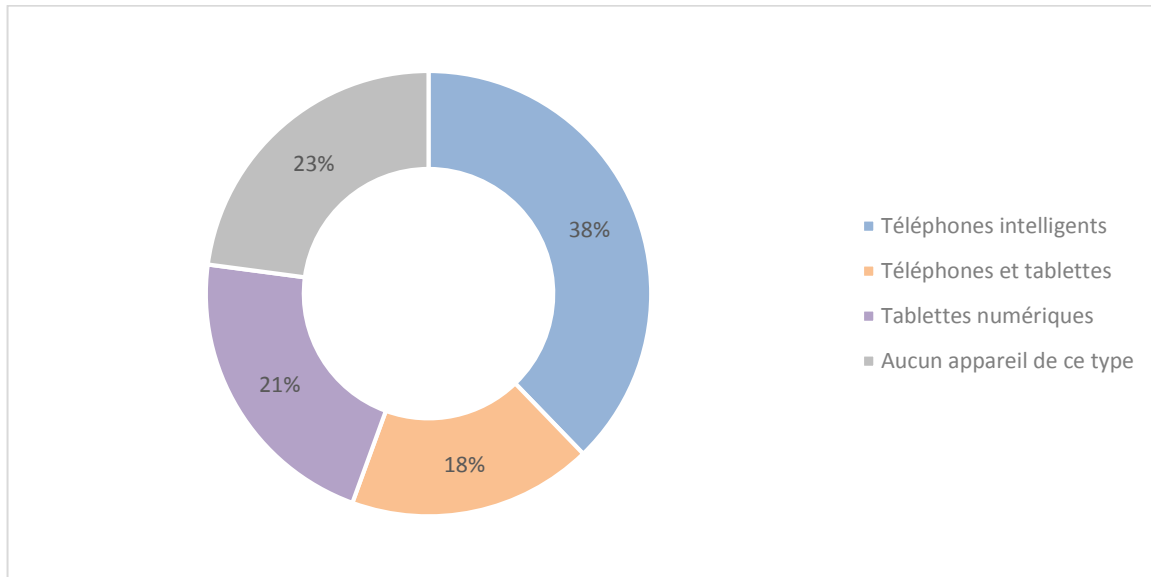


Figure 22 : Utilisation de technologies mobiles dans le cadre du travail

Il existe donc l'expertise pour utiliser un outil tel que l'atlas dans la majorité des MRC et des municipalités ayant répondu au sondage. De plus, les répondants arrivent en majorité à identifier de façon précise ce à quoi il servira dans l'exercice de leur profession. Le fait qu'il existe une ligne Internet haute vitesse dans la presque totalité des MRC et municipalités ayant répondu montre que l'atlas pourra être utilisé de façon optimale. Les questions 20 à 23 donnent des informations générales sur le contexte informatique dans lequel l'atlas sera utilisé. Plus précisément, les réponses à la question 21 sur la rapidité de leur accès Internet sont importantes, car sans la haute vitesse, la lenteur d'affichage pourrait rendre l'atlas non convivial.

2.4.12.1 Des services de géomatique précieux et nombreux

En premier lieu, tous les répondants ont une connexion Internet haute vitesse au travail (cette question a d'ailleurs fait rigoler plusieurs gestionnaires municipaux, tellement la réponse était une évidence pour eux). De plus, toutes les MRC interrogées (n=14) et 15 municipalités sur 17 ont un service de géomatique. Les répondants disent d'eux qu'ils sont compétents et débrouillards. Même si les départements sont parfois réduits à une seule personne diplômée en géomatique, plusieurs autres intervenants sont capables d'utiliser le SIG interne. Par exemple, l'aménagiste de la MRC14 explique : « On a un département de géomatique avec un technicien

en géomatique qui est assez chevronné, pour les connaissances. Beaucoup d'utilisateurs assez avancés aussi, ici, dans la MRC. »

Les deux municipalités n'ayant pas de tels service ou département sont soit peu peuplées (moins de 3 000 habitants) et se réfèrent à leur MRC, ou bien elles ont un service connexe et sont en voie d'avoir un tel département. La chef de division de l'urbanisme à la MUN6 détaille :

On a un service technique avec des dessinateurs en génie civil, mais ils fonctionnent beaucoup avec *AutoCAD*. On a *ArcGIS*, mais ce n'est vraiment pas, ce n'est pas un outil qui a été très optimisé. Là, on est en train de faire le tournant. C'est sûr qu'au niveau de l'aménagement du territoire, ça va être intéressant pour pouvoir faire de la planification, pour pouvoir entrer ces données-là. Et si en plus vous fournissez déjà des bases de données déjà toutes prêtes, c'est super!

2.4.12.2 Une utilisation des appareils mobiles en hausse constante

En deuxième lieu, la plupart des interviewés (21/30) utilisent dans le cadre de leurs fonctions des appareils mobiles (téléphone intelligent ou tablette), mais tous disent que les technologies mobiles sont utilisées par au moins un service (évaluation, sécurité publique et travaux publics, entre autres) dans leur organisation municipale. Plusieurs gestionnaires (n=7) affirment que leur utilisation est en hausse depuis les cinq dernières années. Cependant, les gestionnaires des organisations municipales ne semblent pas (la question n'a pas été posée directement) avoir besoin d'une version mobile de l'atlas. L'utilisation de leurs appareils mobiles semble être limitée aux fonctions de base du téléphone, les appels, les SMS ou encore le courrier électronique.

2.4.13 Intégration et utilisation du contenu de l'atlas aux outils géomatiques

Les réponses à la question 23 permettent de déterminer si les répondants ont besoin d'un service WFS ou WMS²¹, ou seulement d'une interface Web pour visualiser l'indice. Presque toutes les municipalités (26/27 des organisations à qui nous avons posé la question) aimeraient pouvoir

²¹ Le *Web Feature Service* (WFS), est un standard de l'Open Geospatial Consortium (OGC) de service web, qui définit une interface d'interopérabilité technique, affecté à la publication d'objets géographiques (c'est-à-dire des données vecteur), ainsi que leur structure. Le *Web Map Service* (WMS) est un standard OGC de service web qui permet de produire dynamiquement des cartes à partir de données géoréférencées.

télécharger les données de l'atlas pour les intégrer à leurs outils géomatiques internes. L'intérêt pour cette option est majeur et certaines personnes interviewées la jugent essentielle.

Le directeur du service du développement durable et de l'environnement à la MUN1 explique :

Ça, c'est primordial. Il faut, à quelque part, qu'on soit en mesure d'avoir cet échange d'informations-là, la souplesse de l'information, parce qu'à la fois, c'est une information qu'on peut adapter dans nos systèmes... que si vous demandez, vous, des mises à jour, c'est de l'information qu'on peut vous fournir. Ça, au départ, c'est bien important.

Les gestionnaires municipaux interrogés prévoient utiliser le contenu de l'atlas autant pour des fins de visualisation (n=23) que d'analyse spatiale (n=16). Les personnes interrogées à la MRC2, soit la directrice du service d'aménagement et un aménagiste, expliquent qu'ils vont l'utiliser :

Pour avoir la visualisation aussi, mais il va y avoir une analyse. [...] parce qu'on peut coupler ça avec plein de données, soit qui proviennent de ministères ou des données que nous on a produit [sic] au fil des années, pour justement mener des caractérisations dans tel ou tel domaine, puis amener la prise de décisions. Donc oui, c'est super intéressant si on peut avoir les données géomatiques.

L'aménagiste de la MRC5 explique l'apport à la pratique de pouvoir intégrer les données pour l'analyse spatiale :

Souvent on a un besoin justement de mettre en relation plusieurs couches d'information pour arriver à faire un choix le plus judicieux possible, puis quand on peut seulement visualiser, bien, on arrive toujours à trafiquer des affaires pour pouvoir quand même le mettre, mais c'est très compliqué. Si on a des *shape*, bien déjà on a l'information directement, puis on peut procéder. Ça, ce serait vraiment parfait.

De surcroît, la géomaticienne de la MRC4 commente en posant la question suivante : « Pourquoi [ne] pas utiliser les données qui sont déjà produites, plutôt que d'essayer de les recréer, puis d'induire des erreurs? » En effet, cette gestionnaire nous explique qu'importer une couche directement de l'atlas, plutôt que de tenter de la recréer à l'identique à l'intérieur de leur propre SIG, permet d'éviter des aberrations.

2.4.14 Utilisation des fonctionnalités de l'Atlas

Dans la dernière partie du sondage, nous avons voulu savoir de quelles fonctionnalités les MRC et les municipalités aimeraient que l'atlas soit doté (Figure 23). Plus de 80 % (soit 314 personnes sur 389) des personnes ayant répondu à cette question aimeraient avoir la possibilité d'intégrer les données de l'atlas à leur propre application géomatique. Parmi elles (QM), 301 (77 %) aimeraient avoir cette fonctionnalité pour visualiser les cartes d'indicateurs dans leur propre système et les mettre en transparence par-dessus leurs données, et 200 (51 %) aimeraient pouvoir exploiter les données de l'atlas pour des opérations d'analyse spatiale dans un logiciel. Trois cent vingt-quatre (324) personnes sur 386 souhaiteraient pouvoir faire des calculs de distance sur les cartes de l'atlas, soit 84 % des personnes ayant répondu à cette question. En dehors des cartes, les autres formats dans lesquels les répondants aimeraient que les données de l'atlas soient présentées sont (QM) : PDF (218 personnes sur 389 répondants, soit 56 %), tableaux (51 %), graphiques (49 %) et fichiers Excel (47 %). Certains répondants ont souhaité avoir les données sous format *shapefiles* (5 personnes). Moins de 10 % des répondants ont souhaité avoir uniquement des cartes.

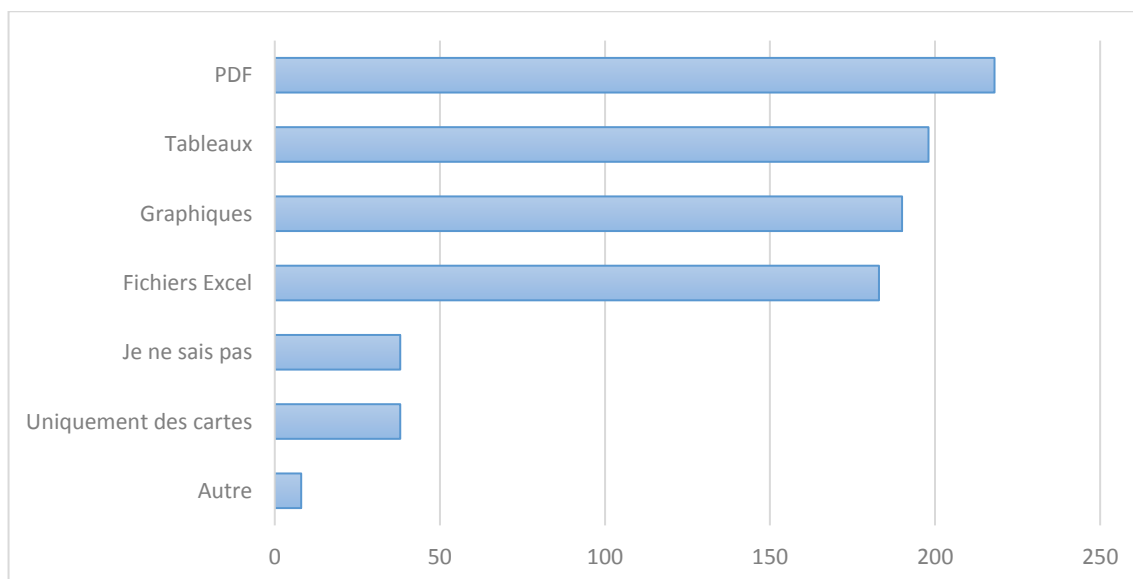


Figure 23 : Format, autre que cartographique, dans lequel les personnes souhaiteraient avoir accès aux données

Les réponses aux questions 29 à 33 informent sur les outils et options techniques que les répondants aimeraient retrouver dans l'atlas. Pour les trois aspects, les municipalités et les MRC interviewées démontrent un fort intérêt concernant l'intégration de ces fonctionnalités dans l'atlas et leur utilisation dans leur pratique. En fait, dès que l'intervieweur leur présente une option possible de l'atlas, les organisations municipales montrent leur enthousiasme, ce qui crée un sentiment d'attente très élevée par rapport au produit final.

2.4.15 Calcul de distance

Les répondants sont unanimes quant à la pertinence d'avoir un outil de calcul de distance dans l'atlas, car il s'agit d'une fonction qu'ils utilisent déjà beaucoup dans leur travail. Même si plusieurs entités municipales ont déjà un outil semblable de leur SIG interne, l'intégrer directement dans l'atlas améliorerait la convivialité de ce dernier. Le directeur du service de l'aménagement du territoire de la MRC6 explicite son intérêt : « Oui, c'est sûr que s'il y a un petit outil à même la consultation qui pourrait être fait, ça pourrait être plus simple, puis ça nous éviterait souvent, à l'interne, de justement devoir contacter notre ressource en géomatique pour calculer, puis tout ça, s'assurer des bonnes distances. » Certains (n=4) proposent d'avoir une fonction de création de zones tampons (buffer). La zone tampon est la « zone mesurée à partir d'un point, d'une ligne ou d'un polygone. [Elle] s'obtient par sélection d'un voisinage, qui permet d'évaluer les caractéristiques de différents environnements d'un objet spatial donné²² ».

2.4.16 Mode de présentation des données

Comme pour le calcul de distance, le fait de pouvoir présenter des données sous une autre forme que la cartographie est unanimement souhaité. Les graphiques intégrables à *Excel* sont notamment spécifiés par les répondants (n=13).

Plusieurs des intervenants interviewés (n=6) expliquent que les graphiques sous forme d'histogramme ou de courbe parlent souvent plus aux élus que les cartes. Le directeur de l'urbanisme à la MUN7 explique que « Ça parle bien. Un petit graphique vite, vite, des fois.

²² Sylvain GENEVOIS (2008), *Quand la géomatique rentre en classe*. Usages cartographiques et nouvelle éducation géographique dans l'enseignement secondaire, p. 305

C'est plus facile à expliquer des fois qu'une [ou deux cartes]. Ça dépend, des fois, il y en a qui sont plus accrochés à ça, mais ça peut être intéressant. » La géomaticienne de la MRC4 détaille son intérêt pour les autres formes des données :

Oui, genre pouvoir télécharger des trucs en *Excel*, des fois, ça peut être intéressant, faire des tableaux croisés dynamiques par la suite ou des choses comme ça, ça peut être... oui. [Un graphique], ça parle souvent par lui-même, pour voir l'évolution, entre autres, des températures [...].

2.4.17 Ergonomie de l'interface

La totalité des répondants vante l'accessibilité et le design de l'interface de l'atlas, bien que celle-ci ne soit pas entièrement terminée. Tous jugent l'atlas facile d'utilisation et rapide, notamment en comparaison avec l'application *Territoires* (anciennement SIGAT) du MAMOT, ou encore *Déméter*, la cartographie en ligne de la Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ). Les propos de l'aménagiste de la MRC5 illustrent bien cet état d'esprit : « Bien, en tout cas, pour y accéder, c'est certainement mieux que SIGAT. Parce que SIGAT, sont rendus tellement compliqués à accéder sur le site, mais ça a l'air d'un outil très convivial, je veux dire : ça a l'air intéressant de pouvoir l'utiliser. » Le directeur du service de l'aménagement de la MRC13 ajoute : « Bien, je trouve que c'est très bien, je dirais que je l'apprécie, pour en avoir vu plusieurs. Assez clair, bien simplifié, la présentation est épurée, puis je pense que c'est, à mon avis, c'est un *must*. » Ces informations permettent de valider à coup sûr l'approche design pour l'interface Web, par rapport au design cartographique standard (géomatique) ou design plus « universel ».

2.4.18 Groupe de discussion

2.4.18.1 Les utilisations possibles de l'atlas dans la pratique des aménagistes

L'atlas serait utile à la fois pour la sensibilisation et la planification. Comme le mentionne un participant : « L'atlas serait un outil pour aller puiser des cartes et des informations pour sensibiliser les citoyens. » Les participants précisent que les gens ont tendance à oublier un sinistre ou une tempête avec le temps :

En bordure du fleuve, l'érosion côtière touche beaucoup de résidences. Il y a eu une tempête importante en 2010, mais nous avons l'impression que les gens oublient qu'ils sont dans des secteurs très sensibles, il y a donc un besoin de documenter. Ça permet aussi de diffuser l'information pour que les gens réalisent qu'ils sont dans des endroits qui nécessitent qu'on régleme et qu'on soit plus sévère.

Plusieurs citent ce besoin de documentation pour appuyer des démarches réglementaires de planification et d'aménagement sur des bases plus solides. En ajout, cela serait utile dans leur pratique : « Pour les plans des mesures d'urgence, ce serait plus facile de prévoir les aléas climatiques. On pourrait savoir où intervenir en priorité, et savoir qui est touché et quels sont les secteurs les plus sensibles. » Ainsi, l'atlas serait « un outil qui facilite la prise de décision avec les élus, un outil de planification pour savoir quel secteur développer ou non, et qui facilite les décisions du plan de sécurité civile ».

L'érosion en bordure du fleuve est une source d'inquiétude pour plusieurs. Les données dont les répondants ont besoin ne semblent pas disponibles :

Ce que nous avons actuellement comme référence, c'est la ligne des hautes eaux, mais en bordure du fleuve, c'est une notion mésadaptée. Pour les interventions sur l'accès au fleuve, où est notre limite d'intervention? Pour l'aménagement des accès au fleuve, si on savait où est la limite des hautes eaux, nos limites d'Intervention, les zones inondables, ça aiderait.

Un participant dit qu'il existe un outil pouvant faire des simulations des 30 prochaines années en lien avec le fleuve. Ces lacunes en matière d'informations et de sensibilisation font que « les gens essaient de se défendre contre l'érosion, mais cela contribue plutôt à augmenter la problématique ».

Les participants se questionnent sur la pertinence de donner aux citoyens un accès total ou partiel aux informations de l'atlas, car « ils n'ont peut-être pas les compétences pour le comprendre et l'utiliser ». Une personne précise :

[Il y a une] distinction entre la sensibilisation pour tout le monde et la mise en pratique. Dans une simulation de catastrophes, savoir quel bâtiment sera inondé, par exemple,

n'est pas une information qui devrait être accessible à tous. Ils peuvent savoir qu'ils sont dans une zone à risque, sans pouvoir faire de simulation.

Un exemple de système de surveillance et d'information aux citoyens est mentionné. Il y avait un besoin en sécurité publique et les autorités ont créé un système de surveillance pour la rivière Chaudière, accessible en ligne, avec une version destinée aux citoyens et une autre aux intervenants. Tous peuvent suivre l'évolution de la rivière et recevoir des alertes de diverses façons. Enfin, pour que cet outil soit réellement utilisé, il doit être « facile d'utilisation pour que n'importe qui à la municipalité ou à la MRC puisse l'utiliser », puisque « si les informations sont trop complexes, ça alourdit et on ne peut pas prendre de décision avec ». Les participants souhaitent également que l'atlas demeure adaptable et qu'ils puissent y trouver de nouvelles informations qu'ils ne connaissent pas déjà de leur territoire, telles que les climats extrêmes, les grandes crues et le niveau de l'eau.

2.4.18.2 Les données prioritaires et essentielles pour l'atlas

Les participants ont classé différentes données selon leur degré d'importance pour l'atlas (prioritaires et essentiels, prioritaires mais non essentiels, non prioritaires et non-essentiels). Ils ont eu à justifier leur décision en illustrant comment ces données, dans l'atlas, seraient utiles pour leur pratique d'aménagiste ou pour d'autres services des municipalités et des MRC. Ces données étaient tirées des propositions des répondants aux entrevues individuelles et au sondage. Les descriptions des données sont présentées à l'Annexe 5. Le Tableau 1 (variables jugées prioritaires et essentielles), Tableau 2 (variables jugées prioritaires, mais non essentielles) et Tableau 3 (variables jugées non prioritaires et non essentielles) présentent une synthèse des informations selon le classement des participants et les raisons de leurs choix (Annexe 6).

Tableau 1 : Les variables jugées prioritaires et essentielles retenues pour l'atlas par les participants

Variables	Justification
Âge de la population	Ils souhaitent avoir l'ensemble des tranches d'âge de la population. Cela leur permettrait d'extraire des données liées à la vulnérabilité en lien avec les tranches d'âge, telles que la localisation des personnes âgées et des enfants. Ils préfèrent avoir les informations présentées par effectifs (nombre total au lieu du pourcentage), et que le N de population totale, soit aussi inscrit, p. ex. : 20 enfants de 0-5 ans dans un secteur X sur un total de 300 habitants dans ce secteur.
Population totale	« Intéressant à une petite échelle (îlot de diffusion) pour prévoir les évacuations. »
Revenu moyen par ménage	Utile pour la vulnérabilité et identifier les milieux défavorisés. Ils souhaitent les informations sur l'échelle la plus petite possible.
Tenure du logement	« C'est intéressant pour rejoindre les locataires, de même que connaître le nombre de locataire par lieu, parce que nous connaissons seulement le propriétaire inscrit. » Ils préfèrent avoir les informations présentées par effectifs « avoir le nombre permet de faire des corrélations avec d'autres nombres qu'on a ». Ils souhaitent les informations sur l'échelle la plus petite possible.
Infrastructures publiques	« On a déjà les informations sur le réseau d'aqueduc et d'égout, en plus de la taille des tuyaux, des conduites maîtresses et [où] se trouvent les bornes-fontaines. C'est important pour faire des branchements, pour les ingénieurs et au niveau local. À l'échelle locale, c'est intéressant. » ; « Intéressant aussi de pouvoir localiser les CPE, les hôpitaux, les maisons avec des personnes handicapées, les ressources intermédiaires, les écoles, etc. On n'a pas de carte avec ces infos-là. Ce sont des personnes vulnérables. »
Services d'urgence (autre qu'hospitaliers)	Cela permet d'informer les gens en cas d'urgence, p. ex. en ayant les heures d'ouverture des cliniques, ou la disponibilité de médecins ou d'autres professionnels de la santé. » Nous on le reçoit déjà par le centre d'urgence de la région, pour le moment ça reste à l'interne, ça pourrait être diffusé de manière plus générale. » ; « Savoir où sont localisées les bornes-fontaines, les services de pompier et de police » ; « Il y a des changements pour les services de santé qui se fait en région, de nouveaux services. Ça peut être intéressant. C'est répertorié quelque part. »

Îlots de chaleur	« Plus utile pour les grandes villes, mais à Montréal ils ont sûrement une équipe qui travaille là-dessus. »; « Comme c'est la majorité de la population du Québec qui se trouve dans ces milieux-là, je crois que c'est pertinent ».
Orthophotos	Les participants considèrent cette donnée comme essentielle : « C'est un must. »
Hydrographie	« Faire apparaître la carte d'hydrographie par-dessus d'autres données, parce que si on a une image satellite, lorsqu'il y a une forêt, on ne voit pas toujours les cours d'eau. »
Couvert forestier (indice NDVI)	« C'est comme l'antithèse des îlots de chaleur, donc intéressant de savoir. »
Zones inondables	« Le gouvernement fournit des cartes de zones inondables, mais pour le fleuve c'est des cotes d'inondation, il n'y a pas de carte, c'est une limite importante. »
Limites des bassins versants ou régions hydrographiques	« Peut être utile tout dépendant de l'échelle proposée. Si c'est possible, de combiner avec les précipitations, par exemple, ça peut permettre de cibler un secteur plus à risque. »
Bandes d'érosion côtière	C'est une préoccupation majeure pour les participants. Information utile pour planification, intervention, sensibilisation et réglementation.
Information sur l'évolution du climat passé : température, précipitations	Données utiles pour la planification. « Utile pour des fins d'analyse, voici le résultat et je peux expliquer pourquoi un secteur ne devrait pas être développé, par exemple. »; « Déterminer les actions du plan d'action, savoir sur quoi et où intervenir. »; « Pouvoir démontrer et sensibiliser au niveau local. »; « Peut servir à réglementer et à justifier. »; « Comprendre l'évolution, aide à envisager pour le futur. » Elles permettraient de faire des plans d'action, des schémas d'aménagement, de réglementer, de justifier les décisions, de sensibiliser, ainsi que de comprendre l'évolution. « C'est important d'avoir les données des précipitations aussi en hiver. »
Événements climatiques extrêmes à venir : précipitations, vents	Données utiles pour la planification. « Utile pour des fins d'analyse, voici le résultat et je peux expliquer pourquoi un secteur ne devrait pas être développé, par exemple. »; « Déterminer les actions du plan d'action, savoir sur quoi et où intervenir. »; « Pouvoir démontrer et sensibiliser au niveau local. »; « Peut servir à réglementer et à justifier. »; « Comprendre l'évolution, aide à envisager pour le futur. » Elles permettraient de faire des plans d'action, des schémas d'aménagement, de réglementer, de justifier les décisions, de sensibiliser, ainsi que de comprendre l'évolution.
Événements et catastrophes naturelles	Les participants sont très intéressés par ces données. Utile pour prévoir et planifier à court terme. « Utile de voir s'il y a eu une inondation. »; « Ça ne veut pas dire que ça va se reproduire au même endroit ou une autre fois, c'est une limite. »

Les zones d'embâcles*	Cette donnée a émergé des discussions, elle serait « utile pour analyser les autres données faites au pinceau large, avoir un historique des embâcles, les zones à risque. C'est plus une donnée locale, car ce n'est pas tout le monde qui en a. Ça peut influencer des territoires voisins. »
L'âge des bâtiments*	Cette donnée a émergé des discussions. Elle serait utile pour cibler des zones vulnérables : « Important parce que les vieux bâtiments avec des toitures en cuivre font que la chaleur augmente et les gens sont plus à risque s'il y a une vague de chaleur. »
Qualité de l'air (smog, particules fines)*	Cette donnée a émergé des discussions : « pour les îlots de chaleur, les smogs, est-ce qu'il y a des données de ce genre sur les particules fines et la qualité de l'air? Ça peut peut-être [être] intéressant au même titre que les îlots de chaleur, parce que c'est plus une problématique qui touche les milieux ruraux. »
Les aléas climatiques*	Cette donnée a émergé des discussions. « Les données sur les aléas seraient utiles ».
Les données du schéma de couverture de risque aux incendies/ données du rôle d'évaluation*	Cette donnée a émergé des discussions. Les « données du schéma de couverture de risque aux incendies déterminent les zones à risque faible, moyen et élevé. Ce qu'ils prennent, c'est la donnée du rôle d'évaluation et on a les usages. C'est identifié par un point et on peut voir les concentrations de résidences, et identifier s'il y a une zone avec gros risque de vulnérabilité où [se trouvent] les maisons. C'est une donnée disponible avec la MAMOT. » Les utilisateurs peuvent aussi la rajouter eux-mêmes dans l'atlas, mais c'est une donnée qui demeure variable. Cependant, dans l'atlas, la donnée pourrait être simplifiée : « Ce pourrait être des points de couleurs différentes selon que ce soit une maison, un bâtiment commercial ou industriel. » Cela permettrait de faire des liens avec d'autres données.
Indices de vulnérabilité	Très important, car permet de planifier et c'est une information que les répondants n'ont pas : « Connaître où les milieux sont plus défavorisés. »; « [...] dépend à quel point c'est précis pour la prise de décision, mais c'est le genre de carte qui peut être utilisé dans un schéma et reporté [ensuite] dans une réglementation [...] pour aider dans le plan d'urbanisme et du zonage. »

* Ces variables n'étaient pas dans la liste initialement présentée. Elles ont été demandées par les participants lors du groupe de discussion et ajoutées à la liste.

2.4.18.3 Considérations générales sur les variables prioritaires et essentielles

Pour être pertinentes, les données de l'atlas doivent être actualisées. La possibilité de faire des simulations d'aléas climatiques futurs, telles que les changements au long du fleuve pour évaluer la hauteur des eaux, pourrait être intéressante pour les présenter aux élus. Un participant rapporte que le ministère des Ressources naturelles (MRN) a fait une simulation autour de 2004-2007²³; pour les municipalités en aval de Québec, opération qui serait très utile étant donné qu'elles ont

²³ « Depuis 2001, Environnement Canada a entrepris de créer un modèle informatique du fleuve, outil de simulation unique au monde qui ferait le lien entre la biologie et les niveaux d'eau. Il permettrait d'analyser la gestion du fleuve et d'évaluer ainsi, quantitativement et qualitativement les impacts de la fluctuation de ses débits sur la faune et la flore. » Environnement Canada, 2005, Section État du Saint-Laurent, www.qc.ec.gc.ca/csl/sec/sec002_f.html

de gros problèmes d'érosion. En ce qui a trait aux données climatiques futures, il y a un questionnement quant à l'échelle proposée (45 km²), étant donné que certaines petites municipalités ne font même pas cette taille. Un participant ajoute que « même si l'échelle n'est pas idéale, si l'on peut faire un parallèle entre les données passées et celles futures, ce sera intéressant ». Enfin, l'échelle des données est très importante « puisque, pour les petits milieux, les informations présentées seront applicables à un plus grand territoire; ces données ne seront peut-être pas très pertinentes, cela va dépendre de l'échelle. » La préoccupation est grande pour les petits milieux, afin de pouvoir diviser la ville en secteurs : « Est-ce qu'il serait possible d'agréger les données de Statistique Canada à un sous bassin versant ou à un autre découpage ? » S'ils peuvent « identifier un sous bassin problématique dans 30 ans, ça serait très intéressant pour de la sensibilisation ». Néanmoins, « même si on peut seulement afficher à l'aire de diffusion, c'est quand même un outil aidant, puisque personne d'autre ne peut m'aider à la MRC. » Avec la CPTAQ, il est possible de zoner dans un lot pour connaître les autorisations, les historiques et autres informations du lot.

Tableau 2 : Les variables prioritaires, mais non essentielles retenues pour l’atlas par les participants

Variables	Justification
Taille des ménages	« Moins important si on peut déjà avoir l’info par la taille de la population et la tenure du logement. »
Cadastre	Utilité variable selon la nature des futurs utilisateurs de l’atlas, plus pertinent pour les citoyens. Les aménagistes ont déjà cette information et ils peuvent l’importer dans l’atlas, au besoin : « C’est peut-être lourd de l’ajouter pour la province. »; « Dépend si c’est pour nous ou la population générale, pour le public c’est peut-être utile ».
Hypsométrie (topographie)	Ils peuvent déjà les avoir et les importer. « Si on veut plus précis, on a le Lidar. »
Amplitude des marées	Certains affirment que c’est déjà disponible sur le site d’Environnement Canada et que les services d’urgence reçoivent déjà des alertes : « C’est peu utile puisqu’il y en a chaque jour et les gens peuvent s’informer ailleurs. » Cependant, d’autres hésitent : « Est-ce que ça va être utile dans la planification? Lors de grandes marées? Tout seul comme information, c’est moyennement utile. »; « Le secteur de surmarée serait peut-être plus intéressant que l’horaire des marées ». Bref, la pertinence dépendra du type d’information qui pourrait être disponible.
Voies de communication	« C’est une donnée de base à avoir pour se repérer. »; Utilité variable selon la nature des futurs utilisateurs de l’atlas, plus pertinent pour les citoyens. Les aménagistes ont déjà cette information et ils peuvent l’importer dans l’atlas, au besoin.

Tableau 3 : Les variables jugées non prioritaires et non essentielles retenues pour l'atlas par les participants

Variables	Justification
État de santé (données agrégées à l'échelle du RLS)	Certaines maladies ciblées (p. ex. : asthme, obésité), sur une échelle précise, pourraient leur être utiles en lien avec des aléas climatiques. « Peut-être ceux liés à l'asthme, en lien avec une vague de chaleur et les îlots de chaleur, mais ce devrait être à très petite échelle. »; « Ce genre d'information a déjà été utile, par exemple, pour réglementer l'utilisation de foyers extérieurs à Montréal, car il y avait beaucoup d'asthmatiques. »; « Aussi, de connaître le taux d'obésité par rapport à la mobilité active et aux environnements favorables, l'échelle est importante. »; « Cibler vraiment les maladies qui sont plus vulnérables aux aléas climatiques. » Puisque l'exemple démontré au groupe de discussion présentait des données autorapportées sur l'état de santé, les participants se questionnent sur la fiabilité de celles-ci : « Pas assez précis comme information parce que c'est leur perception [aux patients], c'est subjectif, à quoi ça nous serait utile pour les aléas climatiques? »; « On se fie plus à l'âge. »
Principales activités économiques	« Qu'est-ce que ça va nous apporter? Le revenu est plus parlant. »
Niveau de scolarité	« Selon l'échelle, à travers cela, il peut y avoir toutes sortes de monde, je ne sais pas à quel point on peut s'y fier. »; « Pas pertinent ».
Occupations des urgences	Pas vraiment important pour les aménagistes. « C'est les services d'urgence qui vont utiliser cela et qui vont le gérer. »
Milieux urbains/habités	Peu pertinent étant donné que d'autres données peuvent déjà leur apporter ce type d'information.
Milieux humides	« On a déjà une carte en ligne avec toutes les classes, on a déjà les photos aériennes on peut afficher les couches. »; « Moins en lien avec les aléas climatiques. »; « Est-ce qu'on a la capacité de les analyser en lien avec des aléas, je ne suis pas certaine. » Font déjà partie de leurs schémas, malgré que ce soit relativement imprécis.
Images satellitaires (Landsat)	« On a l'orthophoto, alors un ou l'autre. »
Alertes de tempêtes	Puisque les participants voient davantage l'atlas comme un outil de planification, ils ne croient pas que ce soit une référence consultée en cas d'urgence. Ils peuvent recevoir cette information ailleurs : « Reçu directement aux travaux publics et au service des incendies. »
Alertes de vague de chaleur	Puisque les participants voient davantage l'atlas comme un outil de planification, ils ne croient pas que ce soit une référence consultée en cas d'urgence. Ils peuvent recevoir cette information ailleurs.

2.4.19 L'interface Web et les fonctionnalités souhaitées par les usagers

2.4.19.1 Les technologies utilisées et leur contexte

Les aménagistes participants travaillent principalement à leur bureau avec un ordinateur, ce ne sont pas des gens de terrain. Par contre, ils croient qu'une version mobile de l'atlas pour consultation serait essentielle : « [Dans] nos temps modernes, les trois versions (ordinateur, tablette et mobile) doivent être accessibles. » La version mobile serait pertinente pour le service de sécurité publique et pour l'aide à la décision pendant des rencontres avec des collègues. Elle pourrait également servir « lors de décision ou de mesures d'urgence avec les données qui seront accessibles ».

2.4.19.2 La pertinence des fonctions de calcul et de création de zones tampons

Le calcul des distances et des superficies, de même que la création de zones tampons (*buffers*) est un incontournable à intégrer dans l'atlas. Les participants mentionnent que le calcul des distances et des superficies doit être offert dans différentes unités de mesure impériales et métriques (pied, mètre, hectare, kilomètre, etc.). La création d'une zone tampon peut être utile, « comme [par exemple] dans un lieu où il y a une raffinerie ou [du] propane, et qu'on doit évacuer les habitants sur deux kilomètres. » Pour créer ces zones, il est important d'offrir les options permettant de faire des points, des polygones, des lignes et plusieurs séries de segments (polylignes), entre autres.

2.4.19.3 La présentation et l'exportation des données

Les participants ne sentent pas le besoin que des tableaux détaillés (vue tabulaire des données) soient affichés dans l'atlas. Ce qui leur semble plus pertinent, c'est d'avoir un aperçu des principales statistiques avec des graphiques, car cela permet un coup d'œil rapide et offre la possibilité d'intégrer facilement ces graphiques dans un rapport. L'option d'exporter les données en format *Excel* est essentielle, car « on peut faire tellement de choses ». Il serait aussi intéressant pour eux de pouvoir exporter les données ou les cartes sous un format image, tel que *JPG* ou *PDF*. De cette façon, ils peuvent joindre ces informations dans des courriels, des rapports et d'autres documents de travail. Cependant, un format *Word* leur serait plus pratique pour pouvoir faire des notes et des indications dans le document, comparativement à un fichier *PDF* qui limite

les modifications. Enfin, il serait souhaitable, pour les utilisateurs, de pouvoir obtenir une copie du lien *URL* de l'atlas pour le transférer à d'autres, au besoin.

2.4.19.4 L'ergonomie et les fonctionnalités désirées

Afin d'obtenir des commentaires sur l'ergonomie de l'outil, l'équipe de recherche a voulu présenter différents atlas aux participants. Ainsi, une démonstration de l'interface et des fonctionnalités de la version démo de l'atlas, de *Cartovista* et du géoportail de santé publique a été faite lors du groupe de discussion. *Cartovista* et le géoportail ont été choisis puisqu'ils présentent une variété de fonctionnalités pouvant être intéressantes à ajouter à l'atlas, et ils ont des interfaces distinctes. La comparaison de ces atlas a incité les aménagistes à réfléchir sur leurs besoins.

2.4.19.5 Commentaires sur la version démo de l'atlas

Les participants aiment le visuel du prototype de l'atlas. Néanmoins, la version proposée qui est très illustrée est plus pertinente pour les citoyens, selon eux. Ce design et ce visuel leur semble moins nécessaire pour une version professionnelle. Ainsi, les participants croient qu'il devrait y avoir deux accès distincts pour accéder aux données de l'atlas, soit un pour les citoyens et un pour les professionnels, avec certaines données transversales. Cependant, cela soulève des questionnements par rapport aux données qui devraient être accessibles à tous. Certains éprouvent des craintes envers les assureurs et les banques, car, par exemple, ces données pourraient nuire à un propriétaire si son terrain est dans une zone inondable ou de glissement de terrain : « Un citoyen aurait de la difficulté à vendre sa propriété et il serait dans le trouble [alors] que c'est une donnée à pinceau large. » D'autres croient que les citoyens devraient avoir accès aux données non confidentielles qu'ils souhaitent : « C'est un combat inégal puisque les compagnies d'assurance ont déjà accès à de nombreuses informations que le citoyen n'a peut-être pas. » Il est donc important de réfléchir à qui aura accès à quoi, et aux conséquences possibles. Un participant partage un exemple vécu pour approfondir la réflexion : il mentionne qu'un site avait créé un accès à des informations destinées aux assureurs et aux courtiers, et que cela fonctionnait avec un abonnement payant, ce qui était dissuasif et en limitait l'accès.

Facilité d'utilisation et rapidité à trouver les informations sont les souhaits formulés pendant l'entrevue de groupe. Le prototype de l'atlas semblait répondre à ces besoins. En ajout, les

participants souhaiteraient pouvoir regrouper différents indices et superposer des cartes et des données. Dès lors, identifier si certaines zones répondent à un ou des critères de vulnérabilité, ou à des particularités économiques ou sociodémographiques, aiderait leurs analyses : « Dans une grande ville avec des îlots de chaleur, si je suis capable d'aller chercher les secteurs les plus vulnérables avec des personnes âgées, alors je peux intervenir avec ma zone de chaleur, c'est un exemple de superposition qui peut être utile. » Il est fortement recommandé de rendre disponible un outil de dessin, afin que les utilisateurs puissent tracer des lignes, mettre des couleurs, jouer sur les couleurs des différentes cartes à superposer, insérer des flèches, des mots, etc.

2.4.20 L'intégration mutuelle des données de l'atlas et des données municipales

Les participants mentionnent qu'il serait utile, dans le cadre de leurs tâches quotidiennes, de visualiser les cartes d'indicateurs dans leur propre système en transparence par-dessus leurs données : « J'aime mieux aller chercher les infos et continuer avec le système qu'on a. » Pour réaliser ces projections, les utilisateurs doivent pouvoir modifier les couleurs et la transparence des cartes pour être en mesure de bien visualiser les informations : « C'est pratique pour faire des requêtes s'il y a des vulnérabilités, par exemple. » En téléchargeant les données, « on peut faire une requête pour identifier les propriétaires dans une zone particulière, ça serait important d'y avoir accès ». Il est aussi souhaité par les participants d'exploiter les données de l'atlas pour des opérations d'analyse spatiale dans leur logiciel. Les logiciels tels qu'*ArcGIS*, *JMap*, et *QGIS* sont utilisés par eux. En général, l'ensemble des formats sont compatibles d'un logiciel à l'autre. Des *plug-ins* (modules d'extension) peuvent être utiles si des personnes n'ayant pas les logiciels nécessaires souhaitent le consulter. En ce qui a trait à l'implantation d'un *Web Map Service* (WMS) ou d'un autre moyen pour obtenir des cartes de données géoréférencées et les afficher à partir de leurs systèmes vers l'atlas, c'est aussi une fonction attirante. Ce peut être pratique si d'autres services des municipalités et des MRC veulent utiliser l'atlas : « Comme les services d'urgence et les directeurs incendies pourraient souhaiter consulter l'atlas, il y aurait sans doute des données qu'ils aimeraient ajouter, puisqu'ils n'ont pas accès à autre chose. »

2.5 Conclusion et recommandations

L'atlas se voit comme un outil de planification et de sensibilisation. Les participants mentionnent un besoin de documentation pour appuyer leur travail et faciliter la prise de décision. Néanmoins, pour être utile et utilisé, l'atlas doit demeurer facile d'utilisation et de compréhension. De nombreuses données sont souhaitées à l'échelle la plus précise possible. Les aménagistes souhaitent ainsi avoir accès à des nouvelles données qu'ils n'ont pas déjà. De nos jours, une version accessible par différents médias numériques est souhaitable, voire essentielle. Les calculs des distances, des superficies et la création de zones tampons sont des fonctions à préconiser. Ces fonctions doivent être facilement modifiables par les utilisateurs et une fonction de dessin est impérative. Les statistiques de base et des graphiques synthèses ont leur place dans cet atlas. L'exportation des données sous les formats *Excel*, *Word*, *JPG*, ainsi qu'une copie du lien *URL* permettrait d'optimiser l'utilisation et le partage des informations. Enfin, l'importation et l'exportation des données d'un logiciel à l'autre favoriseraient l'utilisation et pourraient contribuer à améliorer la pratique des aménagistes.

3. Construction et cartographie des indices de vulnérabilité aux aléas climatiques

3.1 Introduction

Suite aux analyses des préoccupations et des besoins des utilisateurs potentiels de cet outil, ce troisième chapitre consiste à présenter la construction et, ultimement, la cartographie des indices de vulnérabilité face aux vagues de chaleur et aux aléas hydrométéorologiques pour le Québec municipalisé. La création d'indicateurs géographiques de vulnérabilité s'avère fort utile pour analyser les impacts sur la santé (mentale, physique, sanitaire, etc.) et la sécurité (bâtiments, infrastructures, conditions sociales, etc.) des communautés (Morin, 2008; Tairou *et al.*, 2011). Or, à notre connaissance, il n'existe pas de tels indicateurs de vulnérabilité face aux événements météorologiques extrêmes à l'échelle des municipalités québécoises, bien que certaines études provenant d'autres régions aient traité de la vulnérabilité sociale par rapport aux événements extrêmes climatiques (Cutter *et al.*, 2003; Cutter et Finch, 2008; Thomas *et al.*, 2012).

Ce chapitre est divisé en six sections. Premièrement, les objectifs. Deuxièmement, une section portant sur le cadre conceptuel et la revue de la littérature concernant les différents concepts du projet. Troisièmement, une section portant sur la méthodologie et, plus particulièrement, sur la sélection des indicateurs et la création des indices. Quatrièmement, il sera question des résultats. Cinquièmement, une section portant sur l'analyse et la discussion, et plus précisément sur la validation des résultats. Finalement, une dernière section présente la conclusion ainsi que les recommandations.

3.2 Objectifs

L'objectif principal est de construire et de cartographier la vulnérabilité aux aléas hydrométéorologiques et aux vagues de chaleur à l'échelle du Québec municipalisé. Pour ce faire, quatre objectifs spécifiques ont été identifiés :

- Définir le concept de vulnérabilité et la théorie rattachée à celle-ci;
- Développer une méthodologie permettant de sélectionner et de construire des indicateurs de vulnérabilité aux aléas hydrométéorologiques et aux vagues de chaleur;

- Cartographier et catégoriser la vulnérabilité aux aléas hydrométéorologiques et aux vagues de chaleur à l'échelle du Québec municipalisé;
- Valider les résultats.

3.3 Cadre conceptuel et revue de la littérature

Le projet nécessite au préalable une réflexion sur le sens des concepts utilisés, mais plus particulièrement en lien avec ce chapitre. La vulnérabilité est un concept complexe, qui nécessite des choix épistémologiques. Tout d'abord, cette section débute par un bref historique sur l'émergence du concept de vulnérabilité, le tout mis en parallèle avec le concept de risque. Par la suite, il est question des divers concepts qui sous-tendent celui de la vulnérabilité pour, finalement, préciser le positionnement retenu dans le cadre de cette étude.

3.3.1 Émergence du concept de vulnérabilité

L'émergence du concept de vulnérabilité sur la scène scientifique est à rapprocher de celle du risque (Magnan, 2009). Les naturalistes ont été les premiers à s'être intéressés au risque à cause de la nature même des catastrophes naturelles (éruptions volcaniques, tremblements de terre, cyclones, etc.). D'autres scientifiques se sont progressivement intéressés aux aspects sociaux. Dans les années 1930, les géographes, les acteurs opérationnels et les politiques ont développé des approches dites « naturalistes » des risques naturels. L'approche du paradigme physique partait de l'idée que les conséquences d'une catastrophe étaient à rechercher en premier dans les caractéristiques physiques du processus d'impact et celles de la perturbation. Face aux catastrophes, les solutions d'atténuation proposées reposaient essentiellement sur des ouvrages techniques (ex. : digues pour la protection contre les inondations) (Glatron, 2009).

Cependant, déjà dans les années 1940, il y avait eu des recherches considérables sur les aspects humains des catastrophes, notamment avec les travaux de Gilbert White de l'école de Chicago en 1945, et autour du concept d'écologie humaine. Ces recherches visaient la compréhension de l'occupation humaine de zones à risque, la gamme de rajustements sociaux disponibles pour réduire les impacts, et l'acceptation sociale – ou, à tout le moins, la tolérance aux risques associés à l'exposition de vies humaines et de leurs moyens d'existence (Cutter *et al.*, 2009). À partir du

milieu des années 1970, certains spécialistes de la géographie sociale, tels que Robert Kate et Ian Burton, ont introduit le problème des actions humaines. L'article d'O'Keefe *et al.* (1976), intitulé *Taking the Naturalness out of Natural Disasters* a focalisé l'attention sur les déterminants humains de la vulnérabilité. De même, en 1978, Burton, Kates et White ont introduit dans le débat sur les risques naturels, la question de savoir comment les personnes choisissent le niveau de risque qui leur paraît acceptable (Burton *et al.*, 1978). L'approche du paradigme physique a donc prévalu pendant quelques décennies avant de céder la place à l'approche humaine, ou paradigme structurel, avec la formule classique :

$$\text{Risque} = \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}$$

Cette approche s'est cependant révélée insatisfaisante, car elle ne permettait pas d'expliquer pourquoi des groupes d'une même population subissaient d'une façon variable les impacts d'une même perturbation. Le développement conceptuel suivant est celui du *hazard-of-place*, un mélange de l'approche du risque et de l'écologie politique. Il a été formulé en 1996 (Cutter, 1996) que la vulnérabilité biophysique (l'exposition) interagit avec la vulnérabilité sociale afin de déterminer de façon globale les fardeaux sociaux différentiels du risque et de comprendre comment cette relation évolue dans le temps et l'espace. Certains désignent cette approche comme celle du « paradigme de la réciprocité » ou « paradigme complexe » (Magnan 2009). Toutefois, ce paradigme a considérablement compliqué l'identification de stratégies pour faire baisser les risques (Wisner, 2004), en faisant accroître le nombre et la nature des variables à considérer. De façon concrète, si, dans un premier temps, les impacts d'une perturbation sont directs (pertes humaines, dégradations diverses, etc.), ceux-ci peuvent s'étaler dans le temps selon le principe de l'effet domino (Dauphiné et Provitolo, 2007; Provitolo 2005), prolongeant alors la durée de vie de la catastrophe. De plus, une critique majeure a été faite à l'encontre de cette conceptualisation du risque : il s'agit de l'échec de ce paradigme à comprendre les causes premières de la vulnérabilité sociale et à prendre en compte d'autres contextes, plus grands, dans lesquels cette vulnérabilité existe (Cutter *et al.*, 2009).

Finalement, c'est le cadre de vulnérabilité/durabilité proposé par Turner *et al.* (2003), qui fournit une conceptualisation alternative de la vulnérabilité aux changements globaux. Ce cadre localise

les fragilités locales dans de plus grands contextes qui influencent des processus opérant souvent à une échelle régionale, voire globale. La vulnérabilité d'un système y est présentée comme le résultat de la sensibilité, de l'exposition et de la capacité d'adaptation du système, et ces trois éléments dérivent des interactions entre les composantes sociales et environnementales du système. Birkmann (2007) propose quant à lui une conceptualisation de la vulnérabilité comme une suite englobante qui s'est complexifiée avec l'évolution de la compréhension du concept (Figure 24). Sa classification « en poupées russes » peut être présentée comme suit :

1. Vulnérabilité comme facteur de risque interne : les causes de la vulnérabilité sont à identifier dans les caractéristiques du système ou de l'élément vulnérable.
2. Vulnérabilité comme facteur de risque externe : les causes de la vulnérabilité sont à rechercher dans les caractéristiques de la catastrophe.
3. Vulnérabilité considérée comme un concept dualistique entre les caractéristiques de la catastrophe et celles du système ou de l'élément.
4. Vulnérabilité, concept multidimensionnel : exposition, sensibilité, capacité à faire face et capacité d'adaptation.
5. Vulnérabilité comme résultante de la combinaison de facteurs (ou de fonctionnalités) physiques, économiques, sociaux environnementaux et institutionnels, à diverses échelles de temps et d'espace.

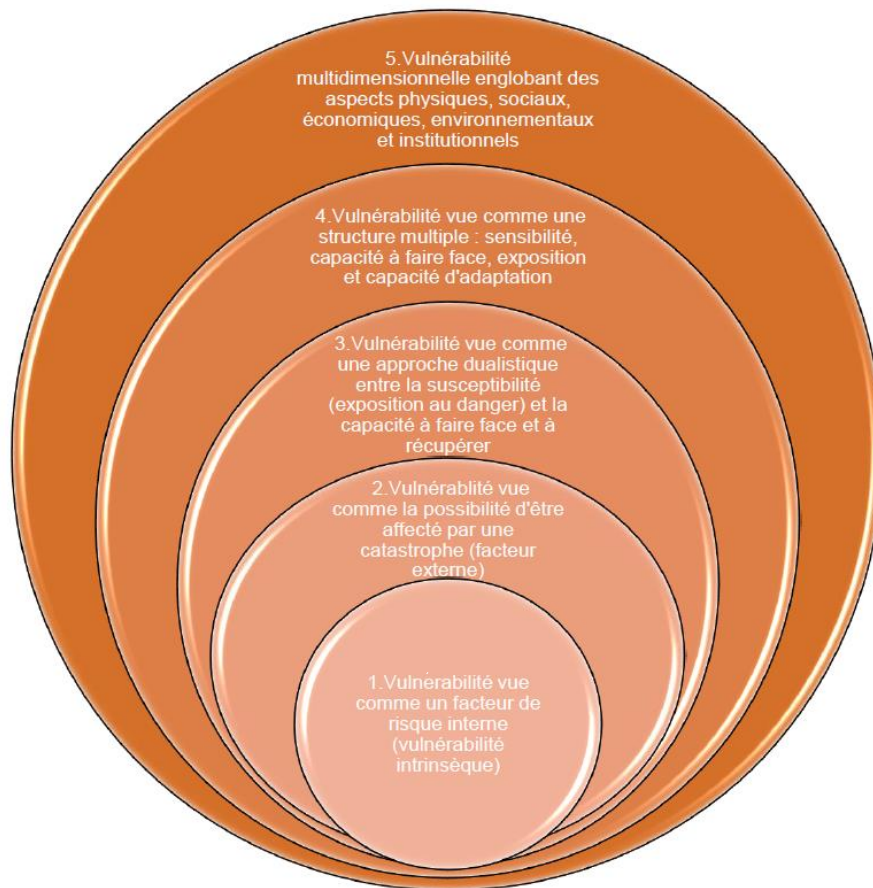


Figure 24 : Classification en poupées russes des différents types de vulnérabilité (traduction libre à partir de Birkmann, 2007)

3.3.2 Aléas, dommages, effets sanitaires et risques

3.3.2.1 Aléas

Selon le GIEC (2014), un aléa est le potentiel d'occurrence d'un événement naturel ou d'origine anthropique, d'une tendance ou d'un impact physique qui peut causer une perte de vie, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, aussi bien que des dommages et des pertes de propriétés, d'infrastructures, de moyens de subsistance, de service d'approvisionnement, d'écosystèmes et de ressources environnementales. Selon le MSP, un aléa est « [un] phénomène, [une] manifestation physique ou [une] activité humaine susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement » (Morin, 2008, p.6). Cette définition met

l'accent sur la notion de probabilité; en d'autres termes l'aléa n'est pas la catastrophe en elle-même, mais plutôt la probabilité de survenance de cette catastrophe et de ses effets (Morin, 2008). Les Nations Unies citées par Füssel (2007) définissent l'aléa comme un événement potentiellement dommageable (physique), un phénomène ou une activité humaine pouvant causer la perte de vie ou des blessures, des propriétés endommagées, une perturbation sociale et économique ou une dégradation environnementale. Dans cette définition, on retrouve la notion de « potentiel », qui réfère à la notion de probabilité. Elle est assez semblable à la précédente : les deux mettent l'accent sur les dommages potentiels, tant sur l'environnement, les biens (physiques), les individus que sur la société (aspect économique et social). Füssel (2007) précise qu'un aléa est généralement externe au système à l'étude, mais ce n'est pas toujours le cas. Par exemple, une communauté peut être menacée par un aléa lié à des décisions d'affaires hasardeuses (les crises économiques en sont une bonne illustration), ou par des pratiques non durables de gestion des terres (l'installation d'habitations humaines dans des zones non propices, par exemple). Turner *et al.* (2003), cité par Füssel (2007), distinguent les perturbations des sources de stress. Les perturbations sont discrètes tandis qu'un stress est continu. Dans le même sens, Morin (2008) affirme que les aléas peuvent être soudains (comme une avalanche) ou progressifs (comme une sécheresse), ou prendre la forme de conditions latentes ou lentement évolutives (une pollution, par exemple).

De toutes les caractéristiques d'un aléa, les plus utilisées pour estimer son importance sont le type, l'intensité, la probabilité d'occurrence et la localisation spatiale de l'aléa. Le type indique la nature même de l'aléa (Morin, 2008). Dans le cas d'une inondation, par exemple, il peut s'agir d'inondation par ruissellement (dans les villes où les sols sont imperméabilisés, empêchant ainsi l'infiltration) ou par débordement d'un cours d'eau. L'intensité caractérise la force même de l'aléa. Un ouragan de type 1 (vitesse de vent entre 118 et 158 km/h selon l'échelle de Saffir-Simpson) est moins fort en intensité qu'un ouragan de type 5 (vitesse de vent supérieure à 249 km/h) par exemple. La probabilité d'occurrence est le « degré de vraisemblance associé à la manifestation d'un aléa d'une intensité donnée » (Morin, 2008, p. 43). Elle peut s'exprimer de façon qualitative ou quantitative. La localisation spatiale fait référence à la distribution géographique (étendue) de l'aléa et de ses effets (une chute de météorite est plus localisée qu'une pandémie, par exemple) (Beaulieu *et al.*, 2015).

De plus, la manifestation d'un aléa (primaire) est souvent à l'origine d'un ou de plusieurs autres aléas (secondaires). Ils peuvent interagir entre eux et peuvent potentiellement créer des dommages considérables. Par exemple, le séisme ayant eu lieu en 2011 au Japon a provoqué un tsunami qui a touché la centrale nucléaire de Fukushima, ce qui a failli déclencher une catastrophe nucléaire. On parle alors d'aléa simple et d'aléas combinés, ou d'aléas primaires et secondaires, ou encore d'effets domino (particulièrement pour les aléas d'origine technologique). Ces aléas secondaires peuvent générer, potentiellement, plus de dommages pour la collectivité touchée que ceux engendrés par l'aléa primaire ou initial (Beaulieu *et al.*, 2015).

3.3.2.2. Catastrophes, dommages et effets sanitaires

Si l'aléa est le potentiel, la catastrophe en est la manifestation. Ainsi, le GIEC (2012) définit la catastrophe comme étant un changement grave dans le fonctionnement normal d'une communauté, ou d'une société, en raison d'événements physiques dangereux qui interagissent avec des conditions sociales vulnérables, entraînant des effets indésirables sur les plans humain, matériel, économique ou environnemental; ces changements graves nécessitent une intervention d'urgence immédiate pour satisfaire les besoins humains essentiels et peuvent nécessiter un soutien externe pour la récupération. Pour Ouranos (2010), il s'agit d'un événement de grande ampleur, avec des conséquences très élevées : c'est la catégorie la plus grave du niveau de risque. Morin (2008), quant à lui, définit la catastrophe comme étant une situation perturbant fortement le fonctionnement normal d'une société ou d'une communauté, et où l'on observe, des pertes de vie, et des pertes économiques, matérielles ou environnementales importantes. De plus, le milieu affecté n'est pas en mesure de faire face aux conditions et aux conséquences découlant de la manifestation du ou des aléas, avec les ressources et les capacités dont il dispose. Le dommage ou la conséquence découle donc de la manifestation d'un aléa et peut concerner les biens, les populations et les autres éléments d'un milieu touché (Morin 2008). Il existe différents types et degrés de dommage, selon la vulnérabilité et le degré d'exposition. Parmi les dommages pouvant être causés par une catastrophe, l'un de ceux qui peuvent affecter les populations les plus vulnérables est les effets sanitaires. Les effets sanitaires d'une catastrophe sont définis comme des indicateurs qui mesurent les effets directs et indirects des phénomènes météorologiques sur la santé humaine (Tairou *et al.*, 2011).

Si l'on considère les aléas hydrométéorologiques, l'un des deux aléas ciblés par le projet, les effets directs des fortes pluies et des inondations peuvent être des blessures et des décès par noyade. Les effets indirects sont les maladies infectieuses telles que les conjonctivites et dermatites provoquées par les contaminants présents dans l'eau, les gastro-entérites causées par la contamination microbiologique des sources d'eau potable et les problèmes respiratoires dus à la présence de moisissures (Bourque et Simonet 2008). Dans le cas des vagues de chaleur, autre aléa ciblé par le projet, les effets directs peuvent aller d'une grande faiblesse aux troubles de la conscience, à des syncopes et à des coups de chaleur pouvant être mortels. Indirectement, la chaleur peut aggraver des pathologies chroniques telles que le diabète, l'insuffisance rénale et l'insuffisance cardio-respiratoire. De plus, l'ensoleillement accompagnant généralement les températures très élevées contribue de façon notoire à la formation de l'ozone troposphérique, un gaz nuisible à la santé humaine en milieux urbains. Ce gaz peut provoquer l'irritation des yeux et des voies respiratoires, une aggravation des maladies cardiaques ou des voies respiratoires, une réduction des fonctions respiratoires et même une mort prématurée (Giguère et Gosselin, 2005).

3.3.2.3 Risque

Selon le MSP, le risque est une combinaison de la probabilité d'occurrence d'un aléa et de ses conséquences potentielles sur les éléments vulnérables d'un milieu donné (Morin, 2008). Cela implique deux éléments fondamentaux. Dans un premier temps, il y a la possibilité que se produise un phénomène ou un événement susceptible de causer des dommages (inondation, sécheresse, etc.) à un endroit donné. Ensuite, il faut qu'à l'endroit, ou dans le milieu où se manifeste le phénomène ou l'événement, il y ait la présence de personnes, de bâtiments, de biens essentiels ou d'activités exposés et vulnérables à la manifestation de l'aléa. Le terme « risque » correspond à la « probabilité de conséquences néfastes ou la perte attendue (vies, personnes blessées, dommages aux propriétés ou à l'environnement, problèmes avec les moyens d'existence ou activités économiques) » (UNESCO-WWAP, 2003, cité par Beaulieu *et al.*, 2015 p. 3).

Même s'il y a souvent une confusion dans l'usage du terme (souvent assimilé à l'aléa), c'est surtout dans la façon d'emboîter certains concepts (du risque) les uns dans les autres qu'il y a le

plus de divergences. Parfois, le risque est considéré comme découlant de la combinaison de la probabilité d'occurrence de l'aléa et de la vulnérabilité (Morin, 2008), ou de l'aléa, de la vulnérabilité et de l'exposition (GIEC, 2014). Dans son rapport spécial sur la gestion des risques d'événements extrêmes de 2012, le GIEC explique que le risque est dû à un manque de préparation (la vulnérabilité), aux populations et biens menacés (l'exposition), le tout associé à l'apparition de phénomènes climatiques ou de tendances (les aléas). Il est produit par la combinaison de processus sociaux et de leurs interactions avec l'environnement.

L'exposition est nécessaire, mais pas suffisante, pour déterminer le risque, car on peut être exposé sans être vulnérable (par exemple installer des habitations dans une zone inondable tout en prenant les dispositions pour modifier la structure des bâtiments et les comportements afin de minimiser les dommages potentiels). Cependant, pour être vulnérable à un événement extrême, il faut y être exposé (GIEC, 2012). La planification territoriale est donc un élément clé dans la réduction du risque, car autant l'environnement met à la disposition des sociétés des ressources pour leur développement, autant il peut les exposer à des aléas. Et là où il est impossible d'éviter d'être exposé, la planification et les décisions prises pour la localisation des personnes et infrastructures peuvent être accompagnées par des méthodes structurelles et non structurelles pour prévenir ou diminuer le risque (GIEC, 2012).

En résumé, le risque est une probabilité de dommage fait à des éléments exposés et vulnérables. Ces éléments peuvent être des biens matériels et physiques, une population ou tout élément essentiel. Le dommage est une conséquence de la manifestation d'un aléa (une catastrophe), dont l'ampleur interagit avec le niveau de vulnérabilité des éléments exposés pour provoquer des dommages de diverses natures et différents degrés. Le risque est donc le point de rencontre de l'aléa, de l'exposition et de la vulnérabilité (Figure 25). Dans les sections suivantes, nous ferons le point sur les définitions de l'exposition et de la vulnérabilité, les deux autres composantes du risque.

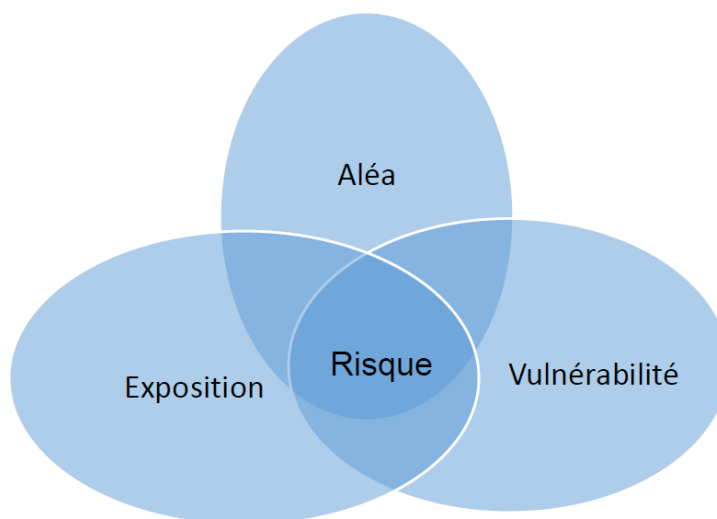


Figure 25 : Les composantes du risque

3.3.3 Exposition

Pour le GIEC (2014), l'exposition est liée à la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de ressources et de services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu susceptible de subir des dommages (dus aux changements climatiques et à leurs impacts). Dans le domaine de la sécurité publique, l'exposition est définie comme la « situation par laquelle sont mis en relation, dans un milieu donné, un aléa potentiel et les éléments pouvant être soumis à sa manifestation. On comprend ainsi que c'est par l'exposition que s'exerce l'interaction entre un aléa potentiel et la vulnérabilité du milieu à son égard » (Morin, 2008, p. 9). Pour d'autres auteurs, l'exposition réfère à la valeur du lieu où se manifeste un aléa. La valeur est liée aux biens, aux infrastructures, aux personnes et à l'héritage culturel. C'est la prédisposition du système à être perturbé (Balica *et al.*, 2012). Pour Burton et Cutter (2008), l'exposition est une mesure du risque directement liée à la proximité de l'aléa et des caractéristiques environnementales à un endroit spécifique. Ces différentes définitions établissent l'exposition comme le point de rencontre entre l'aléa qui se manifeste (ses caractéristiques) et les éléments pouvant être affectés. Ces derniers peuvent être tangibles (biens, services, infrastructures, individus, etc.) ou intangibles (la cohésion sociale d'une communauté, les réputations et les occasions d'affaires) (Morin, 2008). Le degré d'exposition est défini comme l'importance de l'exposition à un aléa et à ses effets. Trois facteurs

caractérisent l'exposition : le nombre et la concentration d'éléments exposés à la manifestation d'un aléa, la proximité du point d'origine de l'aléa et la durée de l'exposition à l'aléa (Morin, 2008).

3.3.4 Vulnérabilité

Dans la littérature, il y a eu plusieurs tentatives pour définir la vulnérabilité (Tableau 4). Celle-ci est définie comme la capacité de subir des dommages en raison de la manifestation d'un aléa. Dans le domaine des changements climatiques, un système est vulnérable lorsqu'il est sensible ou incapable de faire face aux effets néfastes des changements climatiques. En santé, c'est la somme des risques et facteurs de protection qui détermine si les changements climatiques ont des impacts négatifs sur la santé d'une population ou d'une région. La vulnérabilité est fonction du caractère, de la magnitude ou du taux d'évolution des changements climatiques, autant que du degré auquel un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation (Bao *et al.*, 2015).

Tableau 4 : Définitions de la vulnérabilité

Vulnérabilité	Définition	Discipline concernée
GIEC, 2007	« Le degré de capacité d'un système de faire face ou non aux effets néfastes du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les extrêmes). La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme de l'évolution climatique, des variations auxquelles le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation. »	Générale, mais axée sur les changements climatiques
Burton et Cutter, 2008	La vulnérabilité prend en compte la possibilité de perte et inclut une combinaison de facteurs qui détermine le degré de risque d'une personne ou d'une communauté face à un événement en particulier.	Générale
Morin, 2008	Une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages.	Sécurité publique
Balica <i>et al.</i> , 2010	Trois facteurs contribuent à la vulnérabilité. Ce sont l'exposition, la susceptibilité et la résilience. De plus, la vulnérabilité se divise en quatre composantes : sociale, économique, environnementale et physique.	Axée sur les inondations
GIEC, 2014	La propension ou la prédisposition à subir des dommages. La vulnérabilité englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter.	Générale, mais axée sur les changements climatiques
Ouranos, 2015	Propension ou prédisposition à subir des dommages. La vulnérabilité englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité, et l'incapacité de faire face et de s'adapter.	Reprend la définition du GIEC, 2014
ADEME, 2013	La vulnérabilité est une condition qui résulte de facteurs physiques, économiques, sociaux ou environnementaux, et qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa, à en subir des préjudices ou des dommages.	Générale

Pour Burton et Cutter (2008), il s'agit d'une combinaison de facteurs qui détermine le degré de risque sur la vie ou les moyens de subsistance d'une personne face à un événement en particulier. Les facteurs influençant la vulnérabilité sont : la richesse, le genre, la race, la classe, l'histoire, auxquels on peut ajouter l'organisation sociopolitique, qui influence la distribution des dommages et de la mortalité, ainsi que l'habileté de la communauté à se reconstruire après un désastre. Ces facteurs induisent des variations de la vulnérabilité dans une communauté ou entre les communautés (Burton et Cutter, 2008). Morin (2008) affirme que la vulnérabilité est une « une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages » (p. 44). Il en est de même pour l'ADEME (2013). Pour Balica et Wright (2010), les facteurs influençant la vulnérabilité sont l'exposition, la sensibilité, la résilience; et la vulnérabilité, laquelle peut être divisée en quatre composantes : sociale, économique, environnementale et physique. La composante sociale inclut les indicateurs qui décrivent le contexte, les capacités, les outils, les savoirs, les valeurs, les croyances, et les comportements des individus, des organisations et des communautés à différentes échelles. La composante économique comprend les revenus et la richesse dans la région d'étude, et ses indicateurs donnent de l'information sur la capacité de production et de distribution des biens et services pouvant être exposés. La composante environnementale inclut les indicateurs se référant aux dommages à l'environnement causés par la catastrophe naturelle, ou par les interférences humaines pouvant augmenter les conséquences dans certaines régions (telles que l'industrialisation de l'agriculture, l'urbanisation ou la déforestation). Enfin, la composante physique correspond à la manière avec laquelle les conditions physiques (naturelles ou créées par l'action humaine) peuvent influencer la vulnérabilité de certaines régions. Il s'agit par exemple de la topographie, de la proximité d'une rivière, etc.

Giupponi *et al.* (2013) définissent la vulnérabilité comme la prédisposition (ou la propension) d'un système à être défavorablement affecté par un agent « stresser » spécifique. Plus spécifiquement, c'est le degré auquel un système socio-environnemental est susceptible d'être affecté, ou est incapable de faire face aux effets négatifs des changements climatiques. Dans son dernier rapport, le GIEC (2014) considère la vulnérabilité comme « la propension ou la

prédisposition à subir des dommages. La vulnérabilité englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter » (p. 5). Le GIEC distingue la capacité à faire face (*coping*) de la capacité à s'adapter. La vulnérabilité est donc composée de trois dimensions : la sensibilité/fragilité, la capacité (incapacité) à faire face et la capacité (incapacité) à s'adapter. Pour Beaulieu *et al.* (2015) l'utilité du concept de vulnérabilité est de permettre la mise en évidence des différences et des variations entre des lieux géographiques ou des groupes de personnes afin de décider où et avec qui intervenir en priorité, par exemple. Des variations dans le temps permettront, par exemple, de juger de l'efficacité d'une démarche d'adaptation, de voir si elle contribue à réduire la vulnérabilité comparativement à ce qu'elle a été dans le passé. Dans le même ordre d'idées, selon le GIEC (2012), la vulnérabilité, dans un contexte de gestion des risques de désastres, est décrite comme un ensemble de conditions dérivant des contextes historique, culturel, social, environnemental, politique et économique. C'est la manifestation la plus palpable de la construction sociale du risque. Cette notion stipule qu'une société, dans ses interactions avec un monde ou un environnement physique changeant, construit le risque de désastres en transformant des événements physiques en aléas de différentes intensités ou magnitudes, à travers un processus social qui augmente ou diminue l'exposition et la vulnérabilité des groupes de population, de leurs moyens de subsistance, de leur production et de leurs infrastructures et services. Et cela inclut la manière dont : 1) les actions humaines influencent l'exposition et la vulnérabilité face à différents événements physiques, 2) les interventions humaines augmentent les niveaux de dommages potentiels des aléas ou mènent à la création de nouveaux aléas et 3) les perceptions, la compréhension et l'assimilation des facteurs du risque influencent les réactions sociétales, les priorités et les processus de prise de décisions. La vulnérabilité inclut les caractéristiques d'une personne, ou d'un groupe, et celles de leur situation, qui influencent leur capacité à anticiper, faire face à, résister à et à récupérer d'un événement physique (GIEC, 2012).

Malgré la multitude de cadres conceptuels proposés pour la vulnérabilité, deux composantes communes peuvent être retrouvées tant dans le domaine de la gestion des risques de désastres que dans celui de l'adaptation aux changements climatiques : la susceptibilité/fragilité ou

sensibilité, et le manque de capacité. Dans les deux sections suivantes, nous présentons une brève revue de littérature sur ces deux composantes.

3.3.4.1 Sensibilité

Pour le GIEC (2014), la sensibilité est le degré auquel un système ou une espèce est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques. Les effets peuvent être directs (ex. : la modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (ex. : les dommages causés par une augmentation de fréquence des inondations côtières en raison d'une élévation du niveau de la mer). Dans le domaine de la sécurité publique, la sensibilité est la proportion dans laquelle un élément exposé, une organisation ou une collectivité peut être affecté par la manifestation d'un aléa (Morin, 2008). Pour d'autres auteurs, elle prend en compte les éléments exposés à l'aléa, faisant en sorte d'augmenter ou de diminuer la probabilité des dommages provoqués par la manifestation de l'aléa (Balica et Wright, 2010). L'ADEME (2013), quant à eux, définissent la sensibilité comme une condition intrinsèque d'un élément (collectivité, organisation, etc.) le rendant particulièrement vulnérable et se traduisant par une propension à être affecté, défavorablement ou favorablement, par la manifestation d'un aléa. Pour Séguin et Bélanger (2008), la sensibilité est le « degré auquel un système est influencé, favorablement ou défavorablement, par des stimuli liés au climat » (tiré de Adger *et al.*, 2003, p.28). Selon eux, dans le domaine de la santé et des changements climatiques, la sensibilité des personnes et des populations peut être influencée par une série de déterminants de la santé, tels que le statut socioéconomique, la disposition biologique et génétique, la disponibilité des services de santé, et le genre et les pratiques personnelles de santé (Séguin et Bélanger, 2008).

De l'ensemble de ces définitions, on peut retenir que la sensibilité se réfère aux caractéristiques des éléments exposés à un aléa. Ces caractéristiques influencent la manière dont ces éléments sont affectés pendant et après la manifestation de l'aléa. Elles peuvent augmenter la probabilité des dommages dus à l'aléa ou, au contraire, la diminuer. Ces caractéristiques peuvent être internes (dispositions génétiques ou statut socioéconomique d'un individu, par exemple) ou externes (à l'échelle d'un individu, il peut s'agir de l'accès à des services de santé ou de la disponibilité des services d'urgence en cas de catastrophes, etc.) à l'élément exposé. Selon Morin

(2008), la sensibilité est l'élément le plus important, parlant de la vulnérabilité en ce sens qu'un élément exposé ne sera pas affecté lors de la manifestation de l'aléa, s'il n'y est pas sensible, et ce, même si son degré d'exposition est élevé et qu'il a une grande valeur ou une grande importance pour la communauté. La sensibilité prime donc sur les autres aspects pour l'établissement ou l'évaluation de la vulnérabilité et, de ce fait, prime sur les autres déterminants de la vulnérabilité.

3.3.4.2 Capacité, adaptation, capacité d'adaptation et capacité à faire face

Le GIEC parle avant tout de capacité. La capacité fait référence à la combinaison de toutes les forces, tous les attributs et toutes les ressources disponibles au niveau d'un individu, d'une communauté, d'une société ou d'une organisation et pouvant être utilisés pour atteindre des objectifs donnés. Cela inclut les conditions et caractéristiques qui permettent l'accès et l'usage de ressources économiques, sociales, psychologiques, culturelles et naturelles. Cela inclut aussi l'accès nécessaire à l'information et aux institutions de gouvernance pour réduire la vulnérabilité et gérer les conséquences d'une catastrophe. La capacité d'adaptation comprend un usage spécifique de la capacité, tout comme la capacité à faire face (GIEC, 2012). Dans la définition du GIEC, on distingue donc la capacité à faire face de la capacité d'adaptation (Tableau 5). Ainsi pour le GIEC, « la vulnérabilité englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter » (p. 5). La capacité d'adaptation est l'habileté du système, des institutions, des humains et autres organismes à s'ajuster aux dommages potentiels et à tirer profit des opportunités ou à répondre aux conséquences. La capacité à faire face est l'habileté des personnes, des institutions et des organisations et des systèmes, utilisant les outils, valeurs, croyances, ressources et opportunités pour corriger, gérer et surmonter des conditions difficiles à court et moyen terme (GIEC, 2014). Dans le dernier rapport du GIEC (2014), l'adaptation est définie comme la démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Pour les systèmes humains, il s'agit d'atténuer les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Pour les systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu et à ses conséquences.

L'adaptation est une démarche, donc un ensemble d'actions ou de mesures à mettre en œuvre, tandis que la capacité se réfère au potentiel à faire face et à s'ajuster. On retrouve cela dans les définitions de divers auteurs, comme on peut le constater dans les paragraphes suivants. L'adaptation inclut les actions de protection contre les inondations avant l'événement, lors de la catastrophe (réponse) et lors du rétablissement (Mortsch et Hebb, 2008). Cette définition indique clairement qu'il s'agit des actions mises en œuvre. Il est de même de celle de Füssel (2007) pour qui l'adaptation modère les effets indésirables des changements climatiques grâce à une variété d'actions ciblées sur la vulnérabilité du système et de la population.

Pour en revenir à la capacité, Morin (2008, p. 10) en parle également : c'est la « somme ou combinaison de toutes les forces et ressources disponibles au sein d'une collectivité, d'une société ou d'une organisation qui peuvent concourir à la réduction des risques ou des conséquences découlant de la manifestation d'un aléa ». Cette définition est plus en lien avec la sécurité publique. Dans sa définition de la capacité, le GIEC met l'accent sur différents niveaux : l'ensemble du système, les institutions et les individus, et les autres organismes. Pour ce qui est des effets, la capacité doit permettre à la fois de modérer les éventuels dommages, de gérer les impacts, de tirer parti des opportunités et, par conséquent, de mieux se préparer. Pour d'autres auteurs, la capacité d'adaptation englobe, à la fois, des qualités intrinsèques du territoire étudié et la possibilité d'envisager et d'adopter des stratégies et mesures destinées à réduire les impacts des changements climatiques (ADEME, 2013). Pour Giupponi *et al.* (2013) la capacité d'adaptation représente l'habileté de planifier, préparer et implanter les mesures d'adaptations (aux changements climatiques). C'est l'habileté d'un système à s'ajuster aux changements climatiques (incluant les variabilités climatiques et les extrêmes), à planifier, à se préparer et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation pour modérer les dommages potentiels, tirer profit des opportunités ou faire face aux conséquences. Cette définition met l'accent sur la capacité d'adaptation avant (planifier, se préparer), pendant (modérer les dommages) et après la catastrophe (tirer profit des opportunités et faire face aux conséquences) (Giupponi *et al.*, 2013). Cela rejoint la définition du GIEC, selon laquelle la capacité à faire face est la capacité à réduire ou modérer les dommages, tandis que la capacité à s'adapter permet de planifier, se préparer, tirer profit des opportunités et gérer les conséquences.

Tableau 5 : Différences entre faire face et s'adapter

Dimension	Faire face	S'adapter
Exigence	Survie après un stress immédiat, inhabituel.	Réorientation en réponse à un changement d'un passé récent ou d'un futur anticipé.
Contrainte	Les tactiques sont limitées par le savoir, l'expérience et les atouts disponibles, la récupération après l'aléa est une préoccupation secondaire.	Les stratégies sont moins contraintes par les limites actuelles que par les hypothèses concernant la disponibilité des ressources et les tendances futures.
Réactivité	Les décisions sont avant toute tactique et prise avec l'objectif de préserver le bien-être de base et la sécurité après la survenue d'un événement.	Les décisions sont stratégiques et l'accent est mis sur l'anticipation des changements et la recherche de solution, de façon proactive.
Orientation	L'accent est mis sur les événements passés qui forment les conditions et limitations actuelles, par extension, l'accent est aussi mis sur les tactiques passées ayant eu du succès.	L'accent est mis sur les conditions et stratégies futures, les tactiques passées sont importantes dans la mesure où elles pourraient faciliter l'ajustement, encore que certains experts pensent que les orientations passées et futures peuvent se chevaucher et se mélanger.

En résumé, faire face fait référence à ce qui est immédiat, à court et moyen terme. On pourrait dire que faire face, c'est survivre à l'événement ou à l'aléa qui se manifeste, tandis que s'adapter vise le futur, des actions sur le long terme. En d'autres termes, s'adapter c'est tirer leçon et trouver de nouvelles manières de faire pour non seulement gérer les conséquences, mais aussi pour anticiper les prochaines manifestations de l'aléa. Par exemple, une communauté ne peut pas s'adapter à une tempête, elle doit y faire face en se servant des ressources disponibles. Sa capacité à faire face est donc fonction des ressources disponibles au moment de la tempête. Cependant, à force de faire face, sans un temps adéquat pour récupérer, une communauté peut se retrouver

avec une faible capacité à faire face (des ressources amoindries à force d'être utilisées de façon répétitive). De plus, une communauté forcée à faire face de façon répétitive à des catastrophes ou des changements, n'aura pas assez de ressources à consacrer à son adaptation et sera de plus en plus vulnérable. En effet, l'adaptation permet de faire baisser le besoin de faire face grâce à la capacité d'adaptation de la communauté, c'est-à-dire, grâce aux ressources disponibles pour planifier, préparer et implanter des mesures d'adaptation. Pour s'adapter, il est donc important de tirer des leçons des événements qui se présentent, et de la manière avec laquelle ils ont été gérés, afin de faire face aux conséquences et de mieux se préparer en cas de nouvelles menaces ou de nouveaux changements.

3.3.5 Terminologies retenues autour des différents concepts

Il est important de définir clairement ce que ce projet entend par « vulnérabilité », de même que les différents concepts qui sous-tendent ce terme. Tout d'abord, les aléas retenus sont les aléas hydrométéorologiques et les vagues de chaleur. Par « exposition », on entend le point de rencontre entre un territoire exposé à un aléa et la présence d'une population, d'une ressource essentielle ou d'infrastructures. L'exposition à l'aléa se définit comme une « situation par laquelle sont mis en relation dans un milieu donné, un aléa potentiel et les éléments pouvant être soumis à sa manifestation » (Morin, 2008, p.9). Nous avons choisi de mettre toute notre attention sur « l'élément essentiel » que constitue la population. Pour ce faire, nous avons procédé à la détermination d'un écoumène de la population québécoise. Selon Statistique Canada (2015), le terme « écoumène » est utilisé pour désigner la surface habitée. Il est important de préciser que nos cartes de vulnérabilité ne sont pas des cartes de risque : nous n'avons pas incorporé une évaluation quantitative de l'exposition à l'aléa dans le calcul final de la vulnérabilité, car il est difficile de circonscrire dans l'espace et de façon précise les différents aléas potentiels, que ce soit les vagues de chaleur ou les aléas hydrométéorologiques.

La définition de la vulnérabilité retenue est basée sur le dernier rapport du GIEC (2014), qui la définit comme « la propension ou la prédisposition à subir des dommages. La vulnérabilité englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité ou de fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter » (p. 5). Dans le cadre de ce projet, le concept de

vulnérabilité est considéré comme une condition qui résulte de divers facteurs (physiques, économiques, sociaux ou environnementaux) et qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à en subir les préjudices ou des dommages (Morin, 2008; IPCC, 2014; UNISDR, 2015). Ce projet repose sur la combinaison de deux grands indices de la vulnérabilité, soit la sensibilité et la capacité à faire face.

La définition de la sensibilité retenue porte sur « une condition intrinsèque d'un élément (population, infrastructures ou ressources essentielles) qui le rend particulièrement vulnérable » (ADEME, 2013, p. 7). La sensibilité est liée, entre autres, aux caractéristiques socioéconomiques de l'individu, du groupe de la communauté, de la municipalité ou du système. C'est la combinaison de ces caractéristiques qui rend susceptible l'élément, exposé à la manifestation d'un aléa climatique, d'en subir les dommages et les conséquences. Il s'agit des caractéristiques liées au statut socioéconomique (les groupes d'âge, le taux d'activité, ou le sexe par exemple) ou à la qualité des infrastructures (par exemple, la proportion de logements construits avant 1980 ou la proportion d'infrastructures avec 5 étages ou plus). En d'autres termes, la sensibilité regroupe les éléments qui contribuent à augmenter la vulnérabilité, et non pas les éléments qui contribuent à la réduire.

La capacité à faire face est l'habileté de l'élément (individu, ménage, groupe d'individus, communauté, municipalité ou système) exposé à la manifestation d'un aléa climatique à utiliser les ressources et les moyens (tout ce qui est disponible) pour en diminuer les dommages et en atténuer les effets. Il peut s'agir des institutions (service de pompier, par exemple), des ressources (humaines, financières, naturelles, etc.), de même que des conditions et caractéristiques qui permettent l'accès et l'usage de ces ressources et institutions. De plus, dans le cadre du projet, la capacité à faire face se définit comme la « somme ou combinaison de toutes les forces et ressources disponibles au sein d'une collectivité, d'une société ou d'une organisation qui peuvent concourir à la réduction des risques ou des conséquences découlant de la manifestation d'un aléa » (Morin, 2008, p.43). Le concept de capacité à faire face, retenu pour cette étude, est particulièrement caractérisé par des mesures d'accessibilité et de proximité. La capacité à faire face a été préférée à la capacité d'adaptation, car l'objectif est de cartographier l'état actuel de cette capacité et non celle à venir (capacité à s'adapter).

3.4 Méthodologie

3.4.1 Sélection des variables pour la construction des indicateurs

La sélection des variables pour la construction des indicateurs s'est effectuée en plusieurs étapes. Tous d'abord, une revue de la littérature exhaustive des différents articles scientifiques publiés sur le sujet entre 2000 et 2018 a été réalisée. Plus de 300 articles scientifiques ont été répertoriés et analysés. La sélection des articles s'est axée, prioritairement, sur les régions ayant des caractéristiques géographiques correspondantes ou comparables à notre zone d'étude. Les bases de données bibliographiques consultées sont : Web of Science, Geobase, PubMed et Scopus. Par ailleurs, les publications issues de la littérature grise ont été ajoutées de façon régulière, sans aucune stratégie particulière autre que le contexte géographique ou conceptuel. La littérature grise est essentielle pour bien comprendre les phénomènes au niveau national et, surtout, elle permet de bien définir les différents concepts qui ont, pour la plupart, différentes significations selon le domaine d'étude. Ainsi, certains textes provenant des gouvernements du Québec et du Canada ont été sélectionnés pour ce projet. De plus, certains rapports provenant de différentes organisations ont été sélectionnés, entre autres ceux du Consortium Ouranos, du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du Climat (GIEC) ainsi que de l'United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Dans une deuxième étape, les variables retenues lors de la revue de littérature ont été mises en relation avec les variables identifiées par les professionnels de l'aménagement du territoire au moment de la tenue de notre enquête (entrevues et sondages en ligne). En effet, notre enquête avait permis d'identifier les variables prioritaires qui, selon les experts en aménagement du territoire, exprimaient le mieux la sensibilité et la capacité à faire face de la population québécoise aux aléas climatiques. La troisième étape était celle présentant la plus forte contrainte, car il s'agissait d'identifier les données réellement disponibles permettant de construire des indicateurs pour tout le Québec municipalisé, et offrant la meilleure résolution spatiale possible. On comprend alors que le choix des variables est devenu beaucoup plus restreint, en particulier pour les indicateurs de capacité à faire face. Néanmoins, plus d'une dizaine de variables ont été retenues pour évaluer la sensibilité et sept l'ont été pour la capacité à faire face. L'ensemble des variables retenues sont issues de différentes sources et bases de données (Tableau 6). Une dernière contrainte a aussi dicté le choix des variables

finales : il était important que les indicateurs de la sensibilité aient la même répercussion et qu'ils agissent dans le même sens en l'occurrence mesurer l'aspect négatif seulement de la sensibilité. L'utilisation d'indicateurs combinant les côtés positifs et négatifs de la sensibilité annulerait la mesure de la sensibilité. Cette démarche a aussi été effectuée pour la capacité à faire face. Aussi, il ne fallait pas retenir deux indicateurs inverses pour la sensibilité et la capacité à faire face, afin d'éviter la neutralisation des impacts. Par exemple, on ne pouvait pas retenir une variable comme « Proportion de personnes n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade », pour la sensibilité, et choisir la variable « Proportion de personnes ayant un certificat, diplôme ou grade », pour l'évaluation de la capacité à faire face. En terminant, précisons que les variables pour l'évaluation de la sensibilité et de la capacité à faire face pour les vagues et les aléas hydrométéorologiques ne sont pas tout à fait identiques (Tableau 7).

Tableau 6 : Sources et bases de données utilisées dans le cadre du projet

Base de données (BD)	Définition
Adresses Québec (AQ)	Adresses Québec est une géobase issue d'un partenariat gouvernemental et d'une collaboration avec le milieu municipal (Gouvernement du Québec, 2011). Les données comprennent les odonymes, les adresses (tranches et points), la gestion de parcours, les codes postaux et le contexte géographique.
Base de données topographique du Québec (BDTQ)	La BDTQ contient un éventail d'informations géographique permettant l'analyse à une échelle locale. La BDTQ produit diverses données de bâtiments, de géomorphologie et d'équipements, entre autres.
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO)	Le CERFO est un organisme qui développe des solutions technologiques pour tous les secteurs reliés au domaine forestier. Ils ont notamment produit, avec l'INSPQ, une cartographie des îlots de chaleur pour tout le Québec habité.
L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ)	L'INSPQ est un centre d'expertise et de référence dans le domaine de la santé publique au Québec. Ils sont notamment propriétaires de plusieurs données socioéconomiques, de données environnementales et de localisation d'infrastructures de santé disponible sur le Géoportail de l'INSPQ et sur le Portail de l'environnement bâti de l'INSPQ.
Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS)	Le ministère de la Santé et des Services sociaux regroupe différentes données et informations sur le système de santé et les services sociaux. Grâce aux informations fournies par ce ministère, il est possible de connaître l'accessibilité aux différents services de santé.
Ministère de la Sécurité publique (MSP)	Le ministère de la Sécurité publique du Québec (MSP) « est appelé à diminuer la vulnérabilité des Québécoises et des Québécois aux risques liés notamment à la criminalité et aux sinistres » (Gouvernement du Québec, 2015). Ces données ont été obtenues grâce au portail des données ouvertes du Québec.
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC)	Ce ministère gère tout ce qui est en lien avec le régime hydrique du Québec comme les barrages publics et la surveillance des débits et des niveaux des cours d'eau. Il produit notamment des informations sur les zones inondables du Québec. Le Centre d'expertise hydrique est l'ancienne appellation de cette unité.
Portail provincial en aménagement du territoire (PPAT)	Le PPAT contient des données standardisées concernant l'aménagement du territoire et des données provenant des MRC et des municipalités locales (Gouvernement du Québec, 2010). Les données provenant du PPAT sont une représentation des schémas d'aménagement et de développement en vigueur.

Recensement Canada 2016 (RC)	Recensement effectué aux cinq ans par Statistique Canada. Il décrit les personnes et les logements du Canada selon leurs caractéristiques démographiques, sociales et économiques. La participation au recensement est obligatoire (sauf pour 2011) et celui-ci cible tous les citoyens canadiens, les immigrants reçus et les résidents permanents.
Rôle d'évaluation foncière (REF)	Le rôle d'évaluation foncière, produit par le MAMOT, est un inventaire des immeubles situés sur le territoire de chaque municipalité du Québec. Il sert de base pour la taxation municipale et sert d'outil de comparaison entre les différentes propriétés d'une municipalité donnée.

Tableau 7 : Indicateurs sélectionnés pour le projet

Dimension	Sous-dimension	Indicateur	BD
Sensibilité (socioéconomique)	Démographie	– Proportion de personnes d’âges sensibles	RC
	Instruction	– Proportion de personnes n’ayant aucun certificat, diplôme ou grade	RC
	Immigration et citoyenneté	– Proportion de personnes immigrantes récentes	RC
		– Proportion de personnes ne connaissant pas une langue officielle	RC
	Composition et caractéristiques des ménages	– Proportion de personnes vivant seules	RC
		– Proportion de familles monoparentales	RC
		– Proportion de logements loués	RC
Sensibilité (géographique)	Environnement bâti	– Fréquence du faible revenu en 2015 fondé sur la mesure de faible revenu après impôt	RC
		– Proportion de locataires consacrant 30 % ou plus du revenu du ménage à l’habitation	RC
		– Taux d’inactivité*	RC
		– Proportion de logements nécessitant des réparations majeures	RC
		– Proportion de résidences construites avant 1975*	REF
Capacité à faire face	Proximité	– Proportion de résidences construites avant 1980**	RC
		– Proportion de résidences avec 5 étages ou plus**	RC
		– Proportion de logements de l’AD dans un îlot de chaleur**	CERFO
		– Accessibilité aux services de santé (CLSC et CHSGS)	MSSS
		– Accessibilité aux CLSC	MSSS
		– Accessibilité aux CHSGS	MSSS
		– Accessibilité aux services de type policier	MSP
		– Accessibilité aux pharmacies	MSSS
		– Accessibilité aux établissements scolaires*	MEES
		– Accessibilité aux services de type pompier	MSP
		– Accessibilité aux piscines publiques**	BDTQ

*Seulement pour les aléas hydrométéorologiques **Seulement pour les vagues de chaleur

3.4.1.1 Sensibilité – Composante socioéconomique

3.4.1.1.1 Démographie

Proportion de personnes d'âge sensible aux aléas

- *Définition :*

– Proportion de personnes âgées de 4 ans et moins ou 65 ans et plus résidant dans l'unité géographique au moment du recensement.

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Population des personnes âgées entre 0 et 4 ans + 65 ans et plus}}{\text{Population totale selon le sexe et les groupes d'âges}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

– Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

– 0 à 4 ans (sexe masculin);

– 0 à 4 ans (sexe féminin);

– 65 à 69 ans; 70 à 74 ans; 75 à 79 ans; 80 à 84 ans; 85 ans et plus (sexe masculin);

– 65 à 69 ans; 70 à 74 ans; 75 à 79 ans; 80 à 84 ans; 85 ans et plus (sexe féminin);

– Population totale selon le sexe et les groupes d'âges.

- *Nom :*

- AgeSens

- *Justification :*

– Générale : Ces tranches d'âge sont celles qui reviennent le plus souvent dans les études. Certains auteurs utilisent la tranche d'âge de 75 ans et plus. Toutefois, il a été possible d'effectuer un test de normalité (Kolmogorov-Smirnov) et d'établir une corrélation de Spearman démontrant qu'il n'y a pas de différence significative entre notre choix (65 ans et plus) et la tranche d'âge de 75 ans et plus. Les 65 ans et plus peuvent augmenter l'état de « fardeau » pour les autres, car ils font partie de la part de la population à faible autonomie. De plus, ils ont une faible capacité de résilience suite aux événements. En matière d'évacuation, les 4 ans et moins peuvent faire perdre du temps et de l'argent lorsque les garderies ou autres établissements similaires sont affectés. Aussi, c'est la « part de la population à faible autonomie, reconnue comme plus vulnérable/Permet de déterminer à l'avance le nombre d'enfants qui pourraient exiger des services-soins-besoins spéciaux après un désastre » (Thomas *et al.*, 2012, p.39). Les deux groupes d'âge (4 ans et moins, ainsi que 65 ans et plus) ont été calculés dans le même indicateur en raison de répercussions négatives sur les traitements statistiques lorsque calculés séparément. En effet,

l'importance du nombre de personnes issues d'un des deux groupes varie souvent de façon opposée à l'autre groupe, c'est-à-dire qu'un quartier est souvent caractérisé par la présence de personnes âgées ou de jeunes enfants. Il est alors préférable, sur le plan statistique, de ne pas annuler l'effet de la présence d'un des deux groupes en les comptabilisant ensemble.

– Chaleur : De tous les groupes d'âge, les moins de 4 ans et les 65 ans et plus sont les plus susceptibles d'être affectés par une exposition prolongée à la chaleur. La capacité de thermorégulation diminue généralement avec l'âge, et une capacité réduite augmente les risques de mortalité. De plus, les taux d'admissions aux urgences sont plus élevés chez ces personnes que dans la population en générale. Les personnes de 65 ans et plus ont souvent au moins une maladie chronique comme de l'hypertension, des maladies cardiovasculaires ou des troubles respiratoires qui les rendent plus vulnérables durant une vague de chaleur. Ils peuvent aussi avoir des déficiences physiques dans leur mobilité ou leur capacité cognitive, une conscience sensorielle diminuée et des limitations sociales et économiques qui demandent de l'aide supplémentaire en cas de vague de chaleur.

– Aléas hydrométéorologiques : Ces groupes d'âges présentent une plus grande vulnérabilité aux inondations. Cet indicateur permet de mesurer les aspects de la vulnérabilité sur la capacité de répondre et de se remettre d'une inondation. Leur mobilité est réduite (difficultés physiques lors des évacuations), ils ont une réticence à quitter leur maison ou leur résidence, ils ont plus souvent des problèmes de santé et ce groupe d'âge nécessite une plus longue récupération. Les personnes âgées sont moins aptes à placer rapidement des sacs de sable pour protéger l'infrastructure. Lors d'inondations, le risque de blessure et de crises cardiaques augmente en raison de travaux physiques importants, comme la mise en place de poches de sable et le ménage, causant à lui seul 10,9 % des décès reliés aux inondations. La santé mentale est aussi affectée, avec comme conséquences des épisodes de stress et des traumatismes pouvant s'étaler sur plusieurs années suite aux sinistres. De plus, il existe des menaces au niveau organique en raison des maladies infectieuses ou des conditions environnementales extrêmes, comme la contamination de l'eau et la moisissure.

▪ *Sources des justifications :*

Cutter *et al.*, 2003; Harlan *et al.*, 2006; Burton et Cutter, 2008; Mortsch et Hebb, 2008; Stafoggia *et al.*, 2008; Fekete, 2009; Kazmierczak et Cavan, 2012; Khan, 2012; Norman *et al.*, 2012; Tapsell *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Aubrecht *et al.*, 2013; Lowe *et al.*, 2013; Müller, 2013; Dong *et al.*, 2014; Koks *et al.*, 2015; Roy et Blaschke, 2015; Taveres *et al.*, 2015; Burton *et al.*, 2016; Kotzee et Reyers, 2016.

3.4.1.1.2 Instruction

Proportion de personnes n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade

- *Définition :*

– Proportion de personnes âgées de 15 ans à 64 ans n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade au moment du recensement.

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Nombre de personnes n'ayant aucun diplôme, certificat ou grade}}{\text{Population totale de 15 ans à 64 ans selon le plus haut certificat, diplôme ou grade}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

– Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

– Aucun diplôme, certificat ou grade;

– Population totale de 15 à 24 ans selon le plus haut certificat, diplôme ou grade;

– Population totale de 25 à 64 ans selon le plus haut certificat, diplôme ou grade.

- *Nom :*

– SansDiplo

- *Justification :*

– Générale : « La concentration des personnes peu scolarisées peut être un indicateur de faible revenu » (Thomas *et al.*, 2012, p.41). Le niveau d'instruction permet un rôle multidimensionnel à la vulnérabilité. L'instruction est liée au statut économique, car généralement une plus grande instruction engendre des revenus plus élevés. Un haut niveau d'instruction peut permettre d'occuper un bon emploi, atteindre un niveau de vie plus élevé et d'avoir plus de ressources pour se rétablir suite aux impacts d'un événement extrême. En bref, le niveau d'instruction affecte le type d'emploi, le revenu et donc, par le fait même, la santé du ménage. L'instruction est importante pour réduire la vulnérabilité des gens face aux problèmes de santé à long terme : les personnes instruites ont une plus grande capacité individuelle et sont, par le fait même, moins vulnérables. Ils ont un meilleur accès à l'information permettant d'identifier les problèmes, ils ont des solutions rationnelles et ils communiquent leurs idées avec facilité. Moins d'années de scolarité contraind l'habileté de comprendre les informations de danger et d'accès à

l'information liée au rétablissement. Les personnes présentant un plus faible niveau d'instruction ont un niveau de préparation restreint, une conscience moindre des aléas et sont les plus insatisfaits face aux réglementations actuelles reliées aux mesures de rétablissement. Ainsi, plus le niveau d'instruction est bas, plus le niveau de vulnérabilité est élevé.

– Chaleur : Ceux qui ont une faible instruction seront plus vulnérables pour la compréhension de la relation entre les changements dans leur environnement physique et l'exposition à la chaleur. De plus, selon des études américaines, les individus qui ont moins qu'un diplôme d'études secondaires ont des taux plus élevés de décès liés à la chaleur.

– Aléas hydrométéorologiques : Une instruction spécialisée sur la sensibilisation à l'environnement et les problèmes écologiques permettent une meilleure préparation à ces événements et ainsi une meilleure résilience.

▪ *Sources des justifications :*

Cutter *et al.*, 2003; Burton et Cutter, 2008; Balica *et al.*, 2009; Fekete, 2009; Khan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Aubrecht *et al.*, 2013; Müller, 2013; Abbas et Routray, 2014; Tavares *et al.*, 2015; Kotzee et Reyers, 2016.

3.4.1.1.3 Immigration et citoyenneté

Proportion de personnes immigrantes récentes

- *Définition :*

- Proportion de personnes ayant immigré au cours des cinq dernières années.

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Population totale de personnes ayant immigré au cours des cinq dernières années}}{\text{Population totale selon le statut d'immigrant et le lieu de naissance}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Immigrants (2011 à 2016);

- Population totale selon le statut d'immigrant et le lieu de naissance.

- *Nom :*

- ImmiRecen

- *Justification :*

- Générale : « Dans une faible mesure, car cela dépend de beaucoup d'autres facteurs, les immigrants récents peuvent ne pas connaître la situation locale ni les ressources disponibles, ou ils peuvent ne pas savoir comment agir » (Thomas *et al.*, 2012, p. 39). Les immigrants récents ont tendance à résider dans des secteurs de forte exposition aux aléas. Les barrières culturelles affectent l'accès à l'information reliée au rétablissement. Les différences culturelles et les barrières linguistiques affectent la façon dont ces communautés se préparent et répondent aux risques. Les personnes immigrantes récentes sont généralement classées dans la catégorie à faible revenu et sont donc plus vulnérables aux aléas. De plus, la vulnérabilité est plus accrue pour ce groupe, puisque ces immigrants présentent un manque de connaissance des aléas dans leur localité, ainsi qu'un manque de contact social. Ils n'ont généralement pas de repères en lien avec les services de santé et de sécurité.

- *Sources des justifications :*

- Cutter *et al.*, 2003; Khan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2015.

Proportion de personnes ne connaissant pas une langue officielle

- *Définition :*
 - Proportion de personnes ne parlant ni l’anglais ni le français au moment du recensement.
- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Population totale de personnes ne parlant ni l'anglais ni le français}}{\text{Population totale de personnes selon la connaissance des langues officielles}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*
 - Recensement de 2016 à l’échelle de l’AD.
- *Variable(s) constitutive(s) :*
 - Ni l’anglais ni le français;
 - Population totale de personnes selon la connaissance des langues officielles.
- *Nom :*
 - LangueOff
- *Justification :*
 - Générale : « Illustre la part de la population pouvant avoir des difficultés à comprendre des messages de prévention ou de secours, ainsi que le besoin d’iconographie dans la communication du risque » (Thomas *et al.*, 2012, p. 41). L’accès à l’information est restreint par les barrières linguistiques. Les différences culturelles et les barrières linguistiques affectent la façon dont ces communautés se préparent et répondent aux risques.

– Chaleur : Ceux qui ne comprennent pas la langue du pays pourraient ne pas comprendre les avertissements sur la chaleur et ne pas avoir une sensibilisation adéquate au phénomène. De plus, les barrières linguistiques peuvent entraver les comportements de protection lors d’événements de chaleur extrême et faire en sorte d’augmenter la vulnérabilité de ces gens par une exposition accrue à ce type d’aléa.

– Aléas hydrométéorologiques : Avec cette barrière linguistique, les personnes concernées ne pourront pas comprendre les mesures de préparation et le danger, ou répondre de manière appropriée autant pour les mesures préventives que pour la réponse aux inondations.

- *Sources des justifications :*
 - Cutter *et al.*, 2003; Mortsch et Hebb, 2008; Thomas *et al.*, 2012; Aubrecht *et al.*, 2013.

3.4.1.1.4 Composition et caractéristiques des ménages

Proportion de personnes vivant seules

- *Définition :*

- Proportion de personnes vivant seules au moment du recensement.

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Nombre de personnes vivant seules dans les ménages privés}}{\text{Nombre total de personnes dans les ménages privés}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Nombre total de personnes dans les ménages privés;
 - Vivant seules.

- *Nom :*

- PersSeule

- *Justification :*

- Générale : Cet indicateur fait référence à l'isolement social et au manque de communication des personnes vivant seules. Le revenu économique est plus faible pour ce groupe et il existe un manque de relation avec l'extérieur, tant au niveau de l'information qu'à celui de la famille ou de l'entourage. Ce type d'information peut être crucial, en lien avec la vulnérabilité aux aléas tels que les vagues de chaleur et les inondations.

- Chaleur : Lors de la vague de chaleur qui a eu lieu à Chicago en 1995, les personnes qui vivaient seules étaient plus vulnérables et leur taux de mortalité était plus élevé. De plus, le fait de vivre seul implique moins de contacts avec la famille et les amis. Donc, le fait d'avoir un réseau social restreint et sans contact extérieur présente plus de risque lors des périodes d'urgence liées à la chaleur. Enfin, tout contact social, même l'appartenance à un club social ou la présence d'un animal domestique, est associé à une diminution du risque de décès dû à la chaleur.

- *Sources des justifications :*

- Semenza *et al.*, 1996; Kazmierczak et Cavan, 2012; Aubrecht *et al.*, 2013; Lareau et Baudoin., 2015; Oulahen *et al.*, 2015; Taveres *et al.*, 2015.

Proportion de familles monoparentales

- *Définition :*

- Proportion de familles monoparentales au moment du recensement (familles au sein desquelles un père seul ou une mère seule est la personne repère de la famille économique).

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Nombre de familles monoparentales}}{\text{Nombre total de familles de recensement dans les ménages privés}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Total des familles monoparentales selon le sexe du parent et le nombre d'enfants;
 - Nombre total de familles de recensement dans les ménages privés.

- *Nom :*

- FamMono

- *Justification :*

- Générale : Ce type de ménage a souvent des contraintes financières (soins des enfants assumés par un seul revenu). « Permet une indication de la vulnérabilité économique et sociale des ménages pendant et après la crise. La mère ou le père doit gérer la crise et la logistique de l'évacuation, mais aussi doit supporter économiquement seul les dépenses liées aux dégâts » (Thomas *et al.*, 2012, p. 40). Les familles monoparentales sont souvent limitées sur le plan financier et doivent tenir compte des responsabilités au travail et prendre soin des membres de la famille. Les ressources pour se préparer et réagir aux événements sont limitées, faisant en sorte que ces types de ménage sont plus affectés en termes de résilience et de rétablissement face aux aléas. Les familles monoparentales nécessitent plus de soutien au niveau financier et social lors de la période de rétablissement.

- Aléas hydrométéorologiques : Les familles monoparentales, peu importe le sexe du parent, sont durement affectées par les inondations puisqu'elles tendent à avoir un moins grand revenu et doivent faire face aux inondations seules avec leurs enfants. Des problèmes de santé physique et mentale, tels que le stress et le trauma, peuvent survenir longtemps après les inondations.

- *Sources des justifications :*

- Tapsell *et al.*, 2002; Cutter *et al.*, 2003; Mortsch et Hebb, 2008; Kazmierczak et Cavan, 2012; Khan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Koks *et al.*, 2015; Taveres *et al.*, 2015.

Proportion de logements loués

- *Définition :*

– Proportion de logements privés occupés par un locataire au moment du recensement. Indique si le logement est possédé ou loué par un membre du ménage, ou s’il s’agit d’un logement de bande (dans une réserve ou un établissement indien). Selon Statistique Canada, le logement privé réfère à un ensemble distinct de pièces d’habitation ayant une entrée privée donnant sur l’extérieur ou sur un corridor, un hall, un vestibule ou un escalier commun à l’intérieur. Pour être considéré comme occupé, le logement privé doit être occupé de façon permanente par une personne ou un groupe de personnes (Statistique Canada, 2015a).

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Nombre total de logements loués}}{\text{Nombre total de logements privés occupés selon le mode d'occupation}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

– Recensement de 2016 à l’échelle de l’AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

– Nombre total de logements privés occupés selon le mode d’occupation;

– Loué;

- *Nom :*

– LogLoue

- *Justification :*

– Générale : Les locataires ont souvent peu de contrôle sur leur habitation pour installer des protections appropriées contre les catastrophes et pour entreprendre des réparations. « Le fait d’être locataires suggère moins de ressources financières que les propriétaires. Dans les cas extrêmes, les locataires manquent d’options d’abri suffisantes quand le logement devient inhabitable ou trop coûteux. Les locataires sont souvent négligés quant à l’accès aux informations sur l’aide financière pendant la crise et le rétablissement » (Thomas *et al.*, 2012, p. 39). De plus, ils sont aussi négligés en ce qui a trait aux informations concernant la préparation face aux événements. Ceux ayant un faible réseau de contacts social ont encore moins accès à ces informations. En période de transition, ils peuvent ne pas avoir de ressources financières pour être propriétaires. Aussi, la proportion de logements loués fait aussi référence à un indicateur de faible revenu. Les locataires ont moins le contrôle sur le bâtiment, moins de ressources

et peuvent manquer d'habileté à installer des protections efficaces face aux événements. De plus, les propriétaires pourraient porter moins d'attention à la préparation aux catastrophes et au nettoyage puisqu'ils n'habitent pas nécessairement dans le logement.

▪ *Sources des justifications :*

Cutter *et al.*, 2003; Burton et Cutter, 2008; Mortsch et Hebb, 2008; Cutter *et al.*, 2012; Kazmierczak et Cavan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Bergstrand *et al.*, 2015; Taveres *et al.*, 2015.

3.4.1.1.5 Revenu et activités économiques

Fréquence du faible revenu en 2015 fondé sur la mesure de faible revenu après impôt

- *Définition :*

- Proportion de personnes ou de familles considérées comme étant en dessous du seuil de faible revenu au moment du recensement. La mesure de faible revenu après impôt (MFR-ApI) est un pourcentage fixe (50 %) de la médiane du revenu après impôt rajusté du ménage observé au niveau des personnes, où « rajusté » indique que les besoins du ménage sont pris en considération.

- *Méthode de calcul :*

- Calculé par Statistique Canada.

La dérivation de la mesure de faible revenu après impôt (MFR) commence par le calcul du revenu du ménage rajusté pour chaque ménage, en calculant le revenu du ménage par la racine carrée du nombre de personnes dans le ménage (appelé « échelle d'équivalence »). Ce rajustement du revenu du ménage est assigné à chaque personne dans le ménage privé, et la médiane du revenu rajusté du ménage (où la moitié des personnes se situent au-dessus et l'autre en dessous) est déterminée pour l'ensemble de la population. La MFR pour un ménage composé d'une personne est de 50 % de cette médiane, et les MFR pour les autres tailles de ménage sont égales à cette valeur multipliée par leur échelle d'équivalence (Statistique Canada, 2016).

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Fréquence du faible revenu après impôts en 2015.

- *Nom :*

- FaibleRev

- *Justification :*

- Générale : Les plus démunis ont plus de risques d'avoir moins de ressources matérielles et informatives. Cet indicateur indique aussi la capacité des ménages à absorber économiquement l'impact de l'aléa et à recouvrer une situation économique stable. « Le postulat est que les ménages économiquement plus faibles seraient plus sensibles aux catastrophes. Les ménages à faible revenu habiteraient dans des zones plus à risque, dans des logements plus vieux et nécessitant plus de réparations » (Thomas *et al.*, 2012, p. 40). Les ressources sont limitées pour la préparation face aux

catastrophes ou pour y répondre (manque de dispositifs de communications pour rester informé, moins de contacts sociaux ou communautaires, priorisation des ressources publiques, etc.). C'est un indicateur de type *proxy* ou alternatif de la richesse. En bref, plus le revenu est faible, plus la vulnérabilité augmente. Lorsque le revenu est élevé, la communauté absorbe plus facilement les dégâts et peut se rétablir plus vite. Les ménages ayant un faible revenu manquent de ressources pour se protéger eux-mêmes ainsi que leur résidence. Souvent, les gens ayant un faible revenu sont moins mobiles, ont un moins grand réseau social, manquent de communication externe et ont moins de ressources pour se préparer et répondre aux événements. De plus, les gens à faible revenu comptent uniquement sur les ressources publiques et manquent de ressources financières pour investir dans les activités faisant suite aux aléas.

– Chaleur : Les plus démunis souffrent souvent de mauvaises conditions de logement et sont moins susceptibles d'avoir une climatisation. Ils sont donc, par le fait même, plus sensibles face aux vagues de chaleur.

– Aléas hydrométéorologiques : Les ménages à faible revenu pourraient ne pas être en mesure de se permettre des ouvrages de protection face aux inondations. L'augmentation dans le revenu réduirait significativement la vulnérabilité des impacts de santé et des risques climatiques. « Un manque de ressources viendrait compliquer l'évacuation » (Thomas *et al.*, 2012, p. 40).

▪ *Sources des justifications :*

Cutter *et al.*, 2003; Burton et Cutter, 2008; Mortsch et Hebb, 2008; Balica *et al.*, 2009; Fekete, 2009; Khan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Aubrecht *et al.*, 2013; Müller, 2013; Abbas et Routray, 2014; Koks *et al.*, 2015; Kotzee et Reyers, 2016.

Proportion de locataires consacrant 30 % ou plus du revenu du ménage à l'habitation

▪ *Définition :*

– Proportion des ménages locataires consacrant 30 % ou plus du revenu mensuel total de l'année précédant le recensement au loyer brut. Il convient de souligner que les ménages qui consacrent 30 % ou plus de leur revenu aux coûts d'habitation n'éprouvent pas nécessairement des problèmes d'abordabilité du logement. C'est notamment le cas des ménages ayant un revenu élevé. D'autres ménages choisissent de consacrer une plus grande part de leur revenu aux coûts d'habitation qu'à d'autres biens. Néanmoins, ce seuil (30 % ou plus du revenu du ménage consacré aux coûts d'habitation) constitue un repère utile pour l'évaluation des tendances en matière d'abordabilité du logement.

▪ *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Locataire (30 \% ou plus)}}{\text{Nombre total de logements privés non agricoles hors réserves occupés par des résidents habituels}} \times 100$$

▪ *Couverture spatiale et temporelle :*

– Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

▪ *Variable(s) constitutive(s) :*

– Ménages locataires consacrant 30 % ou plus du revenu du ménage au loyer brut;

– Nombre total de logements privés non agricoles hors réserve occupés par des résidents habituels.

▪ *Nom :*

– Loyer30

▪ *Justification :*

– Générale : « Le postulat est que les ménages qui consacrent plus de 30 % de leur revenu à se loger n'ont pas beaucoup de flexibilité pour absorber économiquement l'impact d'une crise » (Thomas *et al.*, 2012, p. 40). Cet indicateur met l'accent sur la sphère économique puisque le revenu est l'un des facteurs les plus importants à prendre en considération dans la sensibilité. Les justifications de l'indicateur de *proportion de logements loués* et de la *fréquence du faible revenu en 2015 fondé sur la mesure de faible revenu après import* sont les mêmes que pour celui-ci.

▪ *Sources des justifications :*

Thomas *et al.*, 2012.

*Taux d'inactivité (*Aléas hydrométéorologiques seulement)*

▪ *Définition :*

– Taux d'inactivité au moment du recensement. Ce sont les personnes qui, pendant la semaine (du dimanche au samedi) ayant précédé le jour du recensement, n'étaient ni occupées ni en chômage. Les inactifs comprennent les étudiants, les personnes au foyer, les retraités, les travailleurs saisonniers en période de relâche qui ne cherchaient pas un travail et les personnes qui ne pouvaient travailler en raison d'une maladie chronique ou d'une incapacité à long terme.

▪ *Méthode de calcul :*

– Calculé par Statistique Canada. Le taux d'inactivité est l'inverse du taux d'activité. Cet indicateur a été recalculé en proportion.

▪ *Couverture spatiale et temporelle :*

– Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

▪ *Variable(s) constitutive(s) :*

– Taux d'activité (Population totale de 15 ans et plus selon l'activité).

▪ *Nom :*

– Inactiv

▪ *Justification :*

– Aléas hydrométéorologiques : « Permet une indication de la vulnérabilité économique des individus pendant et après la crise » (Thomas *et al.*, 2012, p. 42). Un nombre élevé de gens inactifs dans une communauté contribue à l'augmentation de la vulnérabilité en raison des ressources financières moindres. Le faible revenu généré par cette population, lorsque le taux d'inactivité est élevé dans la communauté, contribue à un faible niveau de rétablissement suite à un événement extrême.

▪ *Sources des justifications :*

Tapsell *et al.*, 2002; Cutter *et al.*, 2003; Burton et Cutter, 2008; Balica *et al.*, 2009; Fekete *et al.*, 2009; Khan, 2012; Thomas *et al.*, 2012.

3.4.1.2 Sensibilité – Composante géographique

3.4.1.2.1 Environnement bâti

Proportion de logements nécessitant des réparations majeures

- *Définition :*

– Proportion de logements privés occupés nécessitant des réparations majeures au moment du recensement. Cet indicateur indique si, selon le répondant, son logement nécessite des réparations majeures. On considère que des réparations majeures sont nécessaires lorsque la plomberie ou l'installation électrique est défectueuse, que la charpente des murs, des planchers ou des plafonds doit être réparée, etc.

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Nombre total de logements privés occupés nécessitant des réparations majeures}}{\text{Nombre total de logements privés occupés selon l'état du logement}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

– Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

– Réparations majeures;

– Nombre total de logements privés occupés selon l'état du logement.

- *Nom :*

– RepaMaj

- *Justification :*

– Générale : Les infrastructures sont plus vulnérables lorsqu'elles ont besoin d'être réparées. « Offre un aperçu de l'état du parc immobilier dans la zone considérée. La façon de collecter cette donnée est importante, par exemple, dans le recensement canadien. Cette donnée est subjective, elle est évaluée par chaque locataire selon ses connaissances en la matière » (Thomas *et al.*, 2012, p. 41). Donc, il pourrait y avoir dans certains cas une mauvaise évaluation de la situation, c'est-à-dire que l'évaluation des logements nécessitant des réparations majeures peut être surestimée ou sous-estimée. Puisque ces données sont évaluées par le répondant et non par un professionnel, les données peuvent être subjectives (biais). Il est possible de faire des liens avec la composante économique puisque généralement, lorsque

le revenu est élevé, les logements ne nécessitent pas de réparations majeures. Comparativement à un propriétaire, les locataires peuvent manquer de contrôle ou de motivation en lien avec les problèmes de réparations majeures dans le logement.

▪ *Sources des justifications :*

Khan, 2012; Norman *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Taveres *et al.*, 2015.

*Proportion de résidences avec 5 étages ou plus (*Vagues de chaleur seulement)*

- *Définition :*

- Proportion des infrastructures avec 5 étages ou plus au moment du recensement.

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Appartements, immeuble de cinq étages ou plus}}{\text{Nombre total de logements privés occupés selon le type de construction résidentielle}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Appartement, immeuble de cinq étages ou plus;

- Nombre total de logements privés occupés selon le type de construction résidentielle.

- *Nom :*

- Res5etage

- *Justification :*

- Chaleur : La température s'accumule dans les bâtiments plus grands et plus gros, et ceux-ci sont plus exposés au rayonnement solaire, ce qui a pour conséquence des températures plus élevées. Les gens qui habitent les derniers étages, ou dans des bâtiments plus grands, ont un risque de chaleur extrême plus important. Au Royaume-Uni, les personnes habitant au dernier étage face au sud sont classées dans la catégorie « risque élevé » par le département de la santé.

- *Sources des justifications :*

- Tomlinson *et al.*, 2011; Thomas *et al.*, 2012; Taveres *et al.*, 2015.

*Proportion de résidences construites avant 1975 (*Aléas hydrométéorologiques seulement)*

▪ *Définition :*

– La proportion de résidences construites avant 1975. Cette proportion a été calculée grâce au rôle d'évaluation foncière (REF) et par l'outil de jointure spatiale d'ArcGIS.

▪ *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Nombre total de résidences construites avant 1975 dans l'AD}}{\text{Nombre total de résidences dans l'AD}} \times 100$$

▪ *Couverture spatiale et temporelle :*

– REF, 2015

▪ *Variable(s) constitutive(s) :*

– Nombre de résidences du REF dans l'AD;

– Nombre de résidences du REF construites avant 1975 dans l'AD.

▪ *Nom :*

– Res1975

▪ *Justification :*

– Aléas hydrométéorologiques : La vulnérabilité est plus faible lorsque les infrastructures sont récentes. « Permet de retracer les normes (codes) de construction en vigueur lors de la construction des bâtiments » (Thomas *et al.*, 2012, p. 41). L'année de construction est prise en compte en tant qu'indicateur de type *proxy* pour les aspects physiques et structurels de la vulnérabilité des bâtiments. Puisqu'il existe des différences en termes de types de fondation et de construction interne (murs), les vieilles propriétés sont souvent plus vulnérables et moins résilientes aux inondations, comparativement aux nouvelles propriétés. Les vieilles résidences peuvent avoir été construites dans les plaines inondables (régulation récente). Les vieux quartiers ont des infrastructures plus âgées et sont plus susceptibles aux inondations (aqueduc, réseaux d'égouts, digues, barrages, etc.). L'année 1975 a été retenue en raison du *Flood Damage Reduction Program* du Gouvernement du Canada pour les inondations et pour les normes en rapport avec les codes du bâtiment du Canada. De plus, l'année 1975 fait aussi référence à une étude portant sur les inondations à London, Ontario, réalisée par Mortsch et Hebb en 2008.

▪ *Sources des justifications :*

Mortsch et Hebb, 2008; Buscail *et al.*, 2012; Norman *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Gouvernement du Canada, 2013; Hondula *et al.*, 2015; Koks *et al.*, 2015; Taveres *et al.*, 2015.

*Proportion de logements construits avant 1980 (*Vagues de chaleur seulement)*

- *Définition :*

- Proportion de logements privés occupés construits avant 1980.

- *Méthode de calcul :*

$$\text{Proportion} = \frac{\text{Nombre total de logements privés occupés construits avant 1980}}{\text{Nombre total de logements privés occupés selon la période de construction}} \times 100$$

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- Recensement de 2016 à l'échelle de l'AD.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Période de construction avant 1946, 1946 à 1960; 1961 à 1970, 1970 à 1980;

- Nombre total de logements privés occupés selon la période de construction.

- *Nom :*

- Log1980

- *Justification :*

- Chaleur : La vulnérabilité est plus faible lorsque les infrastructures sont récentes. L'indicateur « permet de retracer les normes (codes) de construction en vigueur lors de la construction des bâtiments » (Thomas *et al.*, 2012, p. 41). L'année de construction est prise en compte en tant qu'indicateur de type *proxy* pour les aspects physiques et structurels de la vulnérabilité des bâtiments. De plus, l'année de 1980 est la limite supérieure qu'il est possible de sélectionner dans le recensement, et elle correspond aux premières mesures d'économie d'énergie dans les nouveaux bâtiments des codes nationaux de construction de 1977 et 1983. Entre autres, les mesures d'économie d'énergie font référence au premier code canadien du bâtiment concernant le chauffage, la ventilation et le conditionnement de l'air (1977).

- *Sources des justifications :*

- Thomas *et al.*, 2012; Gouvernement du Canada, 2015.

*Proportion de logements de l'AD dans un îlot de chaleur (*Vagues de chaleur seulement)*

- *Définition :*
 - Proportion de logements dans l'AD qui sont répertoriés dans un îlot de chaleur.
- *Méthode de calcul :*
 - Nombre de logements (représentés par un barycentre²⁴ de lot modifié du REF) inclus dans un îlot de chaleur par rapport au nombre total de logements présents dans l'AD.
- *Couverture spatiale et temporelle :*
 - Limite des AD de 2016 avec la cartographie des îlots de chaleur de 2013 dans les zones de plus de 400 habitants par km² au Québec.
- *Variable(s) constitutive(s) :*
 - Barycentre de lot du REF (avec le nombre de logements);
 - Localisation des îlots de chaleur.
- *Nom :*
 - LogChaleur
- *Justification :*
 - Chaleur : Cet indicateur influence le niveau d'exposition de la population. « La température de surface est positivement corrélée avec la température intérieure des bâtiments. Souvent plus élevée que la température extérieure, cette dernière affecte plus durement les populations qui passent la majorité de leur temps à l'intérieur » (Lareau et Baudouin, 2015, p. 236). Les vagues de chaleur seront plus intenses, de plus grande fréquence et de plus longue durée dans les villes à cause des îlots de chaleur (Dong *et al.*, 2014). Les îlots de chaleur ont plusieurs impacts sur la santé publique, comme des risques de décès accrus et des risques d'hospitalisation accrus (Chan *et al.*, 2007). Ainsi, plus la proportion de logements de l'AD se retrouvant dans un îlot de chaleur est élevée, plus la vulnérabilité est élevée.
- *Sources des justifications :*
 - Chan *et al.*, 2007; Dong *et al.*, 2014; Lareau et Baudouin, 2015.

²⁴ Point obtenu comme la moyenne des positions de chacun des points pour lesquels des coefficients de pondération sont déterminés.

3.4.1.3 Capacité à faire face

3.4.1.3.1 Proximité

Accessibilité aux services de santé

- *Définition :*

- Accessibilité géographique, selon la distance la plus proche, aux services de santé incluant les CLSC et CHSGS.

- *Méthode de calcul :*

- Network Analyst (outil de distance au plus proche service).

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- MSSS, 2016.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Barycentres d'AD;

- Services de santé (CLSC, CHSGS).

- *Nom :*

- AccSante

- *Justification :*

- Générale : Être éloigné d'un service de santé rallonge le secours immédiat lors d'événements catastrophiques. Les services de santé sont d'importantes sources d'aide à la population suite aux événements extrêmes. Le manque de services médicaux peut avoir un grave impact sur le rétablissement à long terme. Certaines communautés sont désavantagées en raison de la distribution inégale des services de santé, de leur éloignement par rapport à ceux-ci et de l'isolement. Ces disparités dans l'accès aux services de santé contribuent aux disparités dans la santé de la population, favorisant ainsi la vulnérabilité de certaines communautés. De plus, l'accessibilité à ces ressources est spécialement importante pour les gens à mobilité réduite, ou ayant un revenu moindre, puisqu'un accès direct et facile permet de réduire le temps et les coûts de transport. L'accès aux soins de santé via les médecins généralistes est particulièrement important lors d'événements extrêmes. La conséquence principale d'un manque d'accès aux services de santé primaire est la renonciation aux soins de santé dans les moments de besoin. En guise d'exemple, au Royaume-Uni, il est reconnu que plus d'un million d'habitants ne cherchent pas d'aide médicale en raison de l'accessibilité limitée à ces soins dans certaines régions. Les services de santé sélectionnés ici, soit les CLSC (Centre local des services communautaires) et les CHSGS (Centre

hospitalier de services généraux et spécialisés), sont par la suite séparés en deux indicateurs distincts. Dans ce présent indicateur, ils permettent de consolider l'importance des services de santé dans la capacité à faire face. En guise d'exemple, lorsqu'un des services de santé, soit un CHSGS ou un CLSC, est à proximité de la population, la capacité à faire face augmente, réduisant ainsi la vulnérabilité. Plus encore, lorsque la communauté est près d'un CHSGS et d'un CLSC, la capacité à faire face est bonifiée.

– Aléas hydrométéorologiques : Bien que les impacts immédiats sur la santé soient relativement rares au Québec, l'accès aux services de santé peut réduire le niveau de risque de la population. Toutefois, l'accessibilité pour accéder à ces types de services peut être difficile lors d'inondations et plus particulièrement en milieu rural. Le réseau routier a un impact important en termes d'accessibilité aux différents services, en raison des coupures pouvant survenir en cas d'inondations. « Permet d'avoir un aperçu du nombre et/ou de la localisation des infrastructures. Permet de déterminer le pourcentage de la population de la zone affectée par la mise hors service de ces bâtiments/infrastructures et équipements clés. Fournit un indicateur des pertes potentielles en cas de catastrophe » (Thomas *et al.*, 2012, p. 43).

▪ *Sources des justifications :*

Cutter *et al.*, 2003; Apparicio *et al.*, 2008; Burton et Cutter, 2008; Fekete, 2009; McGrail et Humphreys, 2009; Kazmierczak et Cavan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Abbas et Routray, 2014; Freiria *et al.*, 2015; Garbutt *et al.*, 2015; Corscadden *et al.*, 2018.

Accessibilité aux CLSC

- *Définition :*

- Accessibilité géographique, selon la distance la plus proche, aux CLSC.

- *Méthode de calcul :*

- Network Analyst (outil de distance au plus proche service).

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- MSSS, 2016.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Barycentres d'AD;

- Services de santé (CLSC).

- *Nom :*

- AccCLSC

- *Justification :*

- Générale : Être éloigné d'un service de santé rallonge le secours immédiat lors d'événements catastrophiques. Les services de santé sont d'importantes sources d'aide à la population suite aux événements extrêmes. Le manque de services médicaux peut avoir un grave impact sur le rétablissement à long terme. Certaines communautés sont désavantagées en raison de la distribution inégale, de l'isolement et de l'éloignement aux services de santé. Ces disparités dans l'accès aux services de santé contribuent aux disparités dans la santé de la population, favorisant ainsi la vulnérabilité de certaines communautés. De plus, l'accessibilité à ces ressources est spécialement importante pour les gens à mobilité réduite, ou ayant un revenu moindre, puisqu'un accès direct et facile permet de réduire le temps et les coûts de transport. L'accès aux soins de santé via les médecins généralistes est particulièrement important lors d'événements extrêmes. La conséquence principale d'un manque d'accès aux services de santé primaire est la renonciation aux soins de santé dans les moments de besoin. En guise d'exemple, au Royaume-Uni, il est reconnu que plus d'un million d'habitants ne cherchent pas d'aide médicale en raison de l'accessibilité limitée aux soins de santé dans certaines régions.

- Aléas hydrométéorologiques : Bien que les impacts immédiats sur la santé soient relativement rares au Québec, l'accès aux services de santé peut réduire le niveau de risque de la population. Toutefois, l'accessibilité pour accéder à ces types de services peut être difficile lors d'inondations et plus particulièrement en milieu rural. Le réseau routier a un impact important en termes d'accessibilité aux

différents services en raison des coupures pouvant survenir en cas d'inondations. « Permet d'avoir un aperçu du nombre et/ou de la localisation des infrastructures. Permet de déterminer le pourcentage de la population de la zone affectée par la mise hors service de ces bâtiments/infrastructures et équipements clés. Fournit un indicateur des pertes potentielles en cas de catastrophe » (Thomas *et al.*, 2012, p. 43).

▪ *Sources des justifications :*

Cutter *et al.*, 2003; Apparicio *et al.*, 2008; Burton et Cutter, 2008; Fekete, 2009; McGrail et Humphreys, 2009; Kazmierczak et Cavan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Abbas et Routray, 2014; Freiria *et al.*, 2015; Garbutt *et al.*, 2015; Corscadden *et al.*, 2018.

Accessibilité aux CHSGS

- *Définition :*

- Accessibilité géographique, selon la distance la plus proche, aux CHSGS.

- *Méthode de calcul :*

- Network Analyst (outil de distance au plus proche service).

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- MSSS, 2016.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Barycentres d'AD;

- Services de santé (CHSGS).

- *Nom :*

- AccHop

- *Justification :*

- Générale : Être éloigné d'un service de santé rallonge le secours immédiat lors d'événements catastrophiques. Les services de santé sont d'importantes sources d'aide à la population suite aux événements extrêmes. Le manque de services médicaux peut avoir un grave impact sur le rétablissement à long terme. Certaines communautés sont désavantagées en raison de la distribution inégale, de l'isolement et de l'éloignement par rapport aux services de santé. Ces disparités dans l'accès aux services de santé contribuent aux disparités dans la santé de la population, favorisant ainsi la vulnérabilité de certaines communautés. De plus, l'accessibilité à ces ressources est spécialement importante pour les gens à mobilité réduite, ou ayant un revenu moindre, puisqu'un accès direct et facile permet de réduire le temps et les coûts de transport. L'accès aux soins de santé via les médecins généralistes est particulièrement important lors d'événements extrêmes. La conséquence principale d'un manque d'accès aux services de santé primaire est la renonciation aux soins de santé dans les moments de besoin. En guise d'exemple, au Royaume-Uni il est reconnu que plus d'un million d'habitants ne cherchent pas d'aide médicale en raison de l'accessibilité limitée aux soins de santé dans certaines régions.

- Aléas hydrométéorologiques : Bien que les impacts immédiats sur la santé soient relativement rares au Québec, l'accès aux services de santé peut réduire le niveau de risque de la population. Toutefois, l'accessibilité pour accéder à ces types de services peut être difficile lors d'inondations, et ce, plus particulièrement en milieu rural. Le réseau routier a un impact important en termes d'accessibilité aux

différents services en raison des coupures pouvant survenir en cas d'inondations. « Permet d'avoir un aperçu du nombre et/ou de la localisation des infrastructures. Permet de déterminer le pourcentage de la population de la zone affectée par la mise hors service de ces bâtiments/infrastructures et équipements clés. Fournit un indicateur des pertes potentielles en cas de catastrophe » (Thomas *et al.*, 2012, p.43).

▪ *Sources des justifications :*

Cutter *et al.*, 2003; Apparicio *et al.*, 2008; Burton et Cutter, 2008; Fekete, 2009; McGrail et Humphreys, 2009; Kazmierczak et Cavan, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Abbas et Routray, 2014; Freiria *et al.*, 2015; Garbutt *et al.*, 2015; Corscadden *et al.*, 2018.

Accessibilité aux postes de police

- *Définition :*

- Accessibilité géographique, selon la distance la plus proche, aux postes de police.

- *Méthode de calcul :*

- Network Analyst (outil de distance au plus proche service).

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- MSP, 2016

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Barycentres d'AD;

- Postes de police.

- *Nom :*

- AccPol

- *Justification :*

- Générale : Permet d'identifier l'accessibilité géographique des services d'urgences. « Permet d'avoir un aperçu du nombre et/ou de la localisation des infrastructures. Permet de déterminer le pourcentage de la population de la zone affectée par la mise hors service de ces bâtiments/infrastructures et équipements clés. Fournit un indicateur des pertes potentielles en cas de catastrophe » (Thomas *et al.*, 2012, p. 43). L'accessibilité géographique aux postes de police fait aussi référence à la vulnérabilité des infrastructures et globalement à la vulnérabilité de la population en lien avec les services d'urgence.

- Chaleur : Les policiers sont les premiers répondants en cas de chaleur extrême. Ils agissent conjointement avec les services de santé dans la gestion durant un épisode de chaleur accablante ou extrême. Ces derniers peuvent faire du porte-à-porte pour offrir de l'aide aux personnes à risque lors de ces événements extrêmes.

- Aléas hydrométéorologiques : Permet de donner un aperçu en lien avec la réponse aux urgences et lors des évacuations. Les services d'urgence sont la réponse la plus vitale face aux inondations. Les policiers ont un rôle crucial lors de la réponse aux inondations puisqu'ils participent aux structures de commandement des sinistres et aux opérations de secours. Le réseau routier a un impact important en termes d'accessibilité aux différents services en raison des coupures pouvant survenir en cas d'inondations. Entre autres, les services d'urgence et plus particulièrement les policiers ont un rôle à jouer

lors de l'isolation des communautés en raison de la coupure du réseau routier (fermeture de routes) et des communications (défaillances électrique et téléphonique).

▪ *Sources des justifications :*

Mortsch et Hebb, 2008; Thomas *et al.*, 2012; Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, 2014; Freiria *et al.*, 2015; Coles *et al.*, 2016.

Accessibilité aux pharmacies

- *Définition :*

- Accessibilité géographique, selon la distance la plus proche, aux pharmacies.

- *Méthode de calcul :*

- Network Analyst (outil de distance au plus proche service).

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- MSSS, 2016.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Barycentres d'AD;

- Pharmacies.

- *Nom :*

- AccPharm

- *Justification :*

- Générale : Tout comme les services de santé, dans une moindre mesure, les pharmacies sont d'importantes sources d'aide à la population suite aux événements extrêmes. L'accessibilité aux pharmacies est importante pour que la communauté puisse continuer à avoir accès aux médicaments, ainsi que pour assurer les besoins de base en santé même lors d'aléa naturel extrême. Cet indicateur permet aussi d'identifier l'accessibilité géographique des pharmacies pour soins mineurs. « Permet d'avoir un aperçu du nombre et/ou de la localisation des infrastructures. Permet de déterminer le pourcentage de la population de la zone affectée par la mise hors service de ces bâtiments/infrastructures et équipements clés. Fournit un indicateur des pertes potentielles en cas de catastrophe » (Thomas *et al.*, 2012, p. 43).

- *Sources des justifications :*

- Cutter *et al.*, 2003; Thomas *et al.*, 2012; See, 2013.

Accessibilité aux casernes de pompiers

- *Définition :*

- Accessibilité géographique, selon la distance la plus proche, aux casernes de pompiers.

- *Méthode de calcul :*

- Network Analyst (outil de distance au plus proche service).

- *Couverture spatiale et temporelle :*

- MSP, 2016.

- *Variable(s) constitutive(s) :*

- Barycentres d'AD;

- Casernes de pompiers.

- *Nom :*

- AccPomp

- *Justification :*

- Générale : Permet d'identifier l'accessibilité géographique des services d'urgences. « Permet d'avoir un aperçu du nombre et/ou de la localisation des infrastructures. Permet de déterminer le pourcentage de la population de la zone affectée par la mise hors service de ces bâtiments/infrastructures et équipements clés. Fournit un indicateur des pertes potentielles en cas de catastrophe » (Thomas *et al.*, 2012, p. 43). L'accessibilité géographique aux casernes de pompier fait aussi référence à la vulnérabilité des infrastructures et, globalement, à la vulnérabilité de la population en lien avec les services d'urgences.

- Chaleur : Les pompiers sont les premiers répondants en cas de chaleur extrême. Ils agissent conjointement avec les services de santé dans la gestion durant un épisode de chaleur accablante ou extrême. Ces derniers peuvent faire du porte-à-porte pour offrir de l'aide aux personnes à risque lors de ces événements extrêmes.

- Aléas hydrométéorologiques : Permet de donner un aperçu en lien avec la réponse aux urgences et lors des évacuations. Les services d'urgence sont la réponse la plus vitale face aux inondations. Les pompiers ont un rôle crucial lors de la réponse aux inondations puisqu'ils participent aux structures de commandement des sinistres et aux opérations de secours. Les services incendies peuvent faire face à une demande intense, particulièrement après une inondation, en raison des secours à apporter aux personnes en danger et au pompage d'eau des propriétés inondées. Lors des périodes de crues importantes, la

performance des services incendies peut être affectée en raison du grand nombre d'événements qui surviennent en peu de temps. L'accessibilité à ce type de service est donc primordiale. Le réseau routier a un impact important en termes d'accessibilité aux différents services en raison des coupures pouvant survenir en cas d'inondations.

- *Sources des justifications :*

Mortsch et Hebb, 2008; Speakman, 2008; Menoni *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Müller, 2013; Zhang et Huang, 2013; Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, 2014; Freiria *et al.*, 2015; Coles *et al.*, 2016.

*Accessibilité aux établissements scolaires (*Aléas hydrométéorologiques seulement)*

▪ *Définition :*

– Accessibilité géographique, selon la distance la plus proche, aux établissements scolaires.

▪ *Méthode de calcul :*

- Network Analyst (outil de distance au plus proche service).

▪ *Couverture spatiale et temporelle :*

– MEES, 2016.

▪ *Variable(s) constitutive(s) :*

– Barycentres d'AD;

– Établissements scolaires.

▪ *Nom :*

– AccEcol

▪ *Justification :*

– Générale : Estimation de l'accessibilité aux centres d'hébergement pour les citoyens évacués de leur domicile lors d'un sinistre (inondation). C'est aussi un indicateur de type *proxy* des centres communautaires (de loisirs et de sports) puisque les écoles peuvent servir de centres communautaires et plus particulièrement d'hébergements lors de catastrophes. En raison des coûts et des utilisations limitées, les abris aux événements climatiques sont souvent secondaires, alors que les utilisations primaires sont souvent en lien avec des fonctions publiques telles que les écoles. Dans certaines situations, les abris temporaires peuvent, entre autres, être improvisés dans les écoles et autres bâtiments similaires. « Permet d'avoir un aperçu du nombre et/ou de la localisation des infrastructures. Permet de déterminer le pourcentage de la population de la zone affectée par la mise hors service de ces bâtiments/infrastructures et équipements clés. Fournit un indicateur des pertes potentielles en cas de catastrophe » (Thomas *et al.*, 2012, p. 43).

▪ *Sources des justifications :*

Jinuntuya et Theppipit, 2007; Kar et Hodgson, 2008; Thomas *et al.*, 2012; Melgarejo et Lakes, 2014.

*Accessibilité aux piscines publiques (*Vagues de chaleur seulement)*

- *Définition :*
 - Estimation de l’accessibilité géographique des piscines publiques, des pataugeoires et des jeux d’eau.
- *Méthode de calcul :*
 - Network Analyst (outil de distance au plus proche service).
- *Couverture spatiale et temporelle :*
 - Base de données topographique du Québec, 2008.
- *Variable(s) constitutive(s) :*
 - Barycentres d’AD;
 - Piscines publiques.
- *Nom :*
 - AccPisc
- *Justification :*
 - Générale : Les piscines publiques sont une ressource qui atténue les effets de la chaleur et constituent un moyen de se rafraîchir. C’est aussi un indicateur de type proxy des lieux climatisés, puisque les piscines publiques peuvent aussi servir de lieux pour se rafraîchir et plus particulièrement pour lutter contre les vagues de chaleur. Tout comme la climatisation, ce ne sont pas tous les ménages qui ont une piscine, alors l’accessibilité à ce service est un indicateur important pour contrer cet aléa.
- *Sources des justifications :*
 - Harlan *et al.*, 2006; Fraser *et al.*, 2017.

3.4.2 Création des indicateurs

3.4.2.1 Sensibilité

Les indicateurs de sensibilité ont été calculés avec le Recensement 2016 de Statistique Canada. Ces indicateurs ont été pris tels quels dans le Recensement, ou des proportions ont été calculées. Toutefois, deux indicateurs ont été calculés différemment. L'indicateur de la proportion de résidences construites avant 1975 (sensibilité géographique) a été calculé à partir du REF et l'indicateur de la proportion de logements de l'AD dans un îlot de chaleur a été calculé à partir des données du Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO).

3.4.2.2 Capacité à faire face

La méthodologie utilisée pour cette sous-section de la capacité à faire face a été appliquée au niveau de l'îlot de diffusion (ID). Selon Statistique Canada (2015 b), « un îlot de diffusion (ID) est un territoire dont tous les côtés sont délimités par des rues et/ou des limites de régions géographiques normalisées. L'ID est la plus petite unité géographique pour laquelle les chiffres de population et des logements sont diffusés ». Ainsi, il a été possible d'utiliser l'échelle la plus fine du recensement pour calculer les indicateurs de la capacité à faire face. Toutefois, ils ont été rapportés aux AD pour faire concorder ces indicateurs avec ceux de la sensibilité. Puisqu'une AD est « une petite région composée d'un ou de plusieurs îlots de diffusion avoisinants », la moyenne des résultats compris dans les ID a été calculée pour les transposer au niveau des AD correspondantes (Statistique Canada 2015c). Ainsi, pour ce qui est de la capacité à faire face, des indicateurs de proximité et de localisation ont été créés. Premièrement, les données du REF de 2015 ont été utilisées pour estimer la répartition des logements et, par le fait même, de la population sur le territoire à l'étude. Seuls les usages résidentiels²⁵ ont été sélectionnés afin d'estimer la distribution spatiale de la population. Ce fichier est représenté par des points qui correspondent au barycentre de chaque lot du REF. La position géographique de ces lots est incluse dans les données du REF. Toutefois, le lieu exact des logements (population) ne correspond pas nécessairement au barycentre du lot. Afin de mesurer l'accessibilité géographique de la population aux différents services à l'échelle des ID du Québec, il a été

²⁵ Les usages suivants ont été retirés : 1911 (pourvoirie avec droits exclusifs), 1912 (pourvoirie sans droits exclusifs), 1913 (camp de chasse et pêche), 1914 (camp forestier), 1921 (stationnement intérieur), 1922 (stationnement extérieur) et 1923 (espace de rangement) (CUBF).

nécessaire de modifier la position du barycentre des lots pour la faire correspondre le plus exactement possible à la position des logements (population) dans chacun des lots, et ensuite utiliser cette nouvelle position pour modifier le centre de l'ID. Sans cette opération, le centre géographique de l'ID à partir duquel sera mesurée l'accessibilité à divers services ne représenterait pas nécessairement l'endroit où le plus grand nombre de personnes habitent et où l'on retrouve le plus grand nombre de logements. C'est, par exemple, le cas dans les ID de grande superficie. De plus, les barycentres des lots ne sont pas nécessairement situés près d'une route, ce qui peut aussi poser problème pour mesurer l'accessibilité géographique. Il est donc impératif de modifier la position du centre géographique des ID afin que ceux-ci soient plus représentatifs de l'écoumène (répartition de la population et des logements, le plus près d'une route, etc.).

3.4.2.2.1 Déplacement des barycentres de lot

Avant de déplacer le centre géographique d'un ID vers un nouveau « centre » corrigé, et plus représentatif de la réalité de la localisation de la population, nous avons d'abord dû déplacer les barycentres des lots résidentiels du REF. Afin de déplacer ces barycentres (Figure 26), une zone tampon de 5 mètres a été créée de part et d'autre des routes afin de déplacer les barycentres de lots près du réseau routier (étape 1). De ce fait, certains endroits où le barycentre de lot était trop loin de la route, et générait une distorsion dans la mesure de l'accessibilité, ont été corrigés. Par la suite, les polygones générés par les zones tampons des routes ont été transformés en lignes (étape 2). L'outil « capturer (Mise à jour) » d'*ArcGIS* a été utilisé pour « accrocher » les barycentres des lots du REF à la route la plus proche (étape 3). Finalement, une jointure spatiale a été effectuée entre les points de résidences et le nouveau centre géographique de l'ID. L'étape 4 consiste en la création du nouveau centre des ID.

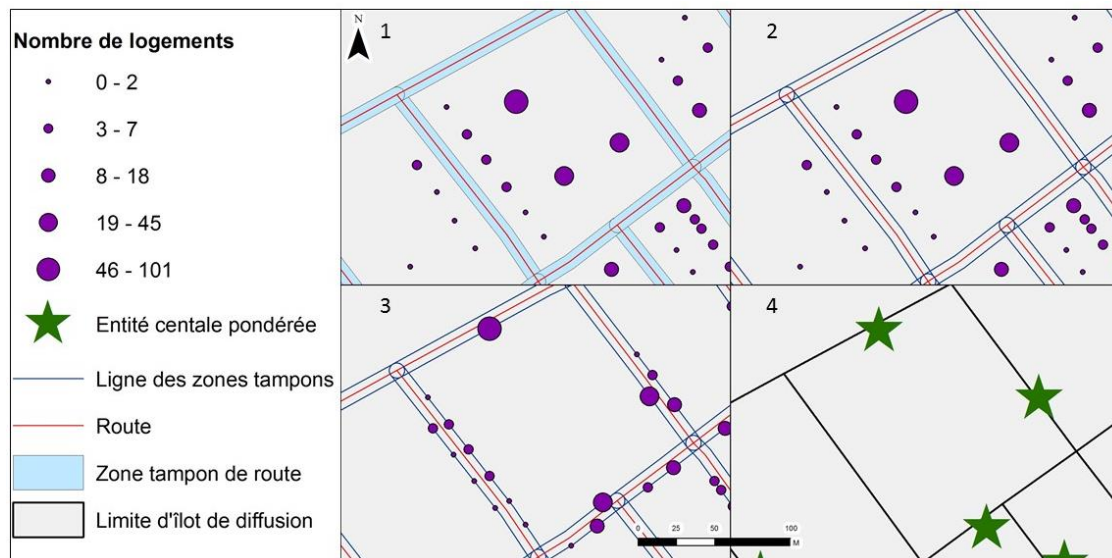


Figure 26 : Étapes du déplacement des barycentres de lots

Des traitements ont été effectués afin d'exclure les résidences ne respectant pas les critères de l'étude (Figure 27). Ces critères sont : 1) la résidence ne doit pas être située à plus de 1 000 mètres de la route; 2) la résidence doit être dans un ID avec une population. La limite imposée des résidences se situant à plus de 1 000 mètres de la route a été appliquée pour ne pas confondre les résultats actuels avec des données extrêmes. Ces deux modifications permettent de créer une sorte d'écoumène de la population. Un test effectué à l'échelle de la RMR de Québec a démontré que 289 résidences sur 236 358 ont une distance plus grande que les 1 000 mètres accordés, soit 0,12 %.

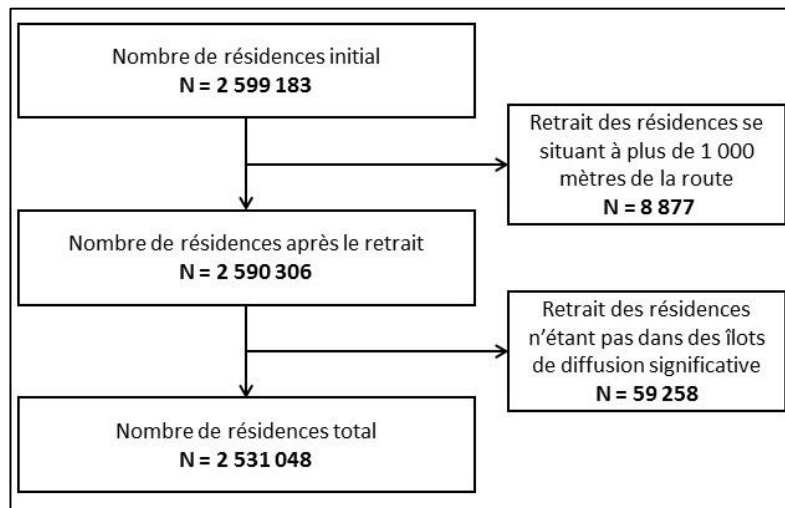


Figure 27 : Nombre de résidences à l'étude

3.4.2.2.2 Création du nouveau centre des aires de diffusion

Suivant cette étape, il a été possible de générer un nouveau centre pour chaque ID permettant de mieux modéliser la répartition spatiale des résidences. Ainsi, pour ne pas créer un indice d'accessibilité pour chaque résidence, le nombre de logements a été utilisé pour localiser ce nouveau centre devant représenter le mieux l'ID au niveau géographique et démographique. Pour cela, différentes méthodes ont été testées et comparées avec *ArcGIS 10.4* (Figure 28). La première méthode, appelée « entité centrale pondérée », sélectionne le point dans chaque ID qui est situé le plus au centre et le pondère par le nombre de logements. La deuxième méthode, appelée « centre moyen pondéré », permet de générer un centre géographique basé sur la localisation moyenne des bâtiments localisés dans l'ID et le pondère par le nombre de logements de chaque point. Le centre géographique a aussi été calculé à des fins de comparaison. Pour sélectionner la meilleure méthode, les distances euclidiennes entre les résidences et chacun des nouveaux points créés ont été calculées. Par la suite, la méthode d'agrégation minimisant la distance entre les localisations estimées des logements et le centre des ID a été sélectionnée. Ce test a été appliqué sur un échantillon de 236 069 barycentres de lots dans la RMR de Québec. Après analyse, la méthode retenue afin de modéliser la répartition spatiale de la population avec le territoire québécois municipalisé est l'entité centrale pondérée (Tableau 8).

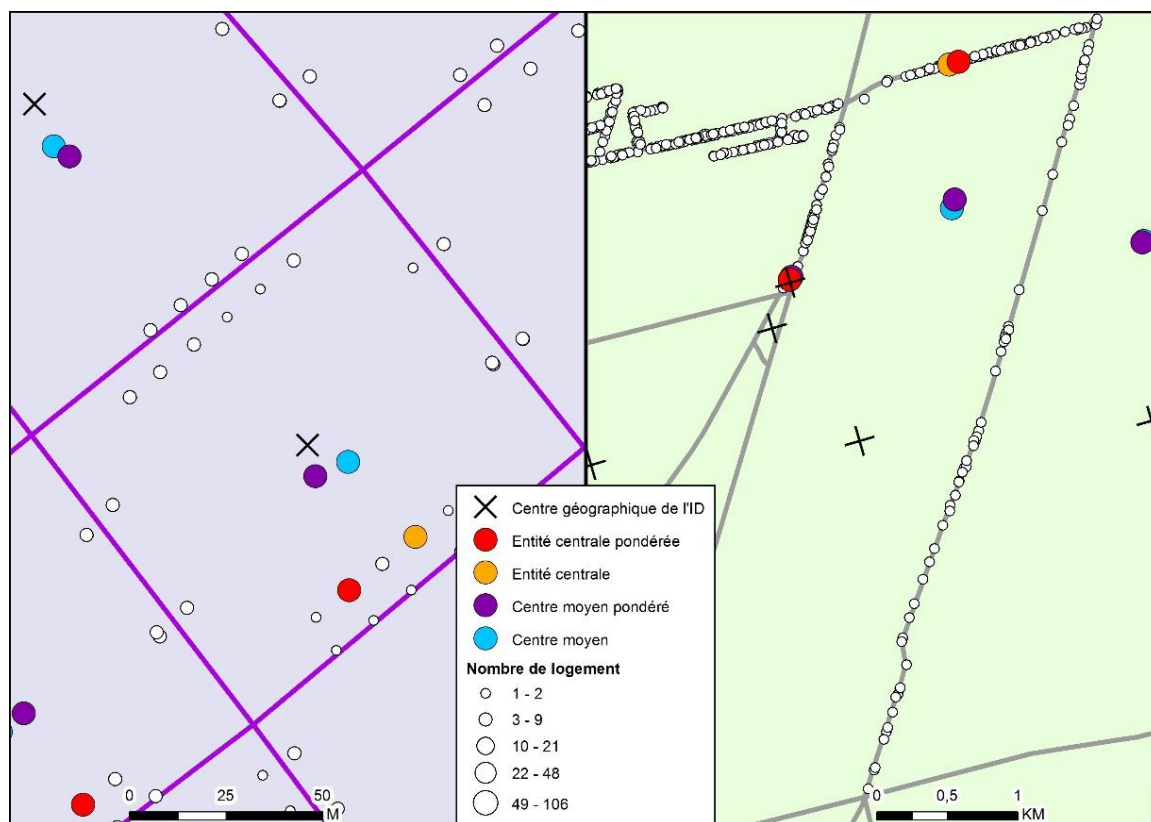


Figure 28 : Comparaison des méthodes de répartition spatiale des résidences

Tableau 8 : Résultats des tests des barycentres

Méthode	Bâtiment corrigé		Bâtiment corrigé et pondéré
	Distance moyenne (m)	Écart-type	Distance moyenne (m)
Centre moyen	301,07	556,63	
Centre moyen pondéré	303,87	557,53	236,03
Entité centrale	293,77	609,52	
Entité centrale pondérée	299,63	612,13	229,75
Centre îlot (géographique)	410,36	767,22	

En tout, trois étapes sont nécessaires dans la création du nouveau centre des ID (Figure 29). La première étape est de créer les entités centrales pondérées avec *ArcGIS 10.4*. Après avoir créé ces nouveaux centres, les doublons causant des problèmes d'interprétation ont été éliminés par une fusion des champs géographiques (X et Y). Pour ce faire, un décompte des points dans les ID associés a été effectué grâce à une jointure spatiale. Cela a permis de trouver les ID possédant deux nouveaux centres au lieu d'un seul. Cela s'explique par le fait que s'il y a uniquement deux immeubles résidentiels dans l'ID, et qu'ils ont le même nombre de logements, l'outil conserve les deux centres au lieu d'un seul. Ces centres ont été exportés afin de créer un centre moyen pondéré (solution 1.B de la Figure 29). Les centres non touchés par ce cas ont été exportés comme des entités centrales pondérées (solution 1. A de la Figure 29). Il y a 94,12 % des ID au Québec de type 1. A (77 688 sur un total de 82 538 ID). L'étape 1.B correspond à 1 666 ID, soit 2,02 % du total. Ensuite, la deuxième étape inclut les ID où une population a été recensée, et dont le centre se situe à 5 mètres d'une route (solution 2 de la Figure 29). Dans ce cas, la zone tampon de 5 mètres utilisée précédemment a été reprise. Par la suite, il a été possible d'ajouter un centre géographique dans ces zones tampons et de transformer ces zones en ligne. L'outil « capturer (Mise à jour) » d'*ArcGIS* a été utilisé pour localiser ces nouveaux centres à 5 mètres de la route. Il y a 2,87 % (2 371) de l'ensemble des ID de type 2 au total. La troisième étape se présente lorsque l'ID n'a pas de population recensée et n'est pas situé près d'une route. Un seul centre géographique a été créé pour ces situations. Il y a 813 ID de ce type au total, soit 0,99 % (solution 3 de la Figure 29).

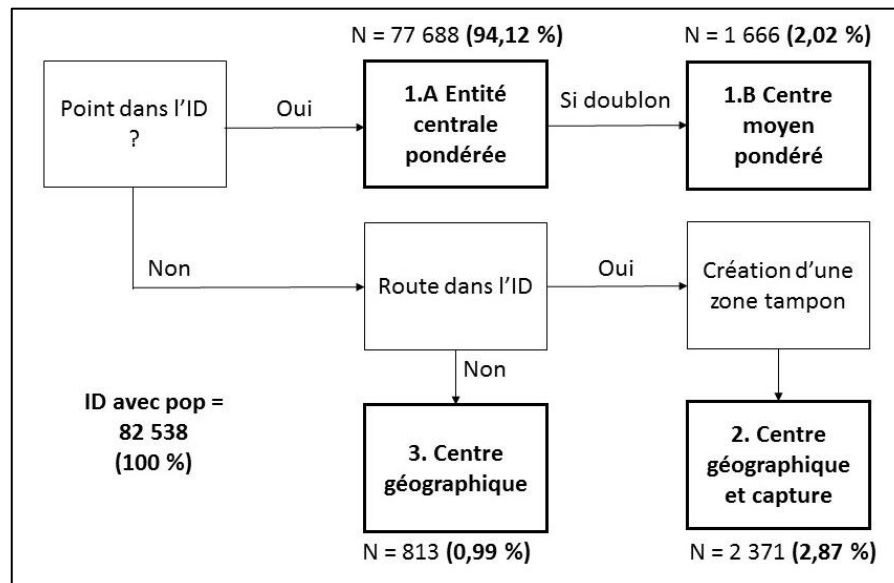


Figure 29 : Étapes de sélection des barycentres

3.4.2.2.3 Mesures de proximité

Par la suite, ces nouveaux centres ont été insérés dans l'outil « Network Analyst » pour calculer la distance les séparant des services et commerces utilisés dans la mesure de la capacité à faire face, soit les services de santé (centre local de services communautaires et centre hospitalier de soins généraux et spécialisés), écoles (tous les établissements scolaires), les stations de police, les casernes de pompiers ainsi que les pharmacies. La ressource la plus proche a été sélectionnée et la distance réticulaire calculée grâce à l'outil « Network Analyst ». Toutefois, la distance n'a pu être mesurée dans 110 cas : 40 de ces centres ont été déplacés manuellement puisqu'ils n'étaient pas connectés avec les routes et les 70 autres centres ont été corrigés à l'aide de la valeur de la distance maximale en raison de leur localisation fortement éloignée. Une fois de plus, il est important de mentionner que ces résultats au niveau de l'ID ont été rapportés aux AD pour concorder avec les indicateurs de sensibilité. Puisqu'une AD peut comprendre plusieurs ID, la moyenne des résultats compris dans les ID a été calculée pour les transposer au niveau des AD correspondantes.

Différentes approches concernant le type et le choix de distance à utiliser pour calculer la ressource la plus proche sont disponibles : « les principales mesures de distance utilisées dans la

littérature sont les distances cartésiennes (euclidienne et de Manhattan) et les distances calculées à travers un réseau de rues (le chemin le plus court ou le chemin le plus rapide) » (Ngamini Ngui et Apparicio, 2011, p. 372). La distance calculée à travers un réseau de rues (distance réticulaire) a été préférée à la distance temps pour cette étude. Cela dit, Apparicio *et al.* (2008) ont mesuré la corrélation entre ces deux distances et le résultat démontre qu'il n'y a pas de différence significative entre les distances temps et réticulaire.

3.4.3 Exposition aux aléas

Pour bien prendre en considération la vulnérabilité de la population québécoise face aux vagues de chaleur et aux aléas hydrométéorologiques, la cartographie est réalisée en tenant compte de la distribution géographique du lieu de résidence de la population québécoise (écoumène). Ainsi, l'utilisation des AD comme support pour les indices apporte un inconvénient majeur. En effet, les AD représentent de grandes surfaces regroupant un certain nombre de personnes, sans se soucier du territoire occupé par celui-ci. Pour pallier ce problème, la construction des AD représentant davantage les zones habitées a été priorisée. L'écoumène utilisé est le résultat de plusieurs essais afin de modifier la géométrie des AD. Puisque la modification de la géométrie demande de nombreux traitements pouvant être lourds à gérer, plusieurs manipulations ont été faites en important les fonctions d'*ArcGIS* dans *Python 2,7* afin d'accélérer la vitesse des calculs.

La construction de l'écoumène du Québec commence par l'utilisation des données d'Adresse Québec (AQ). Il s'agit d'un fichier de points où chaque point représente une adresse. Ce fichier contient aussi des adresses commerciales ou institutionnelles. Il est possible de retirer ces points en faisant une sélection selon l'attribut, et de ne conserver que la catégorie « R », qui représente les points de la catégorie « résidentielle ». Le fichier de points comporte un inconvénient majeur pour la création de l'écoumène : le point représente souvent le centroïde de lot au lieu de représenter le bâtiment d'habitation. Ce problème est davantage visible dans les milieux ruraux. Pour régler le problème, il suffit de déplacer les points près de l'axe routier avec une zone tampon de 10 mètres autour de la route. La fonction pour faire cette correction est la fonction « Capturer » dans *ArcGIS*. Cette étape est très lourde à faire : le fichier de points a donc été divisé en 197 fichiers afin d'accélérer le temps de calcul. Pour faciliter le traitement, le fichier des zones tampons (qui est un fichier surfacique) est transformé en un fichier de lignes, par la fonction

« Polygone vers ligne ». Une fois tous les points déplacés, le fichier a été réassemblé afin de poursuivre la construction de l'écoumène.

La deuxième étape consiste à créer un quadrillage pour pouvoir générer une tessellation. La génération d'une tessellation avec les limites du Québec est trop lourde pour le logiciel. Il devient alors nécessaire d'avoir de plus petites limites afin que la génération des tessellations soit facilement traitable par le logiciel. Chaque cellule de grille fait 50 km² (Figure 30a). Une fois le quadrillage fait, il est possible de ne sélectionner que les cellules qui superposent des résidences pour pouvoir faire une tessellation à l'intérieur de celles-ci, uniquement en utilisant une sélection selon l'emplacement. Puis, une fois ces cellules exportées dans un nouveau fichier, il est possible de fractionner ce fichier de polygone, afin que chaque polygone forme un nouveau fichier de forme. Puisque la fraction se fait par rapport au champ « AD », chaque nouveau fichier prend le nom de l'« AD » du polygone, dans le cas présent un nombre. Puis, une tessellation est faite en prenant chacune des cellules de la grille comme limites. Chaque hexagone a une superficie de 20 000 m². La superficie des polygones (hexagones) a été déterminée après plusieurs tests. La superficie choisie est celle qui causait le moins de distorsion de l'écoumène (Figure 30 b). Seuls les hexagones qui superposent un point de résidence sont gardés. En appliquant une sélection selon l'emplacement, il est possible de ne garder que les hexagones qui superposent une résidence. Ces polygones sont exportés dans un nouveau fichier. Puis, les sommets de ces polygones sont extraits. Cette fonction se nomme « Sommets d'entités vers points » dans *ArcGIS* (Figure 30c). Ces fichiers de points (soit les fichiers de sommets) sont joints ensemble pour la création d'un TIN (Réseau triangulé irrégulier). La création du TIN est nécessaire pour avoir accès à la triangulation que celui-ci produit. Cela est contre-intuitif, mais il n'existe pas, à notre connaissance, un moyen plus rapide d'avoir accès à la triangulation du TIN. La valeur d'élévation (soit la valeur Z) n'est pas importante, puisque le TIN en soi n'est pas intéressant dans le cadre du projet. De plus, il est important de choisir la bonne projection pour la création du TIN. Sans projection, le TIN va tout de même être créé, sauf qu'il ne sera pas possible d'extraire des données sur la géométrie de la triangulation. Dans le cas présent, la projection est la NAD 1983 Québec Lambert. L'étape suivante consiste à extraire la triangulation du TIN. La fonction pour y parvenir se nomme « Triangles TIN » dans *ArcGIS*. Une fois la triangulation

faite, le périmètre des triangles est calculé. Une fois que cela est fait, et après plusieurs tests, il a été déterminé que les triangles ayant un périmètre plus petit ou égal à 550 mètres sont gardés. Une sélection selon les attributs a été effectuée (Figure 30d).

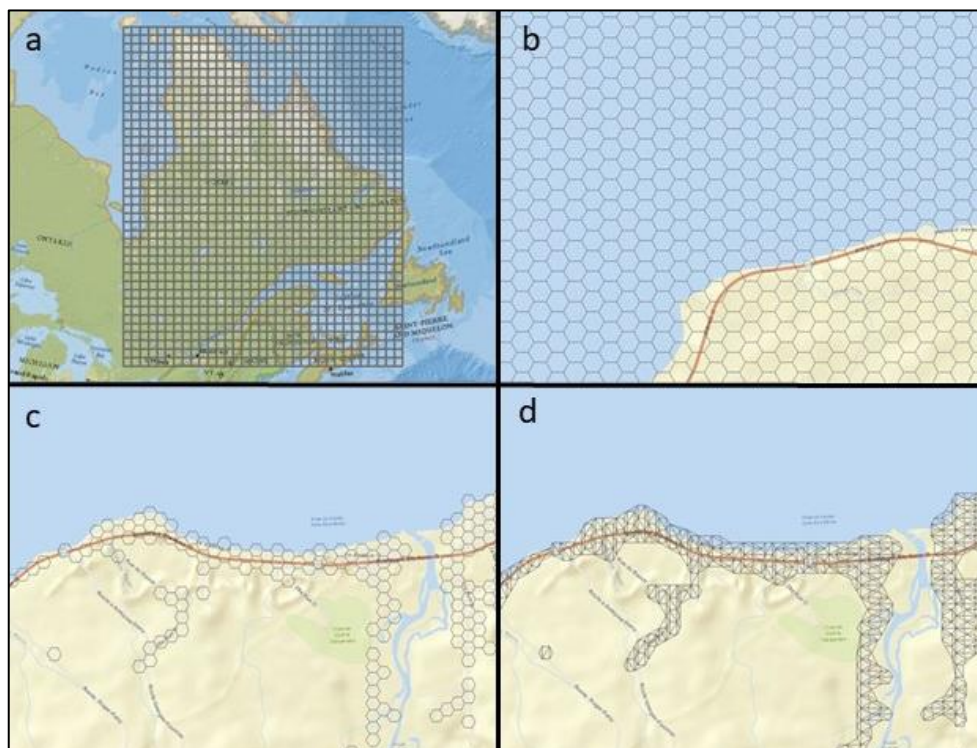


Figure 30 : Étapes de représentation de l'écoumène

Par la suite, tous les triangles ont été fusionnés pour ne créer qu'un seul polygone. La fonction « Fusionner » dans *ArcGIS* a été utilisée. Le polygone est ensuite lissé afin d'adoucir ses angles. Puisqu'il s'agit d'une opération assez lourde, l'utilisation de la fonction « Lisser un polygone » a été utilisée dans sa codification *Python*. Après plusieurs tests, la condition « Paek » (Polynomial Approximation with Exponential Kernel, approximation polynomiale avec noyau exponentiel) avec une valeur de 200 a été retenue pour le lissage puisque cette condition produit les résultats les plus esthétiquement intéressants. Puis, par endroit, le polygone se superpose au réseau hydrographique du Québec. Il faut donc effacer les endroits où il y a une superposition. Pour ce faire, il suffit d'effacer du fichier d'écoumène les endroits de superposition. De par la taille du fichier hydrographique, cette étape fut effectuée en langage de programmation *Python*,

pour accélérer le temps de calcul. Finalement, les AD ont été découpées selon le polygone représentant l'écoumène.

Par ailleurs, les TNO (territoire non organisé) ont été exclus de l'écoumène en raison des espaces non habités. Les réserves autochtones ont aussi été enlevées en raison du manque de données statistiques lors des recensements. Ainsi, l'écoumène représente concrètement le territoire habité des AD et, par le fait même, les zones exposées aux vagues de chaleur et aux aléas hydrométéorologiques (Figure 31). Au total, le projet porte sur 13 351 AD. Toutefois, lors de la création des indicateurs, certaines données concernant les aléas hydrométéorologiques sont manquantes pour 214 AD (1,60 %) et certaines données concernant les vagues de chaleur sont manquantes pour 231 AD (1,73 %). Étant donné que certains indicateurs ne sont pas les mêmes pour ces deux aléas, le nombre de données manquantes par AD diffère.

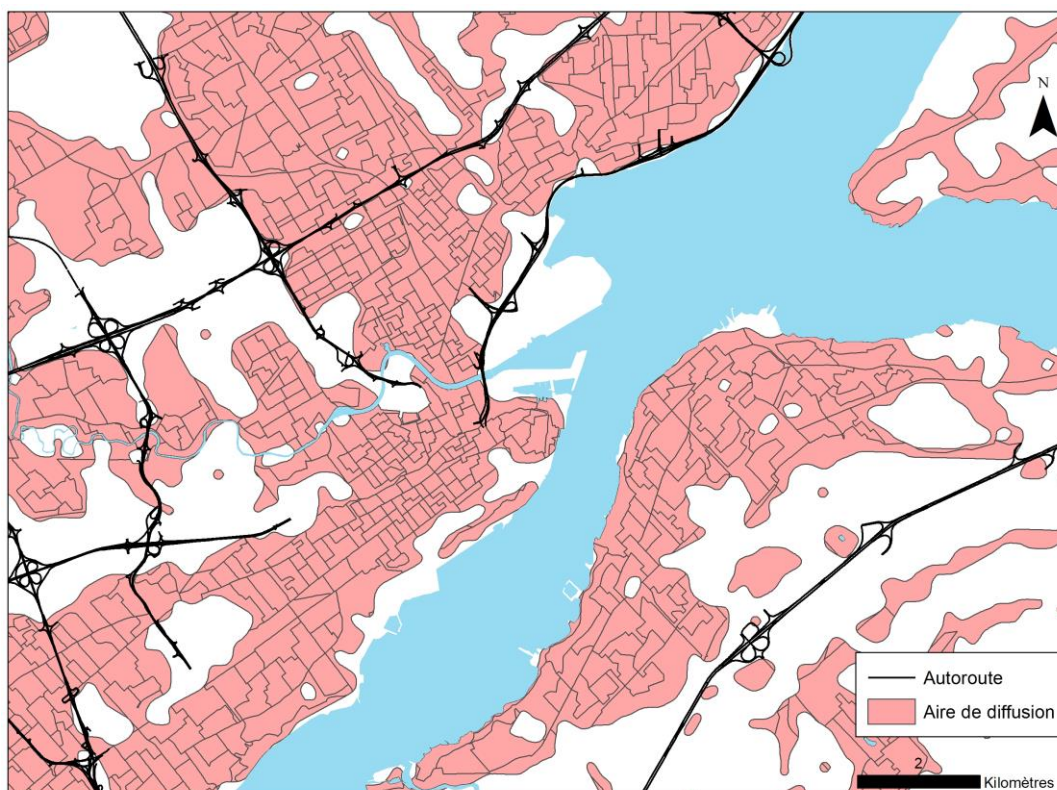


Figure 31 : Écoumène de la région de Québec

3.4.5 Îlots de chaleur

L'exposition à la chaleur est accrue par l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU), observé dans les environnements urbains où la température est plus élevée que dans les zones rurales adjacentes. En 2013, une première cartographie des ICU à partir d'images satellitaires a été conçue par le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Dans le cadre du projet, et plus précisément lors de la représentation cartographique dans l'atlas en ligne (chapitre 4), les données du CERFO ont été sélectionnées afin de représenter les ICU à l'ensemble du Québec.

Cependant, le résultat des données du CERFO est mitigé, notamment en raison d'erreurs constatées dans la classification des sols, et quant à la longueur et au coût du traitement des données. Ainsi, nous avons exploré une autre façon de cartographier les ICU, sans toutefois les représenter dans l'atlas en ligne. Ainsi, il a été possible de 1) regrouper sur une même carte les différentes images cartographiant la température au sol captée par un satellite et d'explorer un processus automatisé de cartographie des ICU dans le Québec méridional (annexe 7); 2) refaire, en utilisant une nouvelle méthodologie, la carte que le CERFO a produite pour la grande région de Québec en 2016 (annexe 8); 3) produire une carte pour 2015 et 2017 avec une évaluation des différences entre les résultats de 2015, 2016 et 2017 en utilisant des espaces pour lesquels des changements d'affectation du sol (aménagements) ont été réalisés (annexe 9).

3.4.6 Données climatiques

Les données climatiques sont des données qui servent à enrichir le contenu de l'atlas tout en permettant de superposer ces dernières avec la cartographie de la vulnérabilité. De façon générale, cette sous-section répond à l'objectif de présenter les données climatiques en lien avec les deux aléas à l'étude, soit les aléas hydrométéorologiques et les vagues de chaleur, pour l'ensemble du Québec municipalisé.

Le consortium de recherche Ouranos a récemment mis sur pied un portail Web contenant des données sur les portraits climatiques au Québec. Cette plateforme a pour but de transmettre des informations climatiques au grand public. Elle offre la possibilité de voir les moyennes climatiques 1981-2010 pour huit variables, soit de manière annuelle, soit de manière saisonnière.

Elles sont produites par le *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP 5). De plus, les scénarios de prévision sont disponibles pour deux *Representative concentration pathways* (RCP), pour deux périodes de temps, soit 2041-2070 et 2071-2100. Il est possible de télécharger les données pour ensuite les intégrer dans un système d'information géographique. Le téléchargement des données par région plutôt que les données pour l'ensemble du Québec permet une résolution spatiale plus fine, soit de 15 km². Par la suite, il suffit de combiner les différents fichiers en un seul et de fusionner les pixels découpés par le découpage des régions, dont la valeur et l'identifiant sont identiques. La fusion des pixels entraîne cependant une perte d'information dans la base de données du fichier fusionné. Il suffit alors de faire une jointure attributaire entre le fichier combiné et le fichier fusionné pour retrouver la base de données originale. Les variables téléchargées sont : le nombre annuel de jours dont la température est supérieure à 30 Celsius; la moyenne estivale des températures maximales quotidiennes; le total printanier des précipitations (en mm); le total estival des précipitations (en mm); le maximum des précipitations cumulées sur cinq jours pour les mois d'avril à septembre. Puis, pour chaque variable, la moyenne climatique 1981-2010, ainsi que le scénario RCP 8.5 de la projection temporelle 2071-2100 pour le 50^e centile, sont utilisés afin de créer la cartographie des données climatiques du projet.

D'abord, la variable « nombre annuel de jours dont la température est supérieure à 30° Celsius » permet d'identifier les secteurs qui ont plusieurs occurrences de jours où la température est supérieure à 30° Celsius. Sans être un indicateur idéal pour les ICU, il permet de montrer les endroits où l'exposition à des températures importantes est plus fréquente, et surtout l'occurrence de l'exposition. Il en va de même pour la variable « moyenne estivale des températures maximales quotidiennes ». En effet, cette variable permet d'identifier les secteurs où la température est plus élevée, montrant donc un niveau d'exposition à la chaleur plus important. Ces indicateurs de températures ne sont pas parfaits en soi, mais montrent bien l'exposition.

Pour ce qui est des variables pour la précipitation, il devient plus difficile de choisir des variables. En effet, le lien entre les précipitations et les inondations n'est pas direct, et plusieurs autres facteurs entrent en ligne de compte dans la survenue d'une inondation. Il n'y a pas beaucoup de données sur la précipitation sur le site Web d'Ouranos. En effet, les deux variables identifiées

précédemment sont les deux seules variables disponibles. Dans ce cas, les variables « total printanier des précipitations (en mm) » et « total estival des précipitations (en mm) » deviennent les plus intéressantes, puisque les inondations au Québec surviennent majoritairement au cours de ces saisons. Par la suite, la variable « maximum des précipitations cumulées sur cinq jours pour les mois d'avril à septembre » est aussi intéressante, puisqu'elle permet d'identifier les secteurs, dont les précipitations sont relativement importantes sur une longue période de temps, ce qui est plus propice aux inondations. La période d'avril à septembre est sélectionnée, puisqu'elle correspond à la période où le risque d'inondations est le plus important. Les indicateurs de précipitation sont moins adaptés dans le cadre des inondations, en comparaison avec la température dans le cadre des îlots de chaleur. Toutefois, il n'y a pas d'autres variables disponibles pour les inondations sur ce portail Web.

Concernant les scénarios climatiques, la base de données offre deux possibilités, soit un scénario d'émissions modérées (RCP 4.5), soit un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5). Les plus récentes études concernant les concentrations de gaz à effet de serre montrent que le scénario d'émissions modérées n'a pas beaucoup de chance de se réaliser. Le scénario d'émissions élevées est plus susceptible de se produire. Dans ce cadre, il est plus important de présenter les variables avec le scénario d'émissions de concentrations qui est le plus probable. Le RCP 8.5 est donc celui choisi. Pour ce qui est des centiles, le site Web propose trois centiles, soit le 10^e centile, 50^e centile et 90^e centile. Dans ce cas, le 10^e centile et le 90^e centile sont les deux cas extrêmes, alors que le 50^e centile représente les valeurs médianes. Pour une meilleure représentativité, le 50^e centile est utilisé.

3.5 Résultats

3.5.1 Création des indices synthétiques

Afin de créer les indices synthétiques de sensibilité et de capacité à faire face, quatre méthodes ont été analysées, soit l'analyse factorielle ou analyse en composantes principales (ACP), l'agrégation quantitative, la procédure hiérarchique d'analyse et l'analyse de régression. L'ACP a été sélectionnée en raison de son recours fréquent lors du calcul d'indices de vulnérabilité. Dans les études consultées lors de la revue de la littérature, cette méthode d'analyse multivariée

est couramment utilisée pour étudier les aléas des vagues de chaleur et des aléas hydrométéorologiques (Fekete *et al.*, 2009, Reid *et al.*, 2009; Hondula *et al.*, 2012).

3.5.1.1 Analyse en composantes principales

Ainsi, avec les données sources identifiées, les indicateurs construits et le territoire délimité à l'écoumène, plusieurs traitements statistiques associés à l'ACP ont été réalisés grâce au logiciel d'analyses statistiques SPSS. L'ACP a été effectuée afin de créer deux indices, soit l'indice de sensibilité et l'indice de la capacité à faire face, pour ensuite pouvoir estimer et cartographier la vulnérabilité. Une analyse en composantes principales est, en quelque sorte, une synthèse des variables. Elle « cherche à réduire un nombre important d'informations (prenant la forme de valeurs sur des variables) à quelques grandes dimensions » (Durand, 2003). L'ACP réduit le nombre de variables et détermine des composantes pouvant résumer des caractéristiques communes grâce aux patrons de corrélations (Durand, 2003; Fernandez *et al.*, 2016). Ainsi, ce type de traitement statistique permet de réduire l'information, grâce aux nouvelles composantes ou facteurs créés, et permet, par le fait même, de réduire la perte d'information et la redondance. Chacune des composantes représente une certaine partie de la variance totale des variables ou indicateurs de départ. Les ACP ont été menées séparément pour les vagues de chaleur et les aléas hydrométéorologiques. Ainsi, quatre ACP ont été effectuées au total (Tableau 9 à Tableau 12). La première porte sur tous les indicateurs de la sensibilité aux vagues de chaleur (13 indicateurs), la deuxième concerne les indicateurs de la sensibilité aux aléas hydrométéorologiques (12 indicateurs), la troisième porte sur les indicateurs de la capacité à faire face aux vagues de chaleur (7 indicateurs) et la quatrième concerne les indicateurs de capacité à faire face aux aléas hydrométéorologiques (7 indicateurs). Une valeur absolue minimale de 0,5 pour ce qui est du coefficient de saturation (corrélation) a été retenue, faisant en sorte d'afficher les indicateurs les plus corrélés entre eux et d'exclure les indicateurs peu corrélés (Thomas *et al.*, 2012; De Loyola Hummell *et al.*, 2016). Dans une analyse par ACP, l'indice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) permet d'indiquer « jusqu'à quel point l'ensemble de variables retenu est un ensemble cohérent et permet de constituer une ou des mesures adéquates de concepts » (Durand, 2003). Il est reconnu qu'une analyse avec une valeur de moins de 0,5 est inacceptable, tandis qu'à 0,9, elle est « merveilleuse ».

Les quatre ACP ont été effectuées sur les 13 351 AD à l'étude, mais cartographiées selon l'écoumène délimité. Les ACP ont créé ainsi des nouvelles composantes synthétiques et ont attribué un score à chacune des AD selon ces nouvelles composantes. Pour chacun des facteurs, les scores obtenus par les AD à la suite de chacune des ACP ont été pondérés par la proportion de la variance associée, afin d'avoir un résultat plus représentatif. Finalement, les scores pondérés ont été additionnés pour créer un indice de la sensibilité et un indice de la capacité à faire face pour chacun des aléas.

3.5.2 Représentation cartographique

La cartographie des deux indices, soit la sensibilité et la capacité à faire face, s'est effectuée grâce aux résultats fournis par les deux ACP. Une standardisation de type Min-Max Rescaling Transformation (Figure 32) a été appliquée auparavant pour pouvoir mieux comparer les résultats, sur une plage de valeurs communes (Yoon, 2012). En termes de standardisation cartographique, cinq classes ont été élaborées en tenant compte des quantiles, afin de mieux représenter et comparer les résultats (De Almeida *et al.*, 2016). Par ailleurs, la composante *capacité à faire face* a été inversée afin que les valeurs aillent dans le même sens que la composante *sensibilité* (0 = faible, 1 = forte) et ne s'annulent pas.

$$Variable_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Figure 32 : Standardisation Min-Max Rescaling Transformation

3.5.2.1 Sensibilité

3.5.2.1.1 Aléas hydrométéorologiques

Tableau 9 : Analyse en composantes principales – Sensibilité – Aléas hydrométéorologiques

Indicateurs	Composante 1	Composante 2	Composante 3	Composante 4
Fréquence du faible revenu en 2015 fondé sur la mesure de faible revenu après impôt	0,758	0,230	0,355	0,255
Proportion de personnes n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade	0,169	0,456	0,474	-0,055
Proportion de personnes immigrantes récentes	0,376	-0,155	0,038	0,766
Proportion de personnes ne connaissant pas une langue officielle	0,077	0,054	0,065	0,911
Proportion de personnes vivant seules	0,844	0,283	0,130	-0,079
Proportion de familles monoparentales	0,683	-0,066	0,264	0,151
Proportion de logements loués	0,888	0,035	0,175	0,262
Proportion de logements nécessitant des réparations majeures	0,069	-0,097	0,841	0,033
Proportion de locataires consacrant 30 % ou plus du revenu du ménage à l'habitation	0,770	0,110	-0,042	0,129
Taux d'inactivité	0,157	0,884	0,150	0,069
Proportion de résidences construites avant 1975	0,284	0,194	0,661	0,111
Proportion de personnes d'âge sensible (65 ans et +; 4 ans et -)	0,061	0,883	-0,067	-0,101
% de la variance	28,526	16,604	13,728	13,559
% cumulatif	72,417			
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)	0,783			

* Les coefficients ayant une valeur supérieure à 0,5 sont représentés par un ton vert.

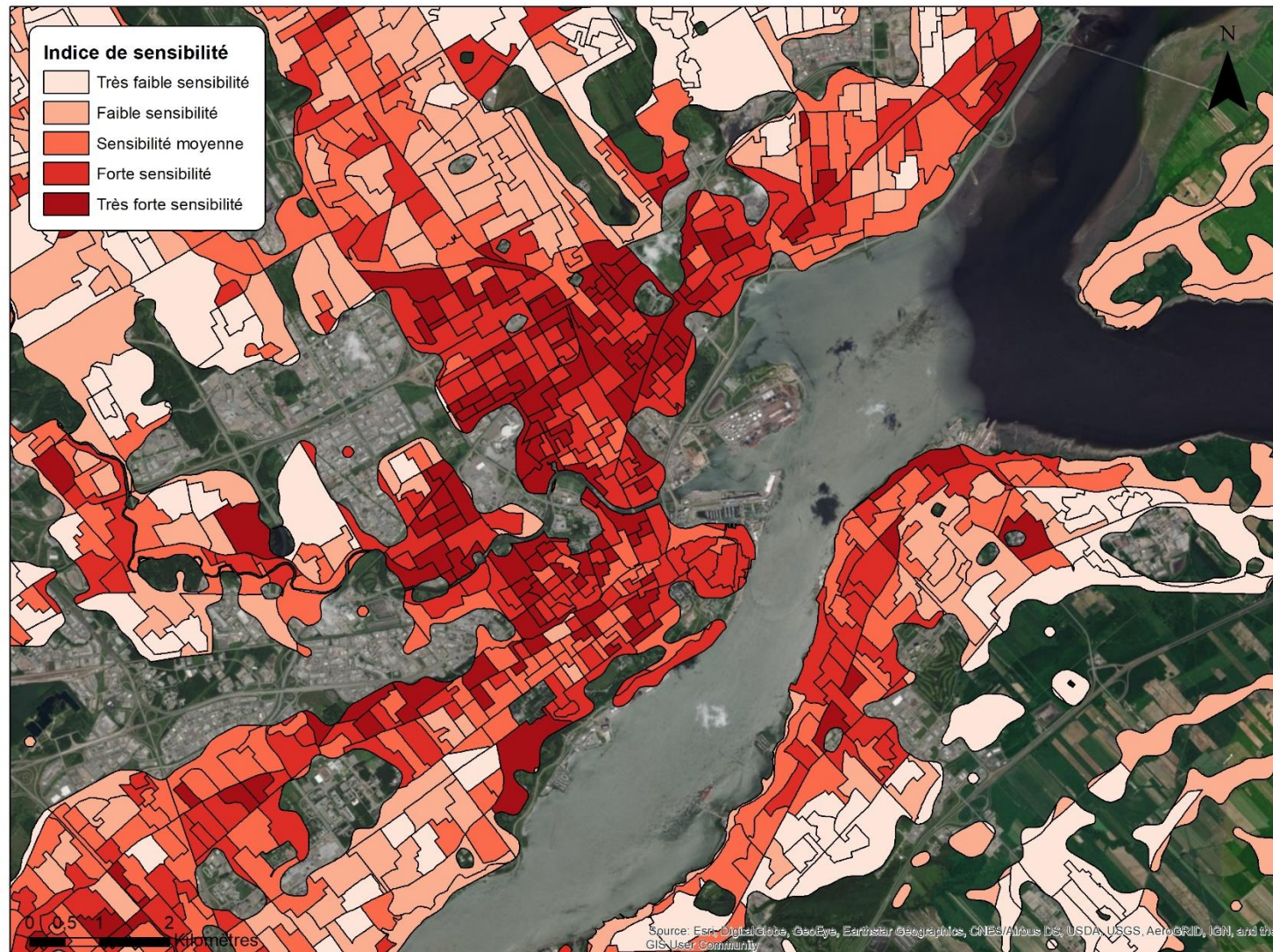


Figure 33 : Sensibilité aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec

3.5.2.1.2 Vagues de chaleur

Tableau 10 : Analyse en composantes principales – Sensibilité – Vagues de chaleur

Indicateurs	Composante 1	Composante 2	Composante 3	Composante 4
Fréquence du faible revenu en 2015 fondé sur la mesure de faible revenu après impôt	0,824	0,136	0,325	0,079
Proportion de personnes n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade	0,413	-0,446	0,400	-0,182
Proportion de personnes immigrantes récentes	0,348	0,775	0,121	0,014
Proportion de personnes ne connaissant pas une langue officielle	0,202	0,698	0,167	-0,047
Proportion de personnes vivant seules	0,801	-0,072	0,156	0,381
Proportion de familles monoparentales	0,761	0,060	0,136	-0,324
Proportion de logements loués	0,879	0,256	0,165	0,079
Proportion de logements nécessitant des réparations majeures	0,052	0,137	0,786	-0,053
Proportion de locataires consacrant 30 % ou plus du revenu du ménage à l'habitation	0,693	0,150	0,014	0,232
Proportion de logements dans l'aire de diffusion dans un îlot de chaleur	0,676	0,259	-0,038	0,093
Proportion de résidences avec 5 étages ou plus	0,183	0,375	-0,141	0,717
Proportion de logements construits avant 1980	0,179	0,053	0,787	0,123
Proportion de personnes d'âge sensible (65 ans et +; 4 ans et –)	0,106	-0,393	0,212	0,725
% de la variance	30,942	13,735	12,938	10,910
% cumulatif	68,525			
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)	0,805			

* Les coefficients ayant une valeur supérieure à 0,5 sont représentés par un ton vert.

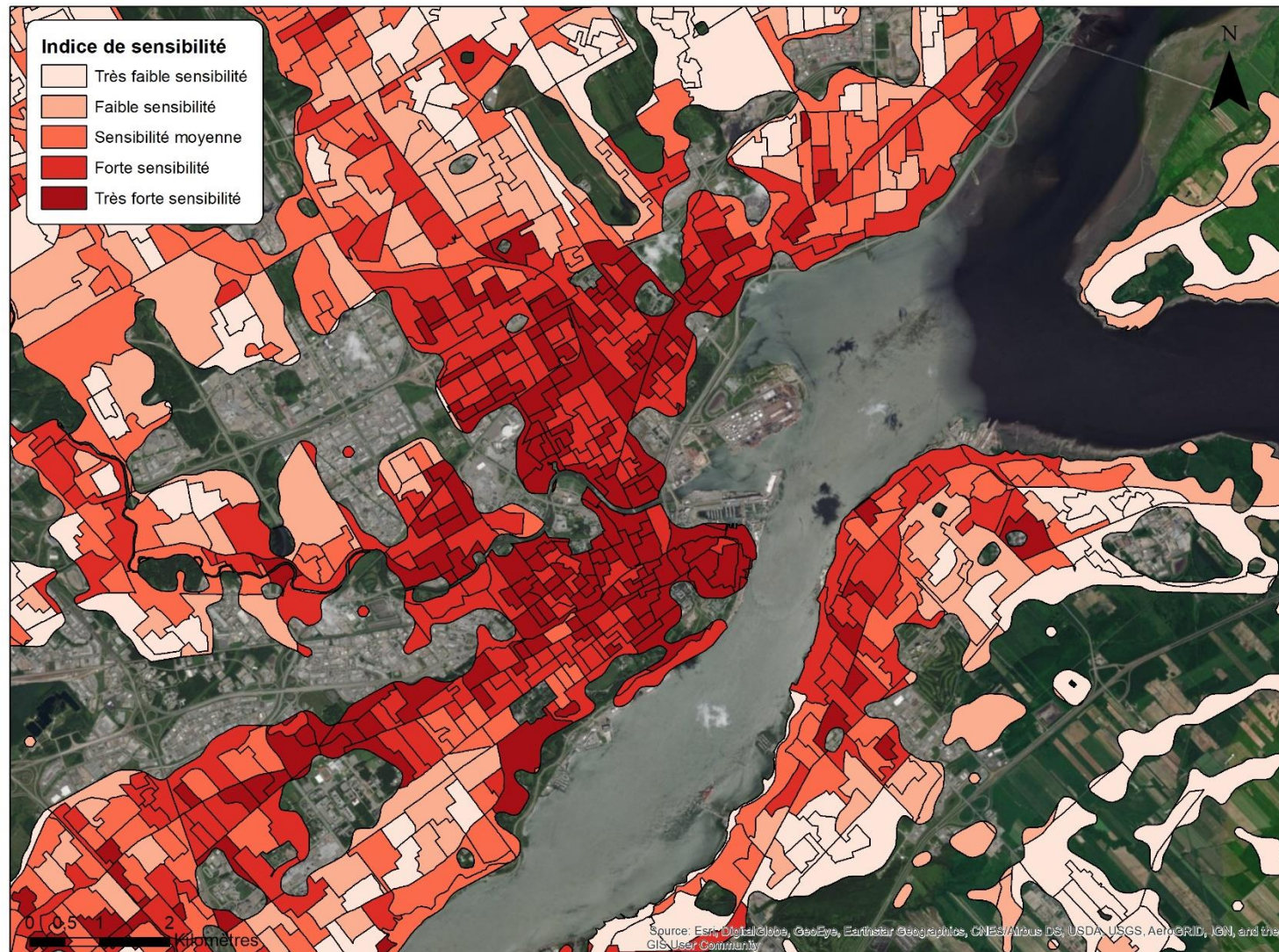


Figure 34 : Sensibilité aux vagues de chaleur – Grande région de Québec

3.5.2.2 Capacité à faire face

3.5.2.2.1 Aléas hydrométéorologiques

Tableau 11 : Analyse en composantes principales – Capacité à faire face – Aléas hydrométéorologiques

Indicateurs	Composante 1	Composante 2
Accessibilité aux services de type pompier	0,075	0,742
Accessibilité aux services de santé (CLSC et CHSGS)	0,934	0,171
Accessibilité aux établissements scolaires	0,682	0,359
Accessibilité aux services de type policier	0,551	0,589
Accessibilité aux pharmacies	0,273	0,833
Accessibilité aux CLSC	0,945	0,160
Accessibilité aux CHSGS	0,283	0,837
% de la variance	38,480	35,375
% Cumulatif	73,885	
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)	0,791	

* Les coefficients ayant une valeur supérieure à 0,5 sont représentés par un ton vert.

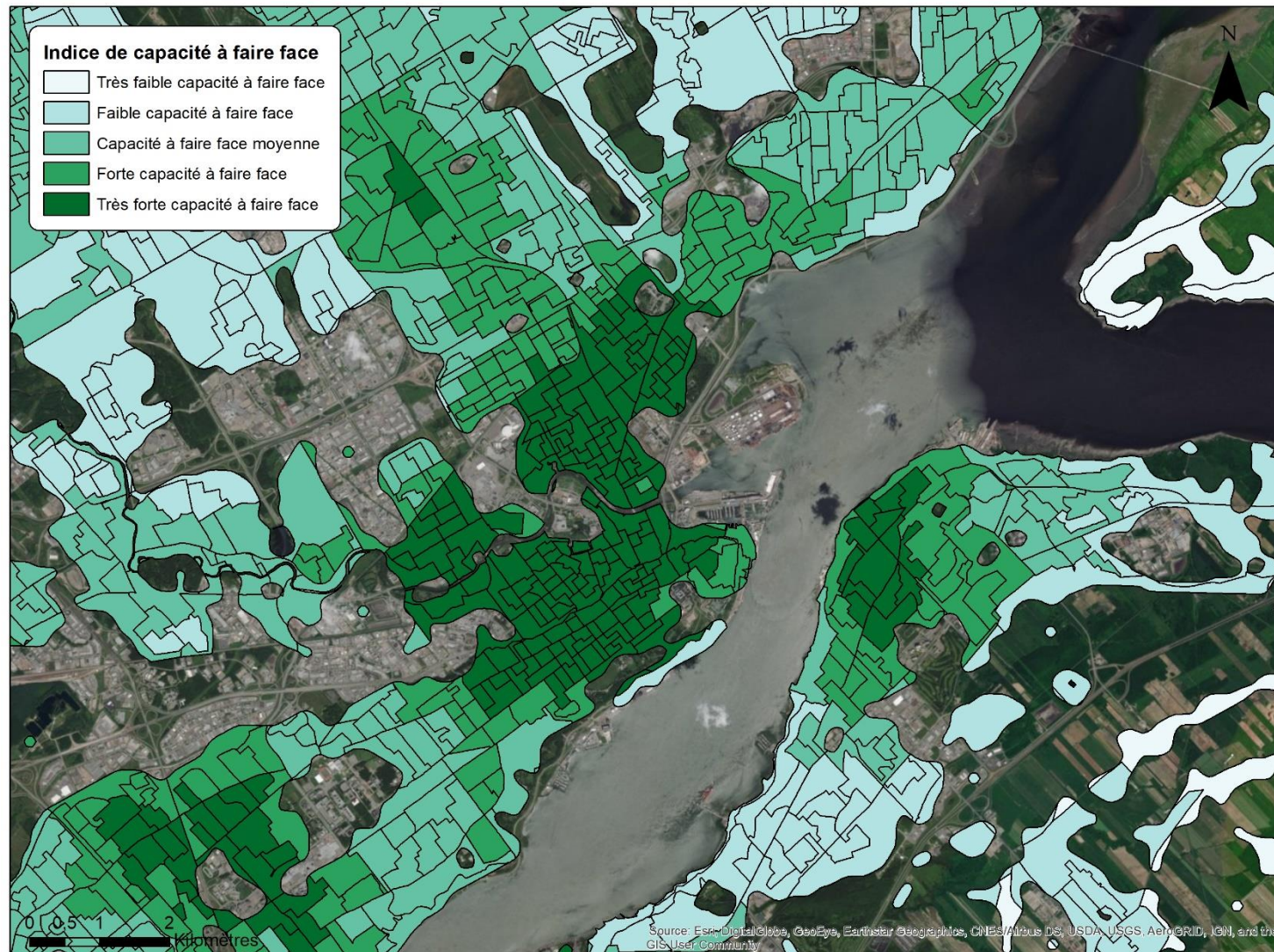


Figure 35 : Capacité à faire face aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec

3.5.2.2.2 Vagues de chaleur

Tableau 12 : Analyse en composantes principales – Capacité à faire face – Vagues de chaleur

Indicateurs	Composante 1	Composante 2
Accessibilité aux services de type pompier	0,693	0,129
Accessibilité aux services de santé (CLSC et CHSGS)	0,145	0,949
Accessibilité aux piscines publiques	0,740	-0,030
Accessibilité aux services de type policier	0,535	0,602
Accessibilité aux pharmacies	0,803	0,326
Accessibilité aux CLSC	0,130	0,954
Accessibilité aux CHSGS	0,771	0,377
% de la variance	36,993	34,827
% Cumulatif	71,820	
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)	0,766	

* Les coefficients ayant une valeur supérieure à 0,5 sont représentés par un ton vert.

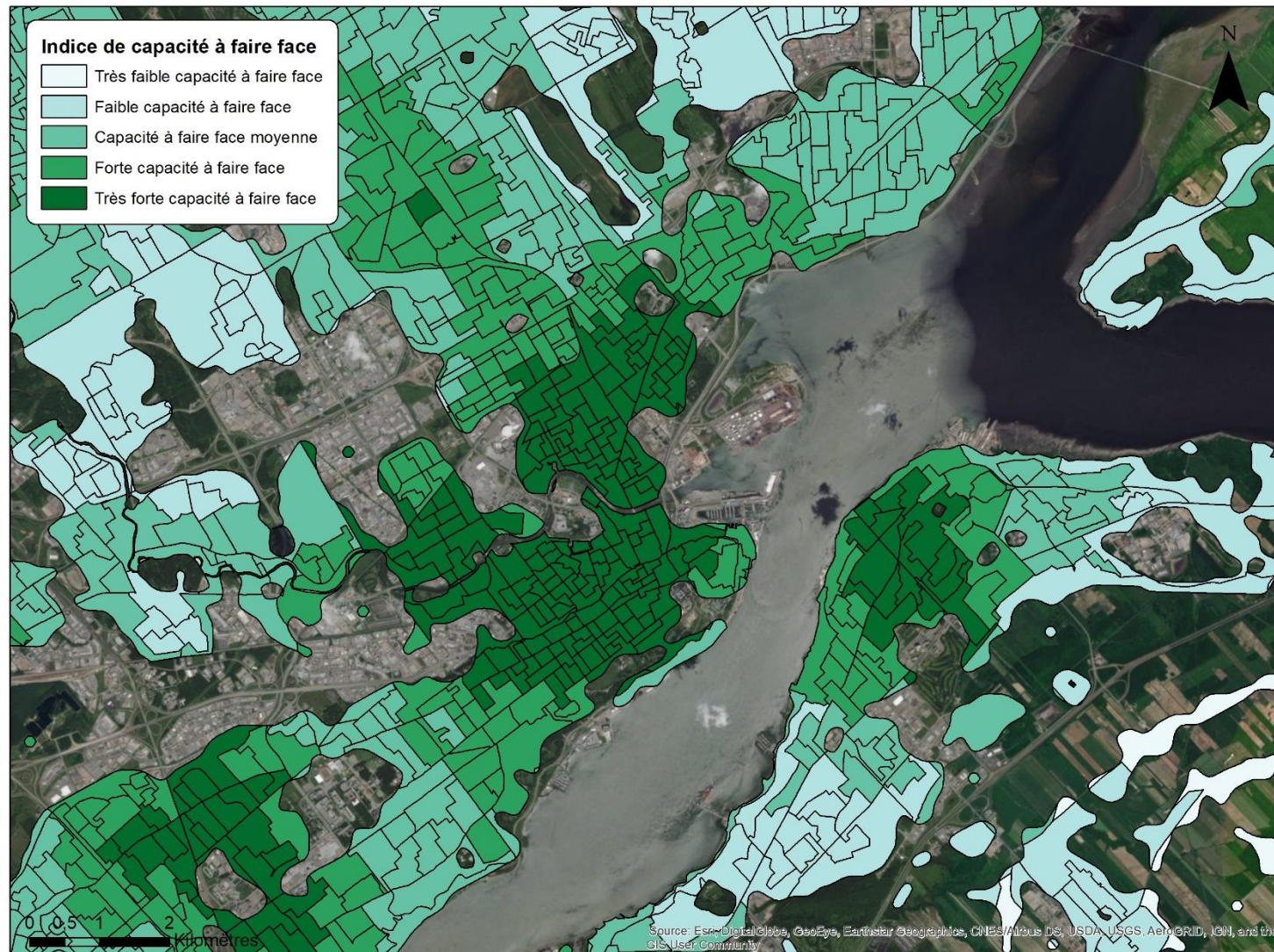


Figure 36 : Capacité à faire face aux vagues de chaleur – Grande région de Québec

3.5.3 Vulnérabilité

À la suite du calcul des indices de la sensibilité et de la capacité à faire face, deux cartographies de la vulnérabilité ont été élaborées dans le cadre du projet. La première correspond à la vulnérabilité brute et la deuxième à la vulnérabilité relative. Ces deux cartographies permettent de considérer la vulnérabilité sous deux angles complémentaires, tout en réduisant la perte d'information qu'un seul choix cartographique peut apporter. De plus, ces deux cartographies ont aussi été choisies en fonction des défis que comporte notre échelle d'étude à la fois fine, concernant les AD, et à la fois large, pour l'ensemble du Québec municipalisé.

3.5.3.1 Brute

La vulnérabilité brute est calculée en soustrayant l'indice de la capacité à faire face à celui de la sensibilité pour chacune des AD du Québec municipalisé. Tout dépendant des critères utilisés pour calculer les indices (ACP, analyse multicritère, pondération, etc.), la majorité des auteurs s'entend pour additionner ces derniers pour créer un indice de la vulnérabilité (Cutter *et al.*, 2003; Fekete, 2009; Khan, 2012; Zhang et Huang, 2013). Toutefois, puisque l'indice de la capacité à faire face est inversé dans le cadre du projet, une soustraction est donc requise (Thomas *et al.*, 2012). Les résultats, en ordre croissant du moins vulnérable au plus vulnérable, ont été répartis en six classes afin de représenter la vulnérabilité en suivant le modèle de la loi normale (Tableau 13). La vulnérabilité brute est représentée dans la Figure 37 pour les aléas hydrométéorologiques et la Figure 38 pour les vagues de chaleur.

Tableau 13 : Classification de la vulnérabilité brute

Classe	Pourcentage (%)	Aléas hydrométéorologiques	Vagues de chaleur
Très faible vulnérabilité	5	657	656
Faible vulnérabilité	15	1 970	1 968
Vulnérabilité modérée	30	3 941	3 936
Vulnérabilité moyenne	30	3 941	3 936
Forte vulnérabilité	15	1 971	1 968
Très forte vulnérabilité	5	657	656
Nombre d'AD dans le Québec municipalisé		13 351	
Nombre d'AD ayant des données manquantes		214	231
Nombre d'AD classifiée		13 137	13 120

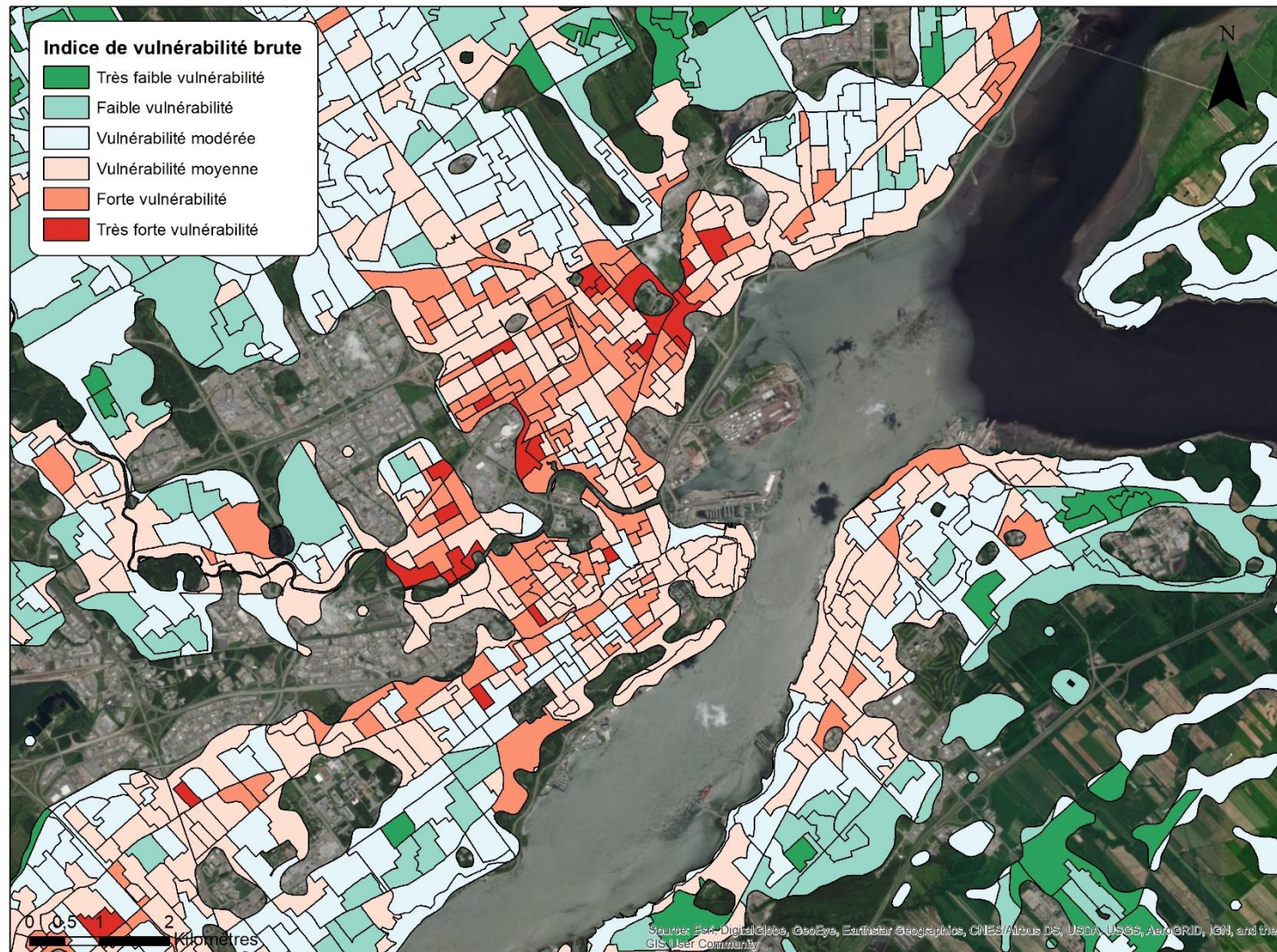


Figure 37 : Vulnérabilité brute aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec

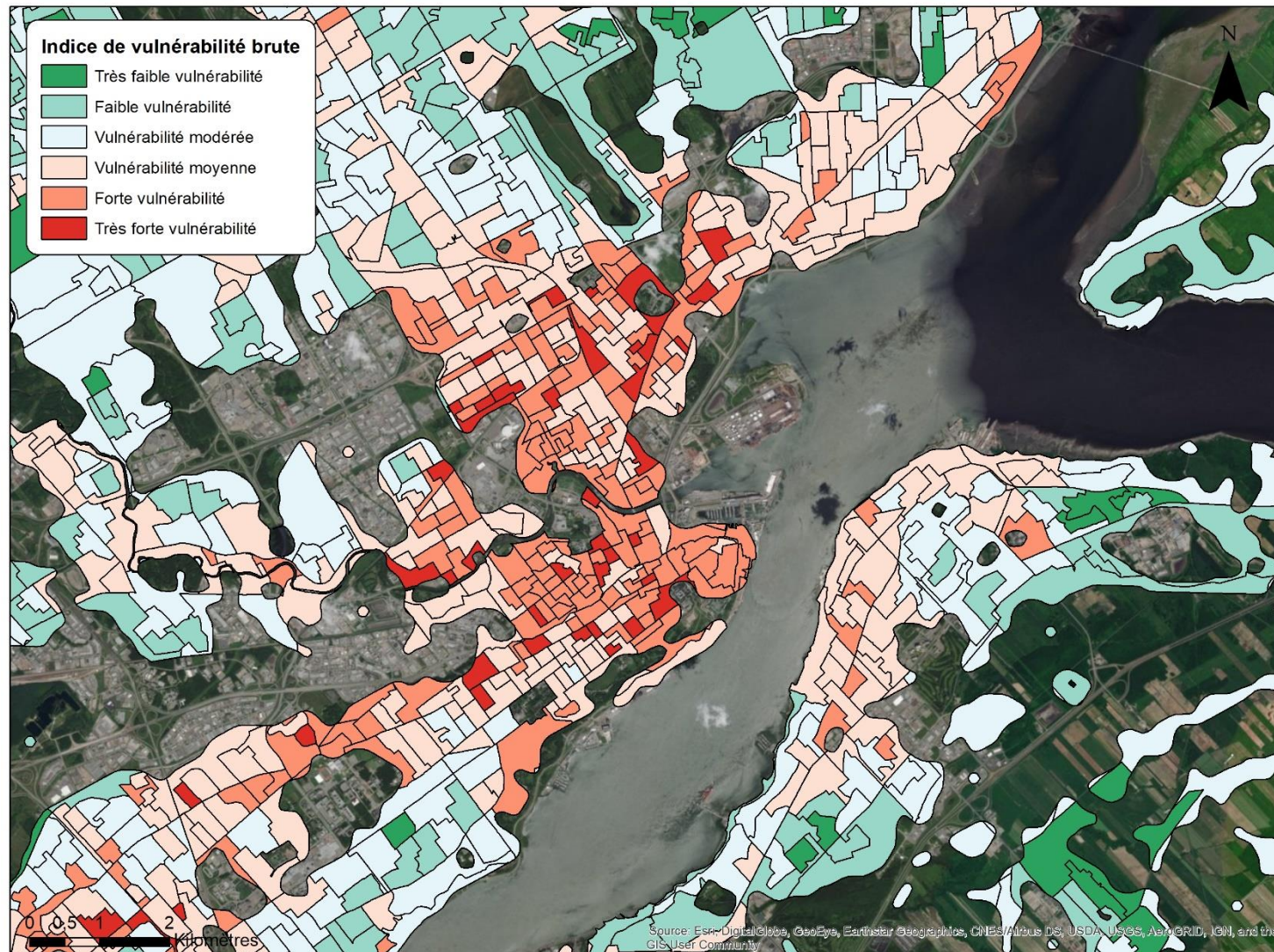


Figure 38 : Vulnérabilité brute aux vagues de chaleur – Grande région de Québec

3.5.3.2 Relative

La vulnérabilité relative a été créée grâce à la combinaison, sur deux axes, de l'indice de sensibilité et celui de la capacité à faire face. Ce type de cartographie a été inspiré par l'indice de défavorisation matérielle et sociale de Robert Pampalon et Guy Raymond (2003). La méthode de classification des données utilisée est celle d'un croisement des quintiles pour l'indice de la sensibilité et des terciles pour la capacité à faire face. Le premier quintile de la sensibilité indique une très faible sensibilité et le cinquième indique une très forte sensibilité. Pour ce qui est de la capacité à faire face, le premier tercile indique une faible capacité à faire face et le troisième une forte capacité à faire face. Ce choix dans le nombre de quantiles a été déterminé afin de pondérer la sensibilité qui est une dimension de la vulnérabilité ayant un effet plus dominant que la capacité à faire face. De plus, ce choix a été effectué en raison d'une plus grande diversité dans les variables de la sensibilité. Cette deuxième cartographie apporte un soutien à la première puisqu'elle sert à relativiser les informations fournies par le calcul effectué lors de la vulnérabilité brute. La légende annotée (Figure 39 et Figure 40) de la vulnérabilité relative permet de mieux démontrer le nombre d'AD catégorisées dans ce type de classification de la vulnérabilité. La vulnérabilité relative est représentée dans la Figure 41 pour les aléas hydrométéorologiques et la Figure 42 pour les vagues de chaleur. L'importance de cette cartographie s'explique par le fait qu'une AD pouvant être très fortement vulnérable lors de la représentation brute (calcul) peut aussi être moyennement vulnérable lors de la représentation relative, en raison de la combinaison en deux axes des quintiles de la sensibilité et des terciles de la capacité à faire face.

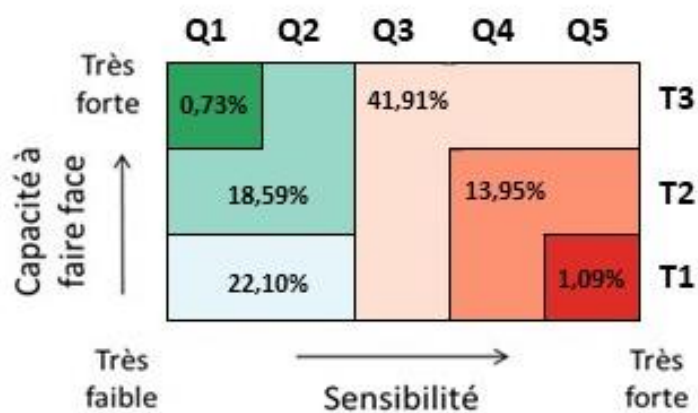


Figure 39 : Classification de la vulnérabilité relative – Aléas hydrométéorologiques

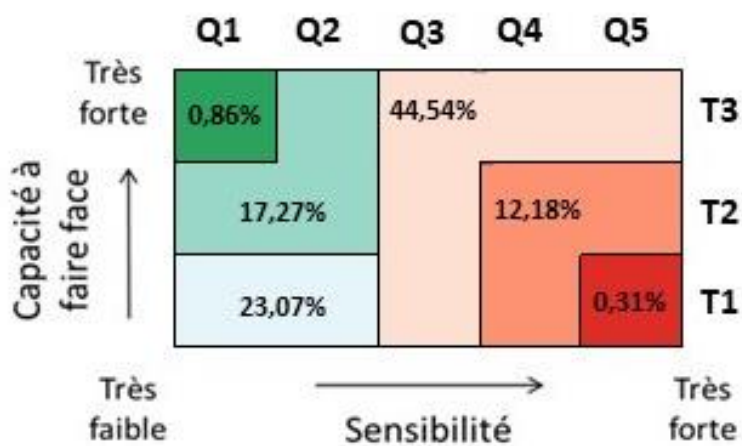


Figure 40 : Classification de la vulnérabilité relative – Vagues de chaleur

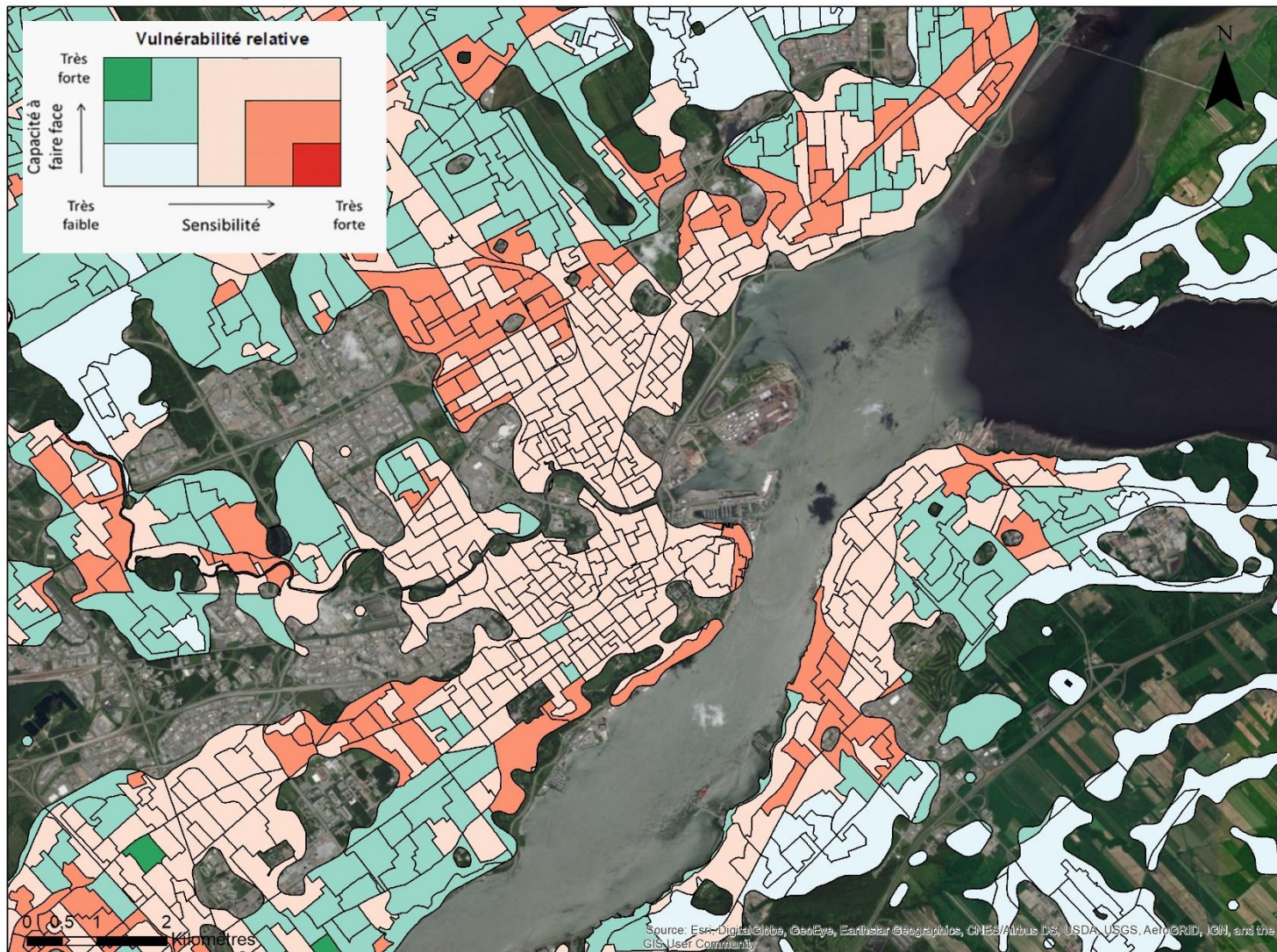


Figure 41 : Vulnérabilité relative aux aléas hydrométéorologiques – Grande région de Québec

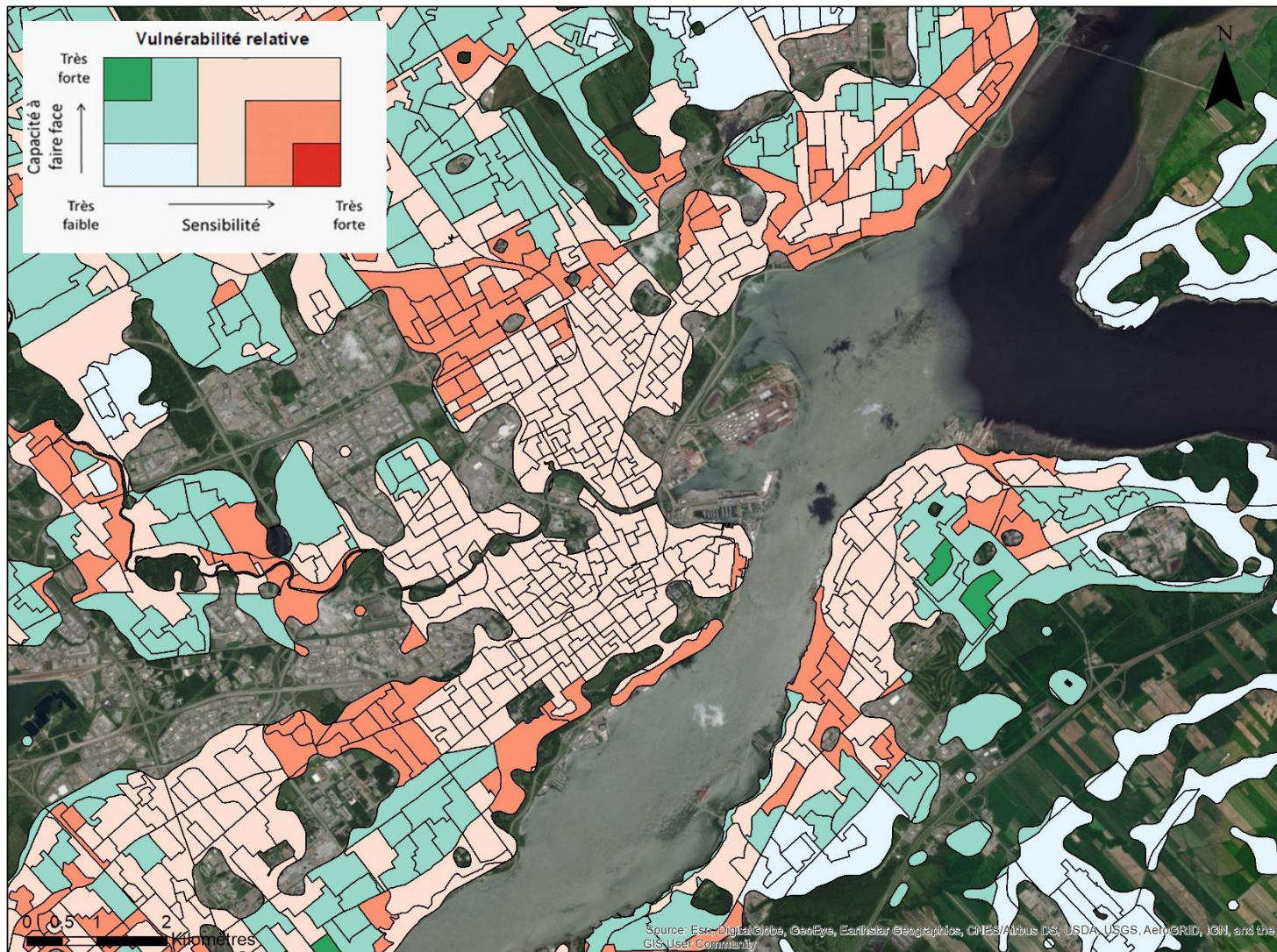


Figure 42 : Vulnérabilité relative aux vagues de chaleur – Grande région de Québec

3.5.4 Indicateurs non présents dans l'indice

Deux indicateurs n'ont pas été insérés dans le calcul des indices, principalement en raison de problèmes d'intégration lors des traitements statistiques, et plus particulièrement durant l'ACP. Le premier indicateur non présent dans l'indice est celui correspondant à la climatisation et le deuxième indicateur est celui correspondant aux maladies chroniques. Puisque ces données ont un lien important avec la vulnérabilité aux vagues de chaleur, les deux indicateurs sont intégrés lors de la représentation cartographique de l'atlas en ligne comme des couches pouvant être sélectionnées séparément.

3.5.4.1 Climatisation

L'indicateur portant sur la climatisation correspond au pourcentage du nombre de résidences et de logements avec présence de climatisation supposée par AD (Figure 43). Les données permettant la création de cet indicateur sont fournies par l'INSPQ et produites par Hydro-Québec. Pour récolter ces données, les comportements de climatisation ont été estimés à l'aide de profils journaliers de consommation d'un échantillon représentatif, ainsi que par des régressions. Le calcul de l'indicateur de climatisation a été effectué par notre équipe pour bien prendre en compte les enjeux du projet. D'abord, un ratio a été effectué entre le nombre de logements et de résidences climatisés sur le nombre total de logements et de résidences par code postal dans le fichier d'Hydro-Québec. Ce ratio a ensuite été jumelé avec la base de données d'AQ grâce au code postal, puis il a été calculé pour chacun des logements et résidences dans AQ, pour ajouter une pondération. Par exemple, si un taux de climatisation pour une adresse est de 0,5, et qu'il y a deux logements dans un bâtiment, ce logement aura donc un logement sur deux de climatisé. Par la suite, une fois que les ratios sont calculés pour chacune des habitations, la base de données d'AQ est jumelée aux AD. Finalement, la somme des ratios de logements et résidences climatisés sur la somme totale des logements et résidences est effectuée pour avoir un taux de climatisation par AD. Pour s'assurer d'une pondération représentative, la création de l'indicateur s'est effectuée en calculant la proportion du nombre de résidences et de logements avec présence de climatisation par AD sur le nombre total de résidences et de logements pour cette même AD. L'indicateur de climatisation n'a pas été intégré dans l'indice de capacité à faire face pour l'aléa des vagues de chaleur en raison du KMO de l'ACP, plus faible lors de son

intégration – il passait de 0,766 à 0,748. De plus, son ajout fait fortement diminuer le pourcentage de la variance expliquée lors de l'ACP, passant de 71 836 % à 63 957 %. Finalement, lors de son ajout, l'indicateur ne se retrouve dans aucune composante, à une valeur absolue inférieure à 0,50, ce qui indique une faible corrélation avec les autres indicateurs de la capacité à faire face.

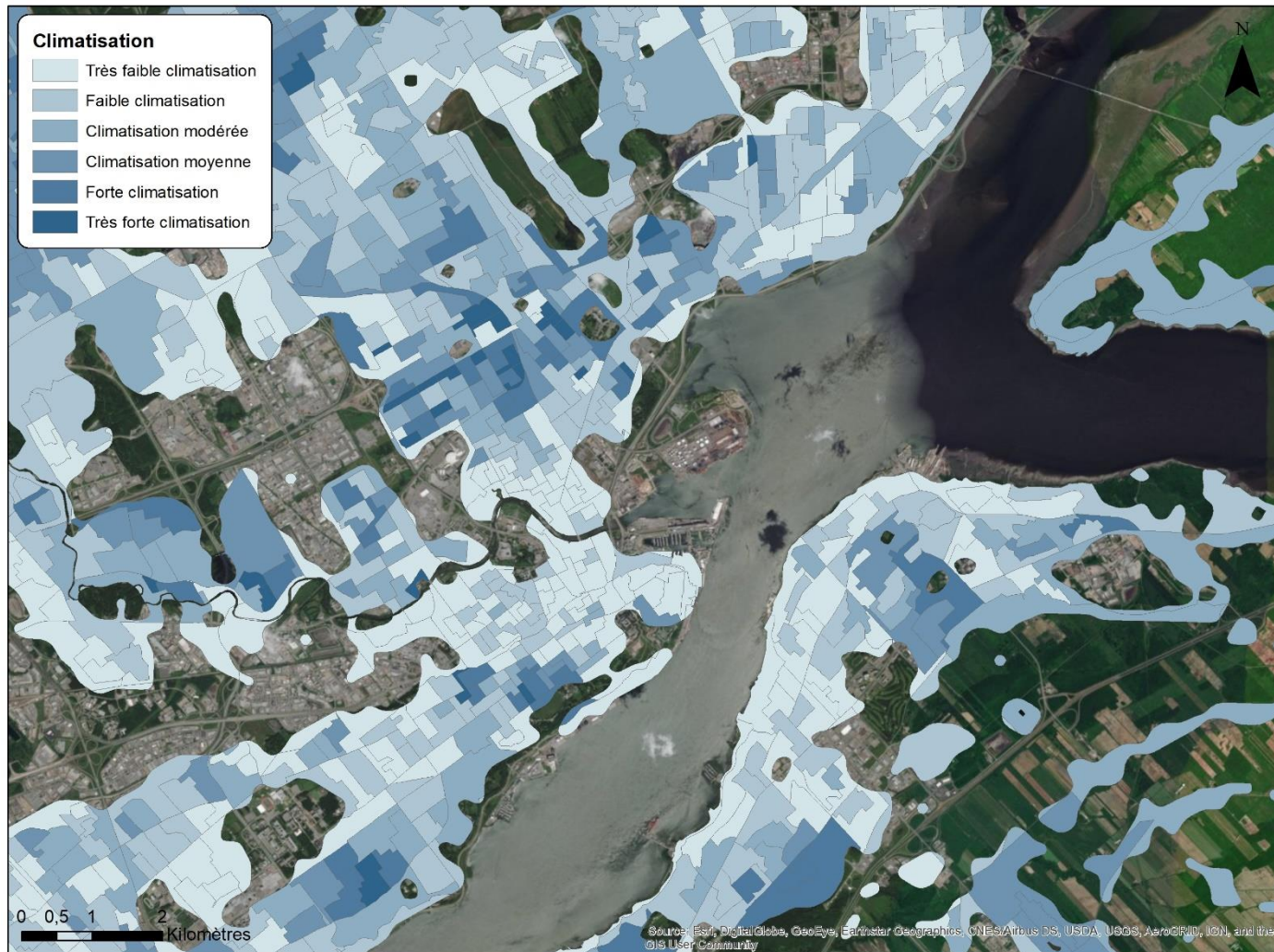


Figure 43 : Indicateur de climatisation

3.5.4.2 *Maladies chroniques*

L'indicateur portant sur les maladies chroniques correspond au quintile par AD du nombre moyen par individu des principaux groupes de maladies chroniques rendant les personnes vulnérables (Figure 44). Cet indicateur est fourni par l'INSPQ²⁶ et est reporté en quintile du moins vulnérable (1) au plus vulnérable (5). Cet indicateur inclut des données portant sur des issues de santé défavorables aux vagues de chaleur, les maladies cardiovasculaires, le diabète, les maladies respiratoires chroniques et les troubles mentaux. L'indicateur de maladies chroniques n'a pas été intégré dans l'indice de sensibilité pour l'aléa des vagues de chaleur en raison des valeurs négatives que ce dernier apportait dans la matrice des composantes lors de l'ACP. De plus, l'ajout de cet indicateur n'améliore pas significativement le KMO de l'ACP, lequel passe de 0,805 à 0,806. Finalement, l'ajout de l'indicateur de maladies chroniques fait légèrement diminuer le pourcentage de la variance expliquée, lequel passe de 68 525 % à 68 123 %, entraînant une très faible perte d'information.

²⁶ Les données calculées proviennent du Système intégré de surveillance des maladies chroniques du Québec, de l'Institut national de santé publique du Québec, le Fichier d'inscription des personnes assurées du SISMACQ, de la Régie de l'assurance maladie du Québec et du Programme d'attribution de l'indice de défavorisation.

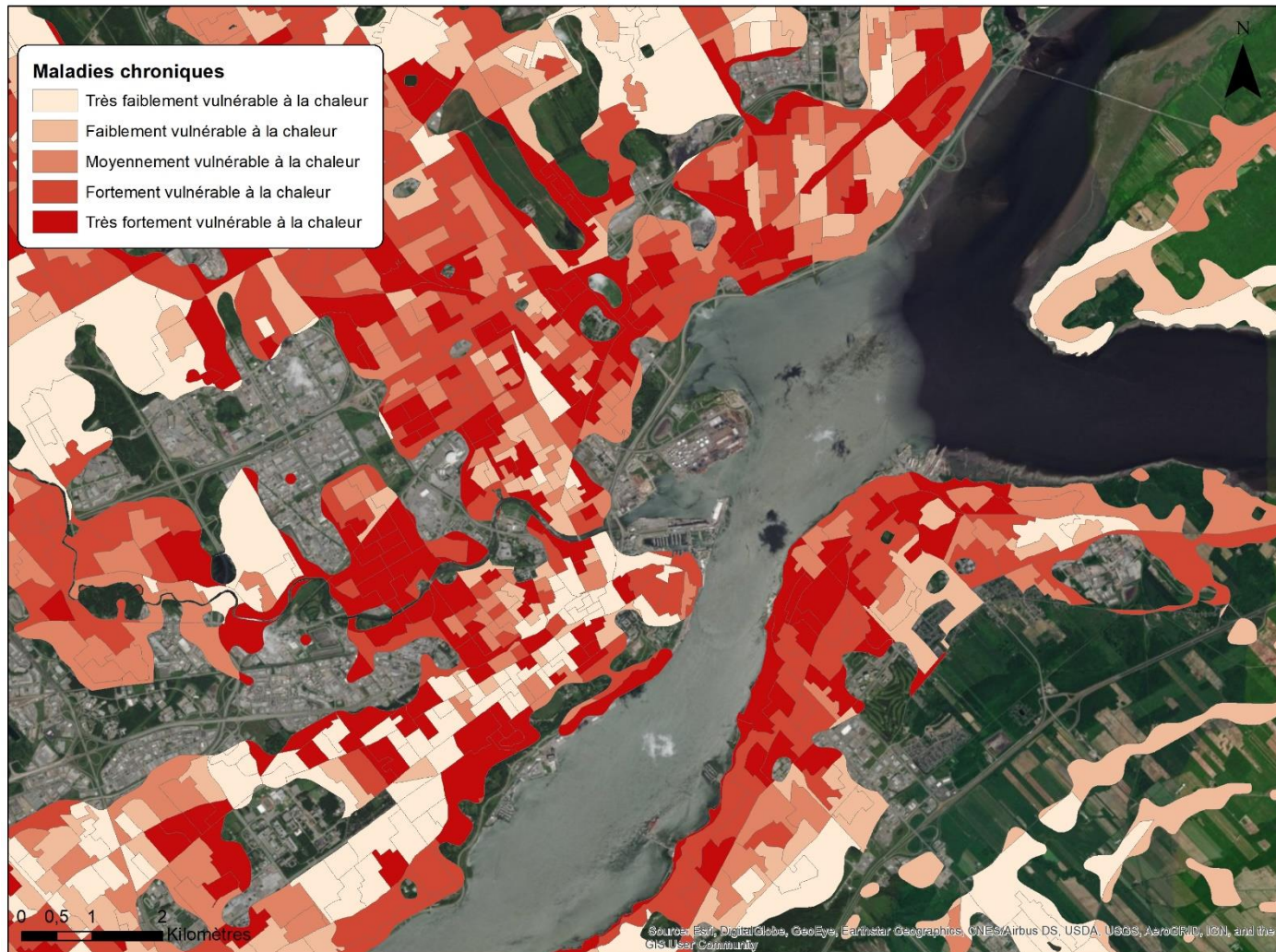


Figure 44 : Indicateur de maladies chroniques

3.6 Validation

L'objectif de ce sous-chapitre est de proposer et d'opérer un plan d'action crédible afin de valider les indices. Le processus de validation d'un indice n'est pas une méthode standardisée que l'on applique systématiquement : il doit être adapté au phénomène mesuré. Malgré les efforts de généralisation, la notion de validité demeure un concept flou, imprécis et difficile à cerner (Dickes, 1994, p. 47). Pourtant, dans son livre *La psychométrie*, Dickes exprime clairement le fondement de la validation : un indice n'est valide que s'il mesure ce qu'il est censé mesurer. Alors, comment s'en assurer scientifiquement? Tout d'abord, il importe de comprendre qu'un indice met en chiffre ce qu'un modèle arrive à schématiser. Tout comme un modèle, l'indice est une représentation simplifiée de la réalité. Ainsi, il est possible de vérifier son niveau de cohérence avec la théorie qu'il tente de numériser, puisqu'il s'alimente dans un cycle heuristique (Schwager, 1991).

Le premier concept de validité découle de la théorie classique. Une mesure est valide si elle est additionnable (R. N. Campbell *et al.*, 1938). En d'autres mots, pour Campbell, l'indice ne doit pas simplement montrer un ordonnancement de catégorie, il doit être quantifiable. Cette manière d'aborder le concept de validité est très stricte et ne correspond pas toujours aux contraintes auxquelles les chercheurs doivent faire face. Néanmoins, elle a le mérite d'exiger des concepts clairs et bien définis dans l'élaboration de la théorie sous-jacente à l'indice. Par exemple, selon cette définition, on ne peut pas nommer une des catégories d'une typologie « zone vulnérable » si l'on ne définit pas les limites de la vulnérabilité.

De façon plus pragmatique, Guilford (1954) a défini deux critères de scientificité afin de confirmer la validité d'un indice : 1) la validation de contenu; 2) la validation de construit. La validation de contenu est un processus par lequel est opérationnalisée une révision systématique des concepts de la ou des théories desquelles découle l'indice. L'objectif consiste à vérifier que l'indice mesure bien ce qu'il est censé mesurer. Par cette démarche, on observe la pertinence de l'indice.

La validation du construit réfère à un processus d'analyse statistique de la construction interne de l'indice. Cette démarche peut se diviser en deux processus. Tout d'abord, le premier

processus, identifié par T. D. Campbell *et al.* (1959), est que deux mesures différentes d'un même phénomène doivent nécessairement aboutir au même résultat. Il s'agit de se servir des mesures de corrélation afin de confirmer la relation entre différents indices mesurant le même phénomène. Dickes (1994) souligne qu'on peut aussi analyser plusieurs théories en même temps avec les modèles d'équations structurelles. Le deuxième processus de validation de contenu est basé sur le postulat de fidélisation : un indice est fidèle si le résultat qu'il produit est reproductible (Gulliksen, 1967). Par exemple, la comparaison des résultats d'un indice à deux moments différents ne devrait pas être significativement différente. Bien entendu, cette analyse doit se faire en relativisant l'écart entre les moments selon le phénomène étudié. Ces deux critères s'ajoutent au critère de validation classique.

3.6.1 Plan d'action

En regard des principes fondateurs de la validation discutés préalablement, il est possible de suggérer un plan d'action capable de générer une confiance envers le processus de validation. De plus, la revue d'articles ayant servi à l'élaboration des indices mesurés a été faite en focalisant sur les méthodes de validation.

3.6.1.1 Validation classique : établissement des limites du concept de vulnérabilité

Pour appliquer une notion de vulnérabilité, les limites du concept doivent être établies. Qu'est-ce qu'une zone vulnérable? La première étape de ce processus consistera, en résumé, à se réapproprier le concept de vulnérabilité, à revisiter sa signification et à en définir les frontières. Les conclusions de cet exercice seront appliquées à la cartographie de notre projet. Notons que l'on ne retrouve pas cette procédure dans la littérature consultée dans l'élaboration de l'indice de sensibilité et celui de la capacité à faire face, lesquels décrivent tous les deux la vulnérabilité dans le cadre de ce projet.

3.6.1.2 Validation de contenu : la définition de la vulnérabilité

La deuxième étape de ce plan d'action est la validation découlant de la théorie classique et basée sur la définition de la mesure. L'évaluation des indices utilisés dans la formation des deux indices décrivant la vulnérabilité, soit la sensibilité et la capacité à faire face, devra considérer la définition des concepts qui la composent la prémisse de cette question : mesure-t-on ce que l'on veut? On ne retrouve pas cette procédure dans la littérature consultée dans l'élaboration des indices.

3.6.1.3 Validation de construit : comparaison avec un autre indice

La troisième étape consiste à comparer, à l'aide d'analyses de corrélation, les résultats des deux indices décrivant la vulnérabilité dans ce projet, soit la sensibilité et la capacité à faire face, aux résultats d'autres indices mesurant la vulnérabilité sur le même territoire. De plus, on ajoutera au processus une comparaison des résultats de nos indices décrivant la vulnérabilité avec ceux des indices calculés avec la même procédure, mais avec des données de 2006. Cette façon de faire n'apparaît pas dans la littérature consultée. Finalement, d'autres façons de faire sont apparues au cours de la consultation de la littérature.

Tate (2012) et Lam (2015) proposent une analyse de sensibilité locale qui consiste à omettre de façon systématique des éléments de l'indice, de recalculer l'indice et d'en valider la corrélation avec l'indice original calculé pour le projet. Cette méthode postule que la validité d'un indice dépend de sa stabilité et pourrait être considérée dans la catégorie des validations de construit. Pampalon *et al.* (2003) proposent de comparer les résultats de l'ACP ayant permis la composition de l'indice de défavorisation sur le territoire de la province de Québec avec la même analyse, mais en subdivisant le territoire en quatre zones. L'objectif est de constater si la structure factorielle est observable, quelle que soit l'ampleur du territoire.

En résumé, voici une liste des méthodes discutées dans ce plan d'action :

1. Validation de contenu.
 - a. Valider si la définition des concepts correspond à la définition des indices décrivant la vulnérabilité et confirmer que le traitement des données correspond à la définition dans le cadre de ce projet.
 - b. Établir les limites des indices et vérifier si elles sont respectées.
2. Validation de construit.
 - a. Comparaison des résultats des indices décrivant la vulnérabilité de ce projet aux résultats d'autres indices qui mesurent la vulnérabilité sur le même territoire.
 - b. Comparaison des résultats des indices décrivant la vulnérabilité de ce projet aux résultats de ce même indice, mais à une année antérieure (2006).
 - c. Analyse de sensibilité.
 - d. Analyse factorielle.

3.6.2 Méthodologie

Voici la méthodologie afin d'obtenir un niveau de confiance élevé pour les indices décrivant la vulnérabilité de ce projet.

3.6.2.1 Validation de contenu

La validité de contenu sert à attester de l'adéquation entre la mesure empirique de la vulnérabilité obtenue par les indices, et la définition théorique de ce phénomène. Ainsi, les écrits scientifiques décrivant la vulnérabilité des populations sont analysés et comparés avec les indices. Deux questions guident cette réflexion : les indices décrivant la vulnérabilité, soit la sensibilité et la capacité à faire face, sont-ils suffisamment sensibles pour discriminer les zones considérées vulnérables de celles qui ne le sont pas? Les deux indices obtenus mesurent-ils la vulnérabilité de la population, telle que définie dans les écrits scientifiques?

3.6.2.2. Validation de construit

La validité de construit est assurée par la réalisation de trois étapes.

1) Comparaison avec un autre indice

Les résultats des indices décrivant la vulnérabilité de ce projet sont comparés avec les résultats de l'indice de vulnérabilité aux changements climatiques de la région de Montréal : <http://donnees.ville.montreal.qc.ca/dataset/vulnerabilite-changements-climatiques>. Pour ce faire, il est proposé d'effectuer une validation visuelle des deux cartographies des indices et une analyse statistique par un test du Chi-deux.

2) Comparaison temporelle

Les résultats des indices décrivant la vulnérabilité de ce projet, obtenus en 2016, sont comparés à l'aide d'une analyse de corrélation et d'autocorrélation spatiale avec les résultats obtenus en 2006, incluant ces mêmes indices. Pour ce faire, cette validation s'effectue grâce à l'élaboration de droites de régression affichant un R^2 affichant la corrélation des indices datant de 2006 et de 2016. Ensuite, une analyse d'autocorrélation spatiale avec l'indice de Moran sur les résidus de régressions a été effectuée afin de déterminer si ceux-ci se distribuent aléatoirement sur le territoire.

3) Analyse de sensibilité et de stationnarité

Finalement, une analyse de sensibilité et une analyse factorielle sont effectuées sur l'indice de sensibilité et de capacité à faire face. L'objectif de l'analyse de sensibilité est de démontrer la stabilité de l'indice en lui soutirant des variables, tandis que l'analyse de stationnarité consiste à démontrer la stabilité de l'indice en menant les analyses sur des parties distinctes du territoire à l'étude.

3.6.3 Résultats de la validation

3.6.3.1 Validation de contenu

3.6.3.1.1 Rappel des concepts

La vulnérabilité est une des prédispositions d'un système exposé à être affecté par la manifestation d'un aléa climatique et ses conséquences, compte tenu de sa sensibilité et de sa

capacité à faire face. La sensibilité regroupe les facteurs contribuant à augmenter la vulnérabilité. Elle est composée de variables définissant le statut socioéconomique et le statut démographique, ainsi que la qualité des infrastructures. La capacité à faire face est l'habileté du système à utiliser les ressources et les moyens pour en diminuer les dommages et atténuer les effets des conséquences de l'aléa.

3.6.3.1.2 Rappel des objectifs

L'objectif de la validation de contenu est de répondre à deux questions :

1. Les indices décrivant la vulnérabilité, soit la sensibilité et la capacité à faire face, sont-ils suffisamment sensibles pour discriminer les zones considérées comme étant vulnérables de celles qui ne le sont pas?
2. Les indices obtenus mesurent-ils la vulnérabilité de la population, telle que définie dans les écrits scientifiques?

3.6.3.1.3 Question 1 : les limites

La vulnérabilité aux aléas climatiques est un concept géographique omniprésent sur le territoire. En conséquence, il est impossible de mentionner qu'il ne s'observe pas. En ce sens, puisqu'il serait difficile de le limiter d'un point de vue conceptuel, la discrétisation de la zone à l'étude, basée sur les territoires occupés par la population, est l'un des éléments du système. Ainsi, il est possible d'affirmer que les objectifs de la question 1 sont atteints puisque la vulnérabilité est limitée au territoire occupé par la population.

3.6.3.1.4 Question 2 : la mesure des concepts

La sensibilité du système :

La sensibilité du système est estimée à l'aide de variables associées au statut socioéconomique ou à la qualité de l'environnement bâti. L'analyse de cette définition incite à penser que la sensibilité pourrait être composée de deux indices, de façon séparée : 1) facteurs socioéconomiques; 2) facteurs de qualité de l'environnement bâti. Il semble que la définition

proposée devrait faire l'objet d'un approfondissement. Néanmoins, l'analyse séparée des facteurs montre une légère modification des résultats lorsqu'ils sont additionnés de façon séparée, à l'inverse de ce qui a été proposé dans la méthodologie.

Le Tableau 14 montre les résultats des tests de corrélation de Spearman entre l'indice de sensibilité calculé dans le cadre du projet (donc avant ce processus de validation), les facteurs calculés de façon séparée (1, 2) et l'indice calculé en additionnant les deux facteurs qui le composent (1+2). Les *facteurs 1, 2* sont l'indice de sensibilité calculé, soit toutes les variables disponibles factorisées en une étape afin d'obtenir l'indice. Le *facteur 1* représente seulement les variables socioéconomiques. Le *facteur 2* représente uniquement les variables liées à la qualité des infrastructures. Finalement, les *facteurs 1+2* représentent l'indice de sensibilité calculé en additionnant le *facteur 1* et le *facteur 2* de façon séparée, au contraire de la première méthode (*facteurs 1, 2*). Il est à noter que l'ensemble des corrélations sont significatives ($P < 0,001$).

Tableau 14 : Corrélation de Spearman entre les facteurs de sensibilité

Corrélation	Aléas hydrométéorologiques	Chaleur
	Facteurs 1, 2	
Facteurs 1, 2	1,00	1,00
Facteurs 1 + 2	0,885	0,971
Facteur 1	0,989	0,942
Facteur 2	0,574	0,796

Le *facteur 1* est fortement corrélé avec les *facteurs 1,2* pour les deux aléas (0,989 et 0,942). Il semble qu'il y ait peu de différence entre l'indice de sensibilité et les facteurs socioéconomiques. Le *facteur 2* est moyennement corrélé (0,574) avec les *facteurs 1, 2* pour les aléas

hydrométéorologiques et très corrélé (0,796) pour l'aléa chaleur. Bien qu'il semble ne pas y avoir de différence significative, il apparaît que les facteurs de qualité des infrastructures ont moins d'impact sur l'indice de sensibilité que les variables socioéconomiques. De plus, la différence entre l'aléa hydrométéorologique (moyennement corrélé) et l'aléa chaleur (très corrélé) semble être due au nombre de variables utilisées dans la composition des indices de qualité des infrastructures. Quatre variables sont incluses dans la composition de cet indice pour l'aléa chaleur, alors que seulement deux variables sont utilisées pour l'aléa hydrométéorologique. Il semble que le facteur qualité des infrastructures subisse une sorte d'étouffement dans la composition de l'indice de sensibilité.

Toutefois, les *facteurs 1+2* montrent une forte corrélation avec les *facteurs 1, 2* (0,885 et 0,971). Le résultat de l'aléa hydrométéorologique semble confirmer le postulat que les variables liées à la qualité des infrastructures sont moins considérées dans la composition de l'indice de sensibilité.

Deux constats ressortent de cette analyse :

- 1) Il apparaît qu'il y aurait lieu de resserrer la définition de la sensibilité afin de comprendre si les facteurs socioéconomiques et qualités de l'environnement forment un tout ou devraient être considérés de façon séparée dans l'indice de sensibilité. Toutefois, puisque la définition de la sensibilité est déjà définie dans le cadre de ce projet, ce premier constat sert de recommandation concernant de futurs projets.
- 2) Les facteurs de qualité de l'environnement devraient être bonifiés afin d'éviter que leurs effets soient amenuisés par les variables socioéconomiques. Toutefois, selon l'analyse, il y a de fortes chances que ces familles de variables covarient fortement, et que cela ajoute peu d'information à la composition de l'indice.

Capacité du système à faire face :

La capacité du système à faire face à un aléa climatique devrait être composée de variables mesurant l'habileté du système, les ressources du système et les moyens dont dispose le système. Les variables qui ont servi pour la composition de l'indice sont des mesures de proximité à des

services publics (CLSC, poste de police, caserne de pompiers, etc.). Il apparaît que l'indice répond seulement à l'une des composantes de l'indice de capacité à faire face : les ressources du système. L'habileté et les moyens du système devraient faire l'objet d'un approfondissement afin de refléter la définition de la capacité à faire face. En raison de la disponibilité des données de capacité à faire face à l'échelle du Québec municipalisé, cette recommandation concerne aussi de futurs projets.

3.6.3.2 Validation de construit

3.6.3.2.1 Comparaison avec un autre indice

L'une des méthodes pour valider les indices décrivant la vulnérabilité est de comparer nos indices calculés avec d'autres indices qui ont été construits par d'autres équipes de recherches. Dans ce cadre, nos indices seront comparés aux indices de vulnérabilité aux vagues de chaleur, ainsi qu'aux crues de l'île de Montréal, créés par la Ville de Montréal en collaboration avec Ouranos. La comparaison des indices pose certains problèmes qu'il faut considérer lors de l'analyse.

D'abord, les deux indices ne s'appliquent pas au même découpage géographique. L'indice de vulnérabilité de Montréal repose sur un quadrillage géométrique de 250 m par 250 m, alors que l'indice construit dans notre projet repose sur les AD découpées selon l'écoumène préalablement construit. Les AD ont donc été découpées selon le quadrillage de l'indice de Montréal, puis les deux couches ont été intersectées ensemble. Cependant, cette procédure apporte un biais de mesure : en effet, en divisant une AD en deux, la valeur de la vulnérabilité de l'AD non divisée a été implantée dans les nouveaux polygones. Il n'est pas certain que la valeur des deux nouveaux polygones équivaudrait à la valeur de la vulnérabilité de l'AD, si la vulnérabilité était calculée avec ces nouveaux polygones. Par exemple, dans la Figure 45, l'AD C-D est divisée par les polygones A et B. Supposons que l'indice de vulnérabilité vaut 10 dans l'AD C-D. Une fois divisé, si l'indice était recalculé pour chacun des nouveaux polygones (soit le polygone C ou le polygone D), il est possible que la valeur de la vulnérabilité dans le polygone C ou dans le polygone D soit différente de la valeur initiale (10). Cette étape tend à induire des imprécisions dans les mesures. Inversement, le quadrillage de l'indice de Montréal subit le même effet, et le

même type d'imprécisions est aussi apporté pour leur indice de vulnérabilité. Il est possible de croire qu'une telle erreur de mesure puisse induire un biais d'information, soit une différence systématique dans la façon avec laquelle a été recueillie ou mesurée l'information (Rothman, 2012, p. 134). Cependant, ce biais pourrait être de nature non différentielle, ayant ainsi pour impact négatif de réduire les associations qui pourraient être observées dans nos analyses.

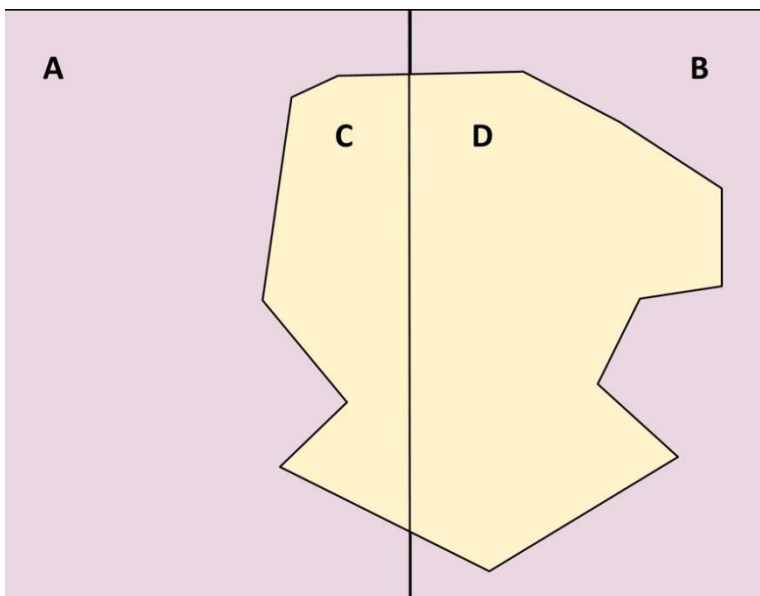


Figure 45 : Schéma d'une aire de diffusion divisée par le quadrillage de l'indice de vulnérabilité de Montréal

L'indice de vulnérabilité de Montréal est représenté selon trois valeurs pour les vagues de chaleur et par cinq valeurs pour les crues. Ces valeurs vont de « non significative » à « élevées ». Une fois de plus, il y a une perte de précision dans la comparaison entre les deux indices. De plus, notre projet ne dispose pas de valeurs à proprement parler de la vulnérabilité aux vagues de chaleur et aux aléas hydrométéorologiques. En effet, pour ce qui est de la vulnérabilité relative, notre projet dispose d'une matrice de couleurs avec un axe sur la sensibilité et un autre axe sur la capacité à faire face. Un indice de la vulnérabilité a donc été construit pour être en mesure de comparer les deux indices, puisqu'il est incohérent de comparer une valeur de sensibilité ou de capacité à faire face avec un indice de vulnérabilité. Pour ce faire, une matrice

de couleurs a été utilisée. Une valeur a été intégrée à l'intérieur de chacune des couleurs, comme le montre la Figure 46.

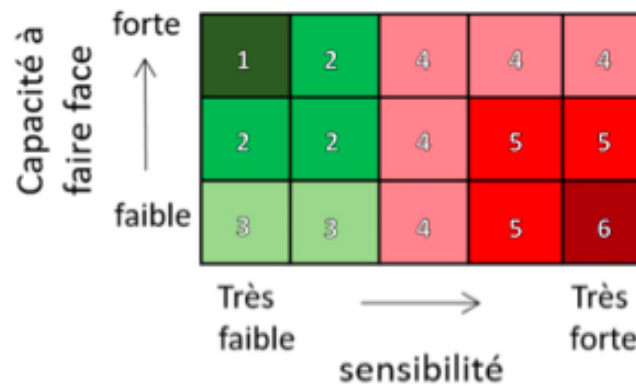


Figure 46 : Valeur de la vulnérabilité selon le code de couleur

Une fois que la vulnérabilité est calculée pour chacune des AD, un test du Chi-deux est fait pour déterminer si la vulnérabilité de Montréal est dépendante de notre indice de vulnérabilité, autant pour les vagues de chaleur que pour les aléas hydrométéorologiques. D'abord, pour les vagues de chaleur, le test du Chi-deux montre une dépendance entre les deux indices ($P < 0,001$). Néanmoins, le V de Cramer, qui tient compte du nombre d'observations, montre une très faible intensité dans cette dépendance (0,089). L'analyse visuelle des deux cartographies, avec des classes équivalentes, montre que les valeurs moyennes, soit la classe mineure pour la vulnérabilité de Montréal et la classe 3-4 pour la vulnérabilité de notre projet, se superposent, alors que les valeurs aux extrémités sont moins bien représentées.

Pour ce qui est des aléas hydrométéorologiques, l'analyse du Chi-deux montre qu'il n'y a pas de dépendance entre les résultats de Montréal et les résultats de notre projet ($P = 0,054$). L'analyse visuelle des résultats confirme qu'il y a beaucoup de différences entre l'indice de Montréal et l'indice de notre projet. Pour calculer l'indice de Montréal, de nombreuses variables de l'environnement bâti ont été prises en compte, alors que l'indice de vulnérabilité de notre projet ajusté dans le cadre de ce processus de validation ne comporte pas d'élément sur l'environnement bâti, puisque la taille de notre territoire est trop importante et qu'une telle

donnée n'existe pas à l'échelle du Québec. Dans le cas des aléas hydrométéorologiques, soit l'un des deux indices n'est pas approprié, soit les définitions mêmes de la vulnérabilité sont différentes, ce qui engendrerait une adéquation entre les variables utilisées dans l'indice de Montréal et les variables utilisées dans ce projet.

Cet exercice met en lumière la difficulté de comparer deux indices lorsque les échelles géographiques diffèrent. Les difficultés techniques apportent beaucoup d'imprécision autour des valeurs calculées, ce qui engendre une incertitude importante concernant les conclusions tirées de cette validation. Pour les vagues de chaleur, les résultats montrent une dépendance entre les deux indices, mais l'intensité est relativement faible, alors que pour les aléas hydrométéorologiques, les deux indices sont indépendants l'un de l'autre.

3.6.3.2.2 Comparaison temporelle

La comparaison temporelle permet de valider la stabilité des composantes de l'indice dans le temps. La variabilité temporelle des indices ne devrait pas différer grandement pour être considérée comme stable. Pour ce faire, les indices de la capacité à faire face, ainsi que la sensibilité aux aléas des vagues de chaleur et des aléas hydrométéorologiques de 2006, ont été comparés aux mêmes indices calculés pour 2016. L'un des problèmes est la modification des AD selon les différents recensements. Il faut donc transformer les indices de 2006 par rapport aux AD de 2006 en indices de 2016 par rapport aux AD de 2016. Statistique Canada fournit un fichier précisant les limites des AD du nouveau recensement, ainsi que la proportion de cette AD sur l'AD de 2006. Par exemple, l'AD 24120086 de 2016 se compose à 99,7 % de l'AD 24120086 de 2011 et à 0,3 % de l'AD 24120090 de 2011. Pour chaque nouvelle AD, le calcul de la moyenne pondérée de chaque AD qui constitue la nouvelle AD est réalisé. Cette méthode a été utilisée pour transformer les indices de sensibilité et de capacité à faire face, afin de passer des AD de 2006 à 2011, puis de 2011 à 2016. Ces calculs ont été effectués avec le logiciel SAS 9.4.

Par la suite, une analyse de corrélation a été effectuée entre les données de 2006 et les données de 2016, afin de tester la stabilité de l'indice. En premier lieu, pour les vagues de chaleur ainsi

que pour la capacité à faire face (Figure 47), le coefficient de corrélation de Spearman est de 0,919 ($P < 0,001$). La droite de régression affiche un R^2 de 0,756 1 ($P < 0,001$). Ces résultats montrent une stabilité entre l'indice de la capacité à faire face de 2016 et l'indice de 2006. Notons que le seul changement entre l'indice de capacité à faire face de 2006 et 2016 concerne la modification des frontières des AD.

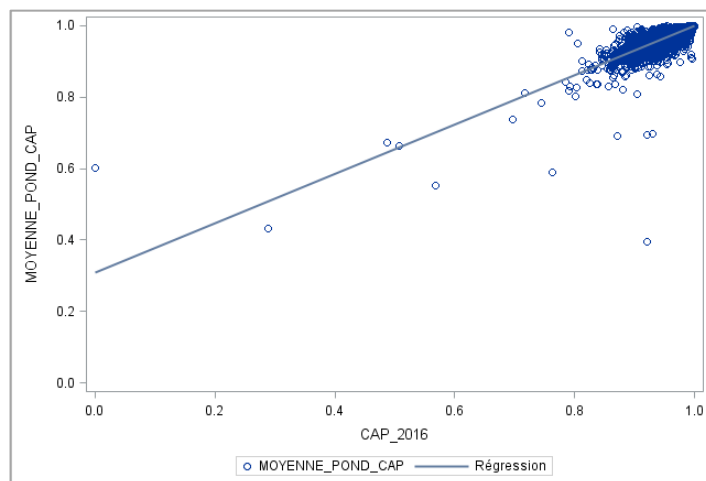


Figure 47 : Corrélation entre la capacité à faire face (2016) et la moyenne pondérée de la capacité à faire face (2006) – Vagues de chaleur

En deuxième lieu, pour la sensibilité aux vagues de chaleur (Figure 48), le coefficient de corrélation de Spearman est de 0,920 ($P < 0,001$). La droite de régression affiche un R^2 de 0,848 1 ($P < 0,001$). Une fois de plus, ces résultats montrent une stabilité entre l'indice de sensibilité de 2016 et l'indice de 2006.

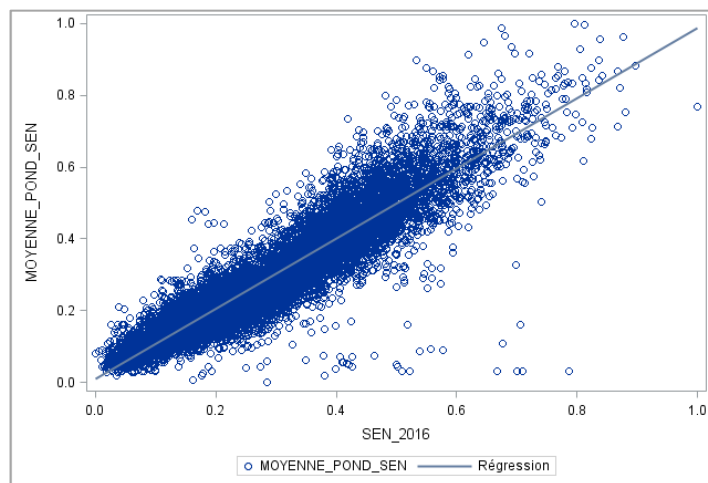


Figure 48 : Corrélation entre la sensibilité (2016) et la moyenne pondérée de la sensibilité (2006) – Vagues de chaleur

En ce qui concerne les aléas hydrométéorologiques, pour la capacité à faire face (Figure 49), le coefficient de corrélation de Spearman est de 0,719 ($P < 0,001$). La droite de régression affiche un R^2 de 0,870 avec un P-value de $< 0,001$. Ces résultats montrent une stabilité entre l'indice de capacité à faire face de 2016 et l'indice de 2006. Notons, encore une fois, que le seul changement entre l'indice de 2006 et celui de 2016 concerne la modification des frontières des AD.

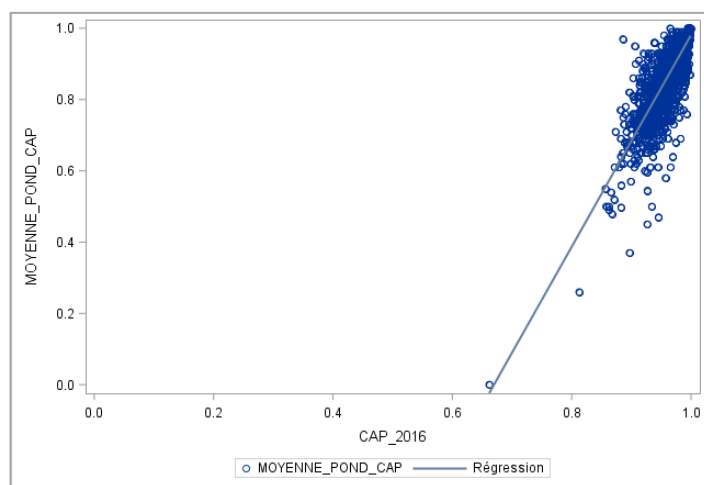


Figure 49 : Corrélation entre la capacité à faire face (2016) et la moyenne pondérée de la capacité à faire face (2006) – Aléas hydrométéorologiques

Finalement, pour les aléas hydrométéorologiques et la sensibilité (Figure 50), le coefficient de corrélation de Spearman est de 0,870 ($P < 0,001$). La droite de régression affiche un R^2 de 0,802 ($P < 0,001$). Ces résultats montrent une stabilité entre l'indice de sensibilité de 2016 et l'indice de 2006.

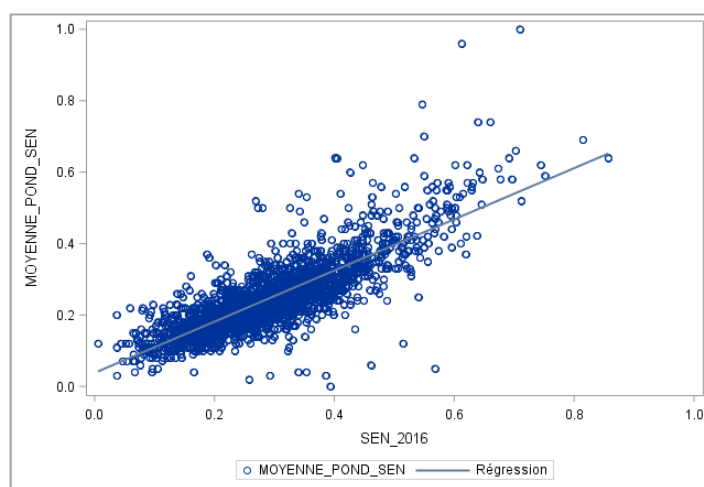


Figure 50 : Corrélation entre la sensibilité (2016) et la moyenne pondérée de la sensibilité (2006) –
Aléas hydrométéorologiques

Il est possible de constater que la sensibilité est beaucoup plus corrélée que la capacité à faire face. Néanmoins, les corrélations sont tout de même très élevées, permettant d'affirmer la stabilité temporelle des indices.

Par la suite, les indices de capacité à faire face et de sensibilité de 2006 transposés sur les AD de 2016 ont été intégrés dans un fichier de forme du logiciel *ArcGIS 10.3*. Une analyse d'autocorrélation spatiale avec l'indice de Moran sur les résidus des régressions a été effectuée afin de déterminer si ceux-ci se distribuent aléatoirement sur le territoire. Le Tableau 15 représente les résultats obtenus. Puisque la valeur P est significative et que le score Z est aussi positif, la distribution spatiale fait l'objet d'une agrégation spatiale plus importante que si elle était aléatoire. D'un point de vue temporel, il est possible de remarquer une fois de plus que les indices sont stables. Dans ce cadre, il est simplement important de retenir que le nombre d'AD, dont les résidus de régression dépassent le seuil de 1,96 écart-type de distance de la droite de régression, ne représente pas une grande part des AD (Tableau 16). La présence

d'autocorrélation spatiale dans les résidus de régression est potentiellement due à des changements survenus entre 2006 et 2016 (démographiques, socioéconomiques, etc.). De plus, les coefficients de corrélation de Spearman des indices sont très élevés, particulièrement pour la sensibilité aux deux aléas, ce qui démontre la stabilité temporelle des indices.

Tableau 15 : Résultats de l'analyse d'autocorrélation spatiale globale

Résultats	Vagues de chaleur – Capacité à faire face	Vagues de chaleur – Sensibilité	Aléas hydrométéorologiques – Capacité à faire face	Aléas hydrométéorologiques – Sensibilité
Indice Moran	0,078	0,037	0,04	0,17
Indice attendu	-0,000075	-0,000 075	-0,000 49	-0,000 49
Variance	< 0,000 000 1	< 0,000 000 1	0,000 041	0,000 041
Score z	144,96	66,73	6,32	26,54
Valeur de P	< 0,000 000 1	< 0,000 000 1	< 0,000 000 1	< 0,000 000 1

Tableau 16 : Résidus de l'analyse d'autocorrélation

Nombre d'AD qui dépassent $\pm 1,96\sigma$	528	588	133	95
Pourcentage d'AD qui dépassent $\pm 1,96\sigma$	3,95 %	4,4 %	6,45 %	4,61 %

3.6.3.2.3 Analyse de sensibilité et de stationnarité

Sensibilité :

Pour ce qui est de la validation par la méthode de la sensibilité, celle-ci consiste à omettre de façon systématique certaines variables des indices, de recalculer ces indices et d'en valider la corrélation avec les deux indices originaux calculés pour le projet, soit la sensibilité et la capacité

à faire face. L'ACP a été effectuée 43 fois afin de vérifier cette stabilité. Cette méthode a été appliquée afin d'enlever chaque fois une variable des indices du traitement statistique. La variable enlevée a, par la suite, été remise dans l'ACP pour en enlever un autre, et ce, pour toutes les variables. Ainsi, cette stratégie a été effectuée 14 fois pour la sensibilité aux vagues de chaleur, 8 fois pour la capacité à faire face aux vagues de chaleur, 13 fois pour la sensibilité aux aléas hydrométéorologiques et 8 fois pour la capacité à faire face aux aléas hydrométéorologiques. Ce nombre varie en fonction des indicateurs qui diffèrent entre les deux aléas à l'étude.

Les résultats démontrent que les corrélations sont toutes fortement positives et significatives ($P < 0,001$) (Tableau 17). En tout, il n'y a aucun résultat sous 0,897 et la moyenne des corrélations se situe à 0,975. Ainsi, lorsque nous enlevons une variable à l'ACP, cela n'induit pas de changement important. Il n'y a pas de différence significative entre l'indice final et l'indice obtenu lorsqu'on soustrait chacun des indices de l'ACP à tour de rôle. La stabilité de l'indice est donc validée en raison de l'insensibilité aux retraits d'indices. De plus, pour confirmer le tout, l'indice Kaiser-Meyer-Olin (KMO) reste stable tout au long des changements apportés à l'ACP (Tableau 18).

Tableau 17 : Validation de la sensibilité – Rhô de Spearman

Indice		Rhô de Spearman		
		Moyenne	Minimum	Maximum
Aléas hydrométéorologiques	Sensibilité	0,977	0,897	0,998
	Capacité à faire face	0,982	0,954	0,999
Vagues de chaleur	Sensibilité	0,966	0,906	0,999
	Capacité à faire face	0,976	0,947	0,996

Tableau 18 : Validation de la sensibilité – Indice Kaiser-Myer-Olin (KMO)

Indice		Indice Kaiser-Myer-Olin (KMO)		
		Moyenne	Minimum	Maximum
Aléas hydrométéorologiques	Sensibilité	0,767	0,724	0,804
	Capacité à faire face	0,772	0,724	0,796
Vagues de chaleur	Sensibilité	0,792	0,747	0,824
	Capacité à faire face	0,749	0,692	0,792

Stationnarité :

Pour ce qui est de la validation de la stationnarité, l'objectif est de démontrer la stabilité de l'indice en menant les analyses sur des parties distinctes du territoire à l'étude. Les résultats de l'ACP ayant permis la composition des deux indices sur le territoire de la province de Québec sont comparés avec la même analyse, mais en subdivisant le territoire en trois zones. Les délimitations géographiques ont été effectuées selon trois zones comprenant tout le Québec municipalisé : 1) Région métropolitaine de recensement (RMR); 2) Agglomération de recensement (AR); Autres régions ne faisant pas partie de ces critères. Une ACP a été effectuée pour chacune de ces délimitations et pour chacun des aléas à l'étude (soit les aléas hydrométéorologiques et les vagues de chaleur), ainsi que pour l'indice de la sensibilité et de la capacité à faire face, et ce, pour un total de 16 ACP. Grâce aux matrices des composantes exportées de ces traitements statistiques, les résultats des trois zones ont été comparés à ceux de notre étude, soit le territoire de la province de Québec.

Les résultats ont démontré que la structure factorielle, selon l'indice de sensibilité et celui de capacité à faire face, varie d'une délimitation géographique à une autre comparativement à l'échelle provinciale (Tableau 19 et Tableau 20). Seule la zone « Autres régions » correspond au même nombre de composantes que la province. Les zones « Région métropolitaine de recensement » et « Agglomération de recensement » diffèrent d'une seule composante en

comparaison avec l'échelle provinciale, et ce, tant pour l'indice de sensibilité que pour la capacité à faire face. Toutefois, l'indice KMO démontre une certaine stabilité selon les zones géographiques sélectionnées en comparaison avec l'échelle provinciale.

Tableau 19 : Synthèse des résultats des ACP – Aléas hydrométéorologiques

Délimitation géographique	Indice	Nombre de composantes	Kaiser-Myer-Olin
Province	Sensibilité	4	0,783
	Capacité à faire face	2	0,791
Régions métropolitaines de recensement	Sensibilité	5	0,791
	Capacité à faire face	1	0,825
Agglomérations de recensement	Sensibilité	3	0,861
	Capacité à faire face	1	0,804
Autres régions	Sensibilité	4	0,809
	Capacité à faire face	2	0,699

Tableau 20 : Synthèse des résultats des ACP – Vagues de chaleur

Délimitation géographique	Indice	Nombre de composantes	Kaiser-Myer-Olin
Province	Sensibilité	4	0,805
	Capacité à faire face	2	0,766
Régions métropolitaines de recensement	Sensibilité	5	0,815
	Capacité à faire face	1	0,828
Agglomérations de recensement	Sensibilité	3	0,864
	Capacité à faire face	1	0,776
Autres régions	Sensibilité	4	0,802
	Capacité à faire face	2	0,655

Par la suite, un test de corrélation de Spearman a été effectué afin de déterminer si les indices de sensibilité et de capacité sont stables lorsque les analyses sont menées uniquement sur une partie du territoire. Ce test a été effectué avec la délimitation « Autres régions » en sélectionnant l'indice de sensibilité et de capacité à faire face calculé à l'échelle de la province. Les résultats démontrent que la corrélation entre les données est fortement positive et significative ($P < 0,001$) (Tableau 21). Ainsi, même si la structure factorielle change d'une sous-région à une autre, le test de corrélation de Spearman démontre qu'il n'y a ni impact ni différence significative pouvant influencer les indices. La stabilité de l'indice est donc validée en raison de la stationnarité des résultats aux différentes échelles géographiques.

Tableau 21 : Validation de la stationnarité – Rhô de Spearman

Indice		Rhô de Spearman
Aléas hydrométéorologiques	Sensibilité	0,964
	Capacité à faire face	0,999
Vagues de chaleur	Sensibilité	0,944
	Capacité à faire face	0,994

3.7 Conclusion et recommandations

Il existe certaines limites concernant la construction et la cartographie d'indices de vulnérabilité aux aléas climatiques. Une des limites concerne la faible diversité des variables de capacité à faire face en raison du choix d'indicateurs correspondant à des distances aux différents services. Une deuxième limite, en lien avec la dernière, concerne le niveau de précision des données mesurant la capacité à faire face. Puisque la localisation des résidences a été ajustée à cinq mètres de la route et que de nouveaux centres géographiques ont été créés pour chaque ID, ensuite transféré par moyenne aux AD, le niveau de précision pour ce qui est de la mesure de la proximité aux différents services n'est sans doute pas égal à la réalité du terrain. Toutefois, dans le cadre de ce projet, et à l'échelle du Québec municipalisé, c'était la meilleure approximation qu'il était possible de faire. Une troisième limite est celle des indicateurs de type proxy utilisés. Puisque certaines données n'étaient pas disponibles pour la région à l'étude, des proxys ont été utilisés et ceux-ci n'ont pas la même qualité que l'information souhaitée à l'origine, telle que, par exemple, la proportion de logements nécessitant des réparations majeures. Dans le même ordre d'idées, il aurait été intéressant d'avoir des données de mobilité (accès à une voiture) et d'assurance pour pouvoir faire ressortir encore mieux la vulnérabilité de la population face aux vagues de chaleur et aux aléas hydrométéorologiques.

Malgré ces limites associées aux indicateurs de la vulnérabilité développés, il appert que cette couche d'information est unique, car elle couvre l'ensemble du territoire municipalisé du Québec, et cela à une échelle relativement fine, soit celle des AD. L'intégration de ces couches

d'informations apportera des informations nouvelles et pertinentes aux professionnels de l'aménagement du territoire, ainsi que pour le grand public.

4 Production de l'atlas de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques

4.1 Introduction

Initialement, l'atlas interactif en ligne de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques devait être un outil mis à la disposition des aménagistes et urbanistes œuvrant dans les organisations municipales québécoises. Comme mentionné au chapitre 2 de ce rapport, une analyse des préoccupations et des besoins des utilisateurs potentiels de cet outil devait mener à l'élaboration d'un atlas des vulnérabilités aux aléas climatiques fidèle aux besoins et aux aspirations de ceux-ci. Certaines informations issues de la consultation menée auprès des personnes initialement ciblées comme étant les utilisateurs potentiels ont révélé qu'il s'avérait nécessaire de publier une plateforme Web destinée au grand public (<https://atlas-vulnerabilite.ulaval.ca/>), où l'on retrouverait la cartographie, à l'échelle du Québec, de l'ensemble des indicateurs de vulnérabilité pour les vagues de chaleur et les aléas hydrométéorologiques. Parallèlement, l'équipe ne devait pas procéder au développement d'une nouvelle plateforme pour l'hébergement des indicateurs destinés aux aménagistes et autres spécialistes de l'aménagement du territoire. Conséquemment, nous avons plutôt prévu d'utiliser la plateforme *Territoires* (MAMOT- <https://territoires.mamrot.gouv.qc.ca>) comme vecteur de diffusion auprès des professionnels œuvrant dans les municipalités québécoises.

À la suite de la construction et de la cartographie des indices de vulnérabilité aux aléas climatiques (chapitre 3), cette quatrième partie du rapport fait état des travaux qui ont été menés dans le but d'élaborer une version grand public de l'atlas interactif en ligne de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques. Après avoir rassemblé, organisé et traité des données géospatiales et statistiques, de même que calculé les indicateurs et indices, l'objectif des travaux décrits dans cette section visait à publier des données géospatiales sur le Web. Après avoir énoncé les objectifs poursuivis par le dernier volet de ce projet de recherche, nous faisons état ici des solutions de cartographie Web qui ont été envisagées, nous abordons ensuite l'élaboration et l'évaluation d'une 3^e génération de prototype d'application, puis nous décrivons la version finale de l'application cartographique. Enfin, nous présentons la solution retenue pour

servir de porte d'entrée aux personnes intéressées par le projet de recherche et la consultation des cartes de vulnérabilité aux aléas hydrométéorologiques et aux vagues de chaleur.

4.2 Objectifs

L'objectif principal de ce volet de la recherche est de produire un atlas interactif en ligne permettant de diffuser les indices de vulnérabilité des communautés du Québec municipalisé à l'attention du grand public. On y retrouve plus précisément les deux sous-objectifs suivants :

- Développer un site Web contenant une cartographie accessible dans une application conviviale offrant certaines fonctionnalités d'analyse;
- Maintenir et entretenir l'atlas compte tenu de la durée limitée du financement du projet et par souci de pérenniser la diffusion des résultats à moindre coût, et ce, sans devoir recourir à du personnel coûteux et difficilement mobilisable par le DGUL (géomaticien, programmeur Web).

4.3 Revue des solutions technologiques de cartographie Web

Initialement, le contenu provenant des analyses de la vulnérabilité devait être intégré dans une plateforme de publication de données cartographiques *Mapserver*. Le choix de cette plateforme s'est initialement fait dans une perspective d'arrimage avec les outils utilisés par certains des partenaires du projet, permettant ainsi d'accéder plus aisément aux nombreuses bases de données provenant de différents ministères et agences du gouvernement du Québec. Des tests ont révélé que la solution *Mapserver* s'avérait longue et difficile à implanter.

Quatre solutions technologiques ont été analysées afin de répondre à ce changement : *ArcGIS Online* (AGOL), *JMap*, *CartoVista* ainsi qu'une « solution maison ». Après discussion, l'équipe s'est tournée vers la solution AGOL de la compagnie ESRI pour mettre en ligne les cartes de vulnérabilité. Quatre principales raisons ont motivé cette décision. Premièrement, l'Université Laval bénéficie d'une licence presque complète des produits ESRI, incluant une importante disponibilité de stockage de données géospatiales sur les serveurs AGOL d'ESRI. Deuxièmement, le DGUL détient aujourd'hui toute l'expertise pour l'élaboration, la mise en ligne et le maintien des applications cartographiques du projet. Troisièmement, AGOL est une

solution permettant une présentation soignée de données géospatiales. De plus, elle autorise l'intégration de multiples fonctionnalités (*widgets*) facilitant la navigation dans les cartes Web et la réalisation d'analyses spatiales simples. Ainsi, il est possible de développer aisément des applications disponibles consultables sur un ordinateur de bureau ou sur un appareil mobile. Quatrièmement, une très grande communauté Web d'utilisateurs du produit existe, facilitant ainsi la recherche d'informations sur la conception de projets cartographique en ligne et la résolution de problèmes inhérents à la réalisation de tels projets.

4.4 Élaboration et évaluation d'un prototype

À l'hiver 2015, l'équipe de recherche a élaboré un premier prototype d'atlas utilisable comme démonstrateur dans le cadre du volet des entrevues de la consultation. Cette première application incluait des couches d'informations géographiques calculées à l'aide de données 2006, insérées dans une version gratuite de l'application cartographique *MapBox*, elle-même implémentée dans un site *Wordpress* hébergé sur les serveurs du Centre de recherche en géomatique de l'Université Laval. À l'été 2017, un second prototype a été élaboré par un stagiaire gradué de géomatique à l'aide de l'API JavaScript d'*ArcGIS*. Enfin, à l'hiver 2017, après avoir calculé les différentes couches d'informations géographiques de la manière décrite au troisième chapitre de ce rapport, des services Web de données cartographiques ont été créés à l'aide de l'application *ArcMap 10.5*. Cette publication de données sur le Web avait pour objectif d'élaborer un prototype d'application Web de type banc d'essai.

Un exercice visant à évaluer l'interface Web du prototype et à mesurer le niveau de satisfaction d'un groupe d'utilisateurs a été mené. Parmi les aspects de l'application évalués, on trouve notamment la localisation et le design des fonctionnalités, ainsi que la symbologie des icônes choisies et celle des outils d'analyse spatiale. Dans le cadre de cette évaluation, dix entrevues semi-dirigées ont été menées auprès de gens non spécialisés dans le domaine de la géographie, le tout entre le 27 novembre 2017 et le 20 février 2018, et par un membre de l'équipe du projet de recherche. Ce choix a été effectué afin de représenter la réalité du grand public. Les rencontres ont eu lieu au bureau ou au domicile des personnes interviewées. Les bandes audio de toutes les entrevues ont été recueillies à l'aide d'un enregistreur vocal numérique *Olympus DM-620*. Afin

de s'assurer que les informations rapportent le plus fidèlement possible les informations soulevées dans les entrevues, un système de double vérification a été utilisé. Les entrevues ont été écoutées séparément par deux personnes. Les informations ont été colligées dans une grille *Excel*. Chaque personne a eu la responsabilité de faire une première saisie pour l'un des deux groupes, et de valider la saisie pour le deuxième.

4.5 Élaboration d'une version finale de l'application

L'élaboration des applications cartographiques a été menée à l'aide de *Web AppBuilder for ArcGIS*. L'équipe a fait appel à cette solution technologique, développée par ESRI dans l'environnement AGOL, parce qu'elle permet de déployer, configurer et personnaliser de manière intuitive des applications HTML dotées de nombreuses fonctionnalités et consultables sur les navigateurs Web les plus courants ou sur appareil mobile. Le Tableau 22 recense les couches d'informations géographiques qui ont été insérées dans les applications.

Tableau 22 : Couches d'informations géographiques insérées dans les applications

Nom de la couche	Format/géométrie	Source	Année de la dernière mise à jour
Localisation des piscines publiques*	Vectorel/points	BDTQ	2008
Localisation des pharmacies	Vectorel/points	MSSS	2018
Localisation des GMF et CLSC	Vectorel/points	MSSS	2018
Localisation des centres hospitaliers	Vectorel/points	MSSS	2018
Localisation des postes de police	Vectorel/points	MSP	2018
Localisation des casernes d'incendie	Vectorel/points	MSP	2018
Localisation des embâcles**	Vectorel/points	MSP	2018

Indices de vulnérabilité	Vectorel/polygones	UL	2016
Indices de capacité à faire face	Vectorel/polygones	UL	2016
Indices de sensibilité	Vectorel/polygones	UL	2016
Indices de climatisation*	Vectorel/polygones	HQ	2016
Indice de vulnérabilité à la chaleur en raison de maladies chroniques*	Vectorel/polygones	INSPQ	2011
Zones inondées au printemps 2017**	Vectorel/polygones	MSP	2017
Zones à risque d'inondation**	Vectorel/polygones	CEHQ, PPAT, Ville de Montréal, Ville de Gatineau	2015, 2016, 2017
Embâcles**	Vectorel/points	MSP	2018
Îlots de chaleur*	Vectorel/polygones	CERFO, INSPQ	2013
Nombre annuel de jours où la température maximale est supérieure à 30°C, 1981-2010*	Vectorel/polygones	Ouranos	2018
Nombre annuel de jours où la température maximale est supérieure à 30°C, 2071-2100*	Vectorel/polygones	Ouranos	2018
Températures maximales quotidiennes en période estivale, 1981-2010*	Vectorel/polygones	Ouranos	2018
Températures maximales quotidiennes en période estivale, 2071-2100*	Vectorel/polygones	Ouranos	2018

Maximum des précipitations cumulées sur 5 jours consécutifs, incluant les précipitations liquides et solides, 1981-2010**	Vectoriel/polygones	Ouranos	2018
Maximum des précipitations cumulées sur 5 jours consécutifs, incluant les précipitations liquides et solides, 2071-2100**	Vectoriel/polygones	Ouranos	2018
Somme de la pluie totale et de l'équivalent en eau de la neige totale en millimètres (mm), pour les jours d'hiver, 1981-2010**	Vectoriel/polygones	Ouranos	2018
Somme de la pluie totale et de l'équivalent en eau de la neige totale en millimètres (mm), pour les jours d'hiver, 2071-2100**	Vectoriel/polygones	Ouranos	2018
Somme de la pluie totale et de l'équivalent en eau de la neige totale en millimètres (mm), pour les jours de printemps, 1981-2010**	Vectoriel/polygones	Ouranos	2018
Somme de la pluie totale et de l'équivalent en eau de la neige totale en millimètres (mm), pour les jours de printemps, 2071-2100**	Vectoriel/polygones	Ouranos	2018
Somme de la pluie totale et de l'équivalent en eau de la neige totale en millimètres (mm), pour les jours d'été, 1981-2010**	Vectoriel/polygones	Ouranos	2018

Somme de la pluie totale et de l'équivalent en eau de la neige totale en millimètres (mm), pour les jours d'été, 2071-2100**	Vectorel/polygones	Ouranos	2018
--	--------------------	---------	------

* Application aux vagues de chaleur seulement ;** Application aux aléas hydrométéorologiques seulement

Différentes fonctionnalités ont été intégrées dans les applications afin de favoriser la navigation et d'améliorer l'expérience de l'utilisateur. Si ces fonctionnalités sont simples et communes à un bon nombre d'autres applications (IGO, OpenStreetMaps, Google Maps, etc.), certaines d'entre elles peuvent permettre à un utilisateur plus aguerri de réaliser d'autres analyses. Le Tableau 23 recense les différents widgets intégrés à la version finale des applications cartographiques.

Tableau 23 : Liste des widgets intégrés à la version finale des applications cartographiques

Widget	Description
À propos	Crée le contenu qui apparaît dans le widget.
Ajouter des données	Permet d'ajouter des données à la carte en recherchant des couches dans le contenu <i>ArcGIS Online</i> ou <i>Portal for ArcGIS</i> , en saisissant des URL ou en chargeant des fichiers locaux.
Barre d'échelle	Affiche une barre d'échelle sur la carte.
Bibliothèque de fond de carte	Présente une bibliothèque de fonds de carte sélectionnable en tant que fonds de carte de l'application.
Carte générale	Affiche l'étendue actuelle de la carte comprise dans une zone plus étendue et s'actualise dès que l'étendue de la carte change.
Étendu par défaut	Effectue un zoom sur l'étendue initiale de la carte.

Fenêtre d'accueil	Définit le contenu d'affichage sur l'écran de présentation de l'application. Elle apparaît avant que les utilisateurs ne commencent à se servir de l'application.
Imprimer	Connecte l'application Web à un service d'impression pour permettre l'impression de la carte en cours.
Légende	Affiche des étiquettes et des symboles pour les couches de la carte.
Liste de couches	Fournit une liste des couches opérationnelles et leurs symboles, et permet d'activer et de désactiver les couches individuelles.
Plein écran	Permet de lancer le mode plein écran.
Rechercher	Permet aux utilisateurs de rechercher des emplacements ou des entités sur la carte.
Sélectionner	Permet de sélectionner de façon interactive des entités sur la carte. Les entités sélectionnées peuvent être transmises au widget en Table attributaire.
Table attributaire	Affiche une vue tabulaire des attributs de certaines couches opérationnelles.
Zoom	Permet d'utiliser des commandes de <i>zoom</i> interactives dans l'affichage cartographique.

Source : <http://doc.arcgis.com/fr/web-appbuilder/create-apps/what-is-web-appbuilder.htm>

Une autre fonctionnalité implémentée au sein des applications Web est la possibilité, pour l'utilisateur, de faire afficher une fenêtre contextuelle en cliquant sur certaines entités ponctuelles et polygonales présentes dans les cartes Web, permettant ainsi d'y faire apparaître les attributs de celles-ci (valeur des variables ayant permis de calculer les indices, niveaux estimés de vulnérabilité, etc.). Les fenêtres contextuelles sont aussi utilisées pour afficher sur deux axes la légende de vulnérabilité relative.

4.6 Porte d'entrée à l'atlas

Parallèlement à la publication de cartes Web, nous avons estimé qu'il était pertinent de mettre en ligne un site Web permettant au grand public de pouvoir accéder aux différentes applications Web développées par l'équipe du projet. Ce site Web facilitera le regroupement des informations sur le projet (équipe, financement, partenaires, etc.), les données et méthodes de calcul des indices, ainsi que des liens externes vers des sources d'informations traitant d'aménagement, de vulnérabilité aux aléas climatiques, d'adaptation aux changements climatiques, etc. Le site Web sera hébergé sur les serveurs de l'Université Laval jusqu'en septembre 2023. Le service d'analyse d'audience de site Web *Google Analytics* y sera implémenté afin d'assurer un suivi de l'affluence et de la consultation du site, permettant ainsi de l'améliorer. Le site Web peut être consulté à l'adresse suivante : <https://atlasdelavulnerabilite.ca/>.

4.7 Conclusion et recommandations

Ce chapitre du rapport avait pour objectif de décrire le chemin parcouru afin de mettre en ligne des couches d'informations géographiques portant sur la vulnérabilité aux aléas hydrométéorologiques et aux vagues de chaleur. La version finale de l'atlas a été élaborée après le développement et l'évaluation de trois générations de prototypes d'application. Une évaluation des besoins en outils de cartographie Web et une recherche sur les solutions cartographiques disponibles ont permis d'effectuer un choix avisé quant au logiciel à utiliser pour mener à bien les travaux associés à ce volet de la recherche. Les applications de cartographie Web pour le grand public ont été développées, dans le cadre de ce projet, en considérant des critères de pérennité des résultats, de convivialité des produits cartographiques et d'accessibilité aux résultats, sans oublier le potentiel de l'atlas comme outil de sensibilisation. Toutefois, il existe certaines limites à l'usage des données par un public non expert, ce qui peut compliquer l'utilisation des indices.

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de l'expérience vécue par l'équipe de recherche. Cela dit, dans le cadre de ce projet, la consultation a permis de réorienter de manière importante ce volet du projet de recherche, soit l'utilisation de *Territoires* comme vecteur de diffusion auprès de professionnels de l'aménagement et le développement d'une version grand public de l'atlas.

De plus, les différents volets de la consultation ont permis de promouvoir le projet dans le milieu aménagiste municipal. Enfin, lorsque possible, l'évaluation d'un prototype d'application peut s'avérer pertinente dans la mesure où des améliorations peuvent être apportées par la suite.

5. Conclusion

Le principal objectif du projet était d'élaborer, à des fins de prévention et d'intervention, un atlas interactif en ligne d'analyse de la vulnérabilité à la survenue d'aléas climatiques au Québec. Pour y répondre, le premier objectif spécifique était d'identifier et de documenter les besoins des gestionnaires, des professionnels et des aménagistes des municipalités du Québec en matière d'outils d'évaluation et de cartographie des vulnérabilités aux aléas climatiques. Cet objectif a été atteint en analysant les préoccupations et les besoins des utilisateurs potentiels de cet outil grâce à un sondage en ligne, à des entrevues et à un groupe de discussion. Le deuxième objectif spécifique visait à construire plusieurs indices cartographiables afin d'estimer différentes dimensions de la vulnérabilité aux vagues de chaleur accablante et aux aléas hydrométéorologiques, en considérant les échelles géographique et temporelle appropriées pour élaborer adéquatement diverses mesures de prévention et d'intervention. Cet objectif spécifique a été atteint grâce à la création d'un indice de sensibilité et d'un indice de capacité à faire face aux vagues de chaleur et aux aléas hydrométéorologiques, dont la combinaison permet d'obtenir un indice de la vulnérabilité de la population, soit brute ou relative, pour l'écoumène québécois. Le troisième objectif spécifique était de produire un atlas interactif en ligne permettant de diffuser les indices de vulnérabilité des communautés du Québec municipalisé. Ce dernier objectif spécifique a été atteint grâce à la production d'un atlas interactif en ligne destiné au grand public dans un premier temps, et au portail *Territoires* dans un deuxième temps.

En conclusion, nous espérons que ce projet aidera les acteurs municipaux dans le cadre de leur travail, que l'information retirée par notre outil sera utile à l'ensemble de la population québécoise, et que les démarches méthodologiques, ainsi que les résultats, pourront contribuer à la réalisation d'autres projets scientifiques.

Références

- ABBAS H. B., ROUTRAY J. K. (2014). Vulnerability to flood-induced public health risks in Sudan. *Disaster Prevention and Management*, 23(4): 395-419.
- ADEME. (2013). *Indicateurs de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique*. République Française, 64 pages.
- ADGER W. N., BROOKS N., KELLY M., BENTHAM G., AGNEW M., ERIKSEN S. (2003). *New indicators of vulnerability and adaptive capacity*. Tyndall Centre for Climate Change Research, 129 p.
- AGENCE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DE MONTRÉAL. (2014). *État de situation sur la santé des montréalais et ses déterminants*. Montréal, Québec, 116p.
- AHERN M., KOVATS R. S., WILKINSON P., FEW R., MATTHIES F. (2005). Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. *Epidemiologic reviews*, 27: 36-46.
- APPARICIO P., ABDELMAJID M., RIVA M., SHEARMUR R. (2008). Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues. *International Journal of Health Geographics*, 7(7): 1-14.
- AUBRECHT C., STEINNOCHER K., KÖSTL M., ZÜGER J., LOIBL W. (2013). Long-term spatio-temporal social vulnerability variation considering health-related climate change parameters particularly affecting elderly. *Natural Hazards*, 68(3): 1371-1384.
- BALICA S. F., DOUBEN N., WRIGHT N. G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water Science & Technology*, 60(10): 2571-80.
- BALICA S. F., WRIGHT N. G. (2010). Reducing the complexity of the flood vulnerability index. *Environmental Hazards*, 9(4): 321-339.
- BALICA S.F., WRIGHT N. G., MEULEN F. (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Natural Hazards*, 64(1): 73-105.
- BAO J., LI X., YU C. (2015). The Construction and Validation of the Heat Vulnerability Index, a Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(7): 7220-7234.
- BEAULIEU N., SANTOS S. J., PLANTE S. (2015). Un cadre conceptuel pour explorer localement les facteurs de vulnérabilité et les options d'adaptation aux changements climatiques. *VertigO*, Hors-série 23.

- BERGSTRAND K., MAYER B., BRUMBACK B., ZHANG. (2015). Assessing the Relationship Between Social Vulnerability and Community Resilience to Hazards. *Social Indicators Research*, 122(2): 391-409.
- BHATTI S. S., TRIPATHI N. K. (2014). Built-up area extraction using Landsat 8 OLI imagery. *GIScience & remote sensing*, 51(4): 445-467.
- BIRKMAN J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7(2007): 20-31.
- BOULFROY E., KHALDOUNE J., GRENON F., FOURNIER R., TALBOT B. (2013). Conservation des îlots de fraîcheur urbains – Description de la méthode suivie pour identifier et localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur (méthode en 9 niveaux). CERFO et Université de Sherbrooke. Rapport 2012-11c. 40 pages.
- BOURQUE A., SIMONET G. (2008). *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (éds.). Ottawa, Gouvernement du Canada.
- BROOKS N., ADGER W. N., KELLY P. M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2): 151-163.
- BUBSY J. W., SMITH T. G., KRISHNAN N. (2014). Climate security vulnerability in Africa mapping 3.0. *Political Geography*, 43(2014): 51-67.
- BURTON C., CUTTER S. L. (2008). Levee failures and social vulnerability in the sacramento-San Joaquin delta area, California. *Natural Hazards Review*, 9(3): 136-149.
- BURTON I., KATES R. W., WHITE G. F. (1978). *The environment as Hazard*. Oxford University Press, 240 p.
- BURTON H., RABITO F., DANIELSON L., TAKARO T. K. (2016). Health effects of flooding in Canada: A 2015 review and description of gaps in research. *Canadian Water Resources Journal*, 41(1-2): 238-249.
- BUSCAIL C., UPEGUI E., VIEL J. F. (2012). Mapping heatwave health risk at the community level for public health action. *International Journal of Health Geographics*, 11: 1-38.
- BUSTINZA R., LEBEL G., GOSSELIN P., BÉLANGER D., CHEBANA F. (2013). Health impacts of the July 2010 heat wave in Québec, Canada. *BMC public health*, 13: 56.
- CAMPBELL R. N., JEFFREYS H. (1938). Symposium: Measurement and its importance for philosophy. *Proceedings of the Aristotelian Society, Supplementary Volumes*, 17: 121-151.

- CAMPBELL T. D., FISKE W. D. (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. *Psychological Bulletin*, 56(2): 1-81.
- CHAN C. F., LEVEDEVA J., OTERO J., RICHARDSON G. (2007). Urban heat islands: a climate change adaptation strategy for Montreal. *Plan Canada*, 48(1): 1-30.
- COLES D., YU D., WILBY R. L., GREEN D., HERRING Z. (2017). Beyond 'flood hotspots': Modelling emergency service accessibility during flooding in York, UK. *Journal of Hydrology*, 546: 419-436.
- CONTI S., MELI P., MINELLI G., SOLIMINI R., TOCCACELI V., VICHI M., BELTRANO C., PERINI L. (2003). Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental research*, 98: 390-399.
- CORSCADDEN L., LEVESQUE J. F., LEWIS V., STRUMPF E., BRETON M., RUSSELL G. (2018). Factors associated with multiple barriers to access to primary care: an international analysis. *International Journal for Equity in Health*, 17(28): 1-10.
- CUTTER S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(1996): 529-539.
- CUTTER S. L., BORUFF B. J., SHIRLEY W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2): 242-61.
- CUTTER S. L., CHRISTOPHER T. E., JENNIFER J. W., DANIEL M. (2009). *Social Vulnerability to Climate Variability Hazards: A review of the Literature*. Final Report to Oxfam America. Hazards and Vulnerability Research Institute, Department of Geography, University of South Carolina, Columbia, 44 p.
- CUTTER S. L., FINCH C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of National Academy of Sciences U S A*, 105(7): 2301-6.
- DAUPHINÉ A., PROVITOLO D. (2007). La résilience : un concept pour la gestion des risques. *Annales de Géo-graphie*, 654: 115-124.
- DE ALMEIDA L. Q., WELLE T., BIRKMANN J. (2016). Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 17(2016): 251-272.
- DE LOYOLA HUMMELL B. M., CUTTER, S. L., EMRICH C. T. (2016). Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(2): 111-122.
- DICKES P. (1994). *La psychométrie : théories et méthodes de la mesure en psychologie*. Paris: Presses universitaires de France.

- DONG W., LIU Z., ZHANG L., TANG Q., LIAO H., Li, X. (2014). Assessing Heat Health Risk for Sustainability in Beijing's Urban Heat Island. *Sustainability*, 6(10): 7334-7357.
- DURAND C. (2003). *L'analyse factorielle et l'analyse de fidélité*. Université de Montréal, Département de sociologie, 30p.
- EIDSVIG U. M. K., MCLEAN A., VANGELSTEN B. V., KALSNES B., CIUREAN R. L., ARGYROUDIS S., WINTER M. G., MAVROULI O. C., FOTOPOULOU S., PITILAKIS K. (2014). Assessment of socioeconomic vulnerability to landslides using an indicator-based approach: methodology and case studies. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73: 307-324.
- ESRI. (2018). Web AppBuilder for ArcGIS [En ligne] <http://doc.arcgis.com/fr/web-appbuilder/create-apps/what-is-web-appbuilder.htm>
- FEKETE A. (2009). Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9: 393-403.
- FERNANDEZ P., MOURATO S., MOREIRA M., PEREIRA L. (2016). A new approach for computing a flood vulnerability index using cluster analysis. *Physics and Chemistry of the Earth*, 94(2016): 47-55.
- FRASER A. M., CHESTER M. V., EISENMAN D., HONDULA D. M., PINCETL S. S., ENGLISH P., BONDANK E. (2017). Household accessibility to heat refuges: Residential air conditioning, public cooled space, and walability. *Urban Analytics and City Science*, 44(6): 1036-1055.
- FREIRIA S., TAVARES A. O., JULIAO R. P. (2015). The Multiscale Importance of Road Segments in a Network Disruption Scenario: A Risk-Based Approach. *Risk Analysis*, 35(3): 484-500.
- FÜSSEL H. M. (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17: 155-167.
- GARBUTT K., ELLUL C., FUJIYAMA T. (2015). Mapping social vulnerability to flood hazard in Norfolk, England. *Environmental Hazards*, 14(2): 156-186.
- GIEC. (2012). *Rapport spécial des Groupes de travail I et II du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Cambridge University Press, États-Unis d'Amérique, 20 p.
- GIEC. (2014). *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumés, foire aux questions et encarts thématiques*. Organisation météorologique mondiale, Genève, Suisse, 201 p.

- GIGUÈRE M., GOSSELIN P. (2005). *Vagues de chaleur, îlot thermique urbain et santé : Examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec*. Institut National de la Santé Publique, Québec.
- GIUPPONI C., GIOVE S., GIANNINI V. (2013). A dynamic assessment tool for exploring and communicating vulnerability to floods and climate change. *Environmental Modelling and Software*, 44: 136-147.
- GLATRON S. (2009). *Représentations cognitives et spatiales des risques et des nuisances pour les citoyens*. Université de Strasbourg, 201 p.
- GOUVERNEMENT DU CANADA. (2013). *Programme de réduction des dommages causés par les inondations*. Environnement et Changement climatique Canada [En ligne] <https://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=0365F5C2-1>
- GOUVERNEMENT DU CANADA. (2015). *Anciennes éditions des publications de Codes Canada* [En ligne] https://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/publications/centre_codes/anciens_codes_titres.html
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. (2010). *Projet SIGAT : Territoires*. Québec, Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. (2011). *Adresses Québec réseau*. Québec, Adresses Québec.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. (2015). *Mission et ministre* [En ligne] <https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/ministere/mission-et-ministre/>
- GUILFORD J. P. (1954). *Psychometric methods*. New-York, United States of America, 597p.
- GULLIKSEN H. (1967). *Theory of mental tests*. California, United States of America, 486 p.
- HAINES A., KOVATS R. S., CAMPBELL-LENDRUM D., CORVALAN C. (2006). Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. *Public Health*, 120: 585-596.
- HARLAN S. L., BRAZEL A. J., PRASHAD L., STEFANOV W. L., LARSEN L. (2006). Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social Science and Medicine*, 63(11): 2847-2863.
- HONDULA D. M., DAVIS R. E., LEISTEN M. J., SAHA M. V., VEAZEY L. M., WEGNER C. R. (2012). Fine-scale spatial variability of heat-related mortality in Philadelphia County, USA, from 1983-2008: a case-series analysis. *Environmental Health*, 11(16): 1-16.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment*

- Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). Switzerland, IPCC.*
- IRISH R. R. (2000). *Landsat 7 science data users handbook*. National Aeronautics and Space Administration, 430 p.
- ISLAM M. S., SWAPAN M. S. H., HAQUE S. M. (2013). Disaster risk index: How far should it take account of local attributes? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 3(1): 76-87.
- JI Z., LI N., XIE W., WU J., ZHOU Y. (2013). Comprehensive assessment of flood risk using the classification and regression tree method. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(8): 1815-1828.
- JINUNTUYA P., THEPPIPIT J. (2007). *Temporary housing design and planning software for disaster relief decision support system*. 12th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia.
- JUNG L. W., CHANG H., BAE D. H. (2013). Spatially-explicit assessment of flood risk caused by climate change in South Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17(1): 233-243.
- KAR B., HODGSON M. E. (2008). A GIS-Based Model to Determine Site Suitability of Emergency Evacuation Shelters. *Transactions in GIS*, 12(2): 227-248.
- KAZMIERCZAK A., CAVAN G. (2012). Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure. *Landscape and Urban Planning*, 103(2): 185-197.
- KHAN S. (2012). Vulnerability assessments and their planning implications: a case study of the Hutt Valley, New Zealand. *Natural Hazards*, 64: 1587-1607.
- KOKS E. E., JONGMAN B., HUSBY T. G., BOTZEN W. J. W. (2015). Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. *Environmental Science and Policy*, 47: 42-52.
- KOTZEE I., REYERS B. (2016). Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. *Ecological Indicators*, 60: 45-53.
- LAM N. S. N., QIANG Y., ARENAS H., BRITO P., LIU K. B. (2015). Mapping and assessing coastal resilience in the Caribbean region. *Cartography and Geographic Information Science*, 42(4): 315-322.
- LAREAU F., BAUDOIN Y. (2015). Evaluation and mapping of thermal vulnerability in the agglomeration of Montreal. *Canadian Geographer*, 59(2): 234-245.
- LEDRANS M. (2006). Impact sanitaire de la vague de chaleur de l'été 2003 : synthèse des études disponibles en août 2005. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 2006: 130-137.

- LOUGHNAN M. E., TAPPER N. J., PHAN T., MCINNES J. A. (2014). Can a spatial index of heat-related vulnerability predict emergency service demand in Australian capital cities? *International Journal of Emergency Services*, 3: 6-33.
- LOWE D., EBI K. L., FORSBERG B. (2013). Factors Increasing Vulnerability to Health Effects before, during and after Floods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10: 7015-7067.
- MAGNAN A. (2009). *La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : Mise au point conceptuelle et facteurs d'influence*. Analyse N1, 30 p.
- MCGRAIL M. R., HUMPHREYS J. S. (2009). A new index of access to primary care services in rural areas. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 33(5): 418-423.
- MELGAREJO L. F., LAKES T. (2014). Urban adaptation planning and climate-related disasters: An integrated assessment of public infrastructures serving as temporary shelter during river floods in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 9: 147-158.
- MENONI S., MOLINARI D., PARKER D., BALLIO F., TAPSELL S. (2012). Assessing multifaced vulnerability and resilience in order to design risk-mitigation strategies. *Natural Hazards*, 64(3): 2057-2082.
- MORIN M. (2008). *Concept de base en sécurité civile*. Québec, Ministère de la Sécurité publique.
- MORTSCH L., HEBB A. J. (2008). Assessing vulnerability to climate change and flooding in the City of London, Upper Thames River Basin, Ontario. *Plan Canada*, 48(1): 41-44.
- MÜLLER A. (2013). Flood risks in a dynamic urban agglomeration: A conceptual and methodological assessment framework. *Natural Hazards*, 65(3): 1931-50.
- NGAMINI NGUI A., APPARICIO P. (2011). L'accessibilité potentielle aux services de santé mentale à Montréal : approche par les systèmes d'information géographique. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 59: 370-378.
- NORMAN L. M., VILLARREAL M. L., LARA-VALENCIA F., YUAN Y., NIE W., WILSON S., AMAYA G., SLEETER R. (2012). Mapping socio-environmentally vulnerable populations access and exposure to ecosystem services at the U.S.-Mexico borderlands. *Applied Geography*, 34: 413-424.
- O'KEEFE P., WESTGATE K., WISNER B. (1976). Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature*, 260: 556-567.
- OULAHEN G., MORTSCH L., TANG K., HARFORD D. (2015). Unequal Vulnerability to Flood Hazards: "Ground Truthing" a Social Vulnerability Index of Five Municipalities

- in Metro Vancouver, Canada. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(3): 473-495.
- OURANOS. (2010). *Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques. Guide destiné au milieu municipal québécois*. Montréal, 48 p.
- OURANOS. (2015). *Vers l'adaptation – Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Montréal, 415 p.
- PAMPALON R., RAYMOND G. (2003). Indice de défavorisation matérielle et sociale : son application au secteur de la santé et du bien-être. *Santé, société et solidarité*, 1: 190-207.
- PETERS D. L., CAISSIE D., MONK W. A., ROOD S. B., ST-HILAIRE A. (2015). An ecological perspective on floods in Canada. *Revue canadienne des ressources hydriques*, 2015: 1-19.
- POWELL M. (1995). On the outside looking in: medical geography, medical geographers and access to health care. *Health & place*, 1: 41-50.
- PROVITOLO D. (2005). Un exemple d'effets de dominos : la panique dans les catastrophes urbaines. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 328, 20 p.
- REID C. E., MANN J. K., ALFASSO R., ENGLISH P. B., KING G. C., LINCOLN R. A., MARGOLIS H. G., RUBADO D. J., SABATO J. E., WEST N. L., WOODS B., NAVARRO K. M., BALMES J. R. (2012). Evaluation of a heat vulnerability index on abnormally hot days: an environmental public health tracking study. *Environmental Health Perspectives*, 120(5): 715-720.
- RØD J. K., OPACH T. NESET T. S. (2015). Three core activities toward a relevant integrated vulnerability assessment: validate, visualize, and negotiate. *Journal of Risk Research*, 18(7): 877-895.
- ROTHMAN K. J. (2012). *Epidemiology: an introduction*. Oxford University Press.
- ROY D. C., BLASCHKE T. (2015). Spatial vulnerability assessment of floods in the coastal regions of Bangladesh. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(1): 21-44.
- REID C. E., O'NEILL M. S., GRONLUND C. J., BRINES S. J., BROWN D. G., DIEZ-ROUX A. V., SCHWARTZ J. (2009). Mapping community determinants of heat vulnerability. *Environmental Health Perspectives*, 117(11): 1730-1736.
- SAMENOW, J. (2018). Red-hot planet: All-time heat records have been set all over the world during the past week, *The Washington Post*, [En ligne] https://www.washingtonpost.com/news/capital-weather-gang/wp/2018/07/03/hot-planet-all-time-heat-records-have-been-set-all-over-the-world-in-last-week/?noredirect=on&utm_term=.58f20028f205

- SCHWAGER K. W. (1991). The representational theory of measurement: An assessment. *Psychological Bulletin*, 110(3): 618.
- SEE S. (2013). Rediscovering Community – Reflections After Hurricane Sandy. *The Annals of Family Medicine*, 2013: 571-573.
- SÉGUIN J, BÉLANGER D. (2008). *Santé et changements climatiques : évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada*. Rapport synthèse : Santé Canada.
- SEMENZA J. C., RUBIN C. H., FALTER K. H., SELANIKIO J. D., FLANDERS W. D., HOWE H. L., WILHELM J. L. (1996). Heat-Related Deaths during the July 1995 Heat Wave in Chicago. *The New England Journal of Medicine*, 335: 84-90.
- SPEAKMAN D. (2008). Mapping flood pressure points: Assessing vulnerability of the UK Fire Service to flooding. *Natural Hazards*, 44(1): 111-127.
- STAFOGGIA M., FORASTIERE F., AGOSTINI D., CARANCI N., DE'DONATO F., DEMARIA M., MICHELOZZI P., MIGLIO R., ROGNONI M., RUSSO A., PERUCCI C. A. (2008). Factors affecting in-hospital heat-related mortality: a multi-city case-crossover analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62(3): 209-215.
- STATHOPOULOU M., CARTALIS C., KERAMITSOGLOU I. (2004). Mapping micro-urban heat islands using NOAA/AVHRR images and CORINE Land Cover: an application to coastal cities of Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2301-2316.
- STATISTIQUE CANADA. (2015a). *Logement privé occupé par des résidents habituels* [En ligne] <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/ref/dict/dwelling-logements006-fra.cfm>
- STATISTIQUE CANADA. (2015b). *Îlot de diffusion (ID)* [En ligne] <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/ref/dict/geo014-fra.cfm>
- STATISTIQUE CANADA. (2015c). *Aire de diffusion (AD)* [En ligne] <https://www.statcan.gc.ca/pub/92-195-x/2011001/geo/da-ad/da-ad-fra.htm>
- STATISTIQUE CANADA. (2016). *Mesure de faible revenu après impôt* [En ligne] <http://www12.statcan.gc.ca/nhs-enm/2011/ref/dict/fam021-fra.cfm>
- TAIROU O. F., BUSTINZA R., GOSSELIN P., BÉLANGER D. (2011). *Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés aux précipitations non hivernales, aux inondations, aux glissements de terrain et à la sécheresse*. Québec, Institut national de santé publique du Québec.

- TAPSELL S. M., PENNING-ROUSELL E. C., TUNSTALL S. M., WILSON T. L. (2002). Vulnerability to flooding: health and social dimensions. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360: 1511-25.
- TATE E. (2012). Social vulnerability indices: A comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. *Natural Hazards*, 63(2): 325-347.
- TAVARES A. O., DOS SANTOS P. P., FREIRE P., FORTUNATO A. B., RILO A., SA L. (2015). Flooding hazard in the Tagus estuarine area: The challenge of scale in vulnerability assessments. *Environmental Science & Policy*, 51: 238-255.
- THOMAS I., BLEAU N., SOTO ABASOLO P., DESJARDIN-DUTIL G., FUAMBA M., KADI 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.
- TOMLINSON C. J., CHAPMAN L., THORNES J. E., BAKER. (2011). Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham, UK. *International Journal of Health Geographics*, 10: 1-42.
- TURNER B. L., KASPERSON R. E., MATSON P. A., MCCARTHY J. J., CORELL R. W., CHRISTENSEN L., ECKLEY N., KASPERSON J. X., LUERS A., MARTELLO M. L., POLSKY C., PULSIPHER A., SCHILLER A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14): 8074-8079.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. (2015). *Disaster risk: Hazard* [En ligne] <http://www.preventionweb.net/risk/hazard>
- USGS. (2017a). *Landsat Data Access*. <https://landsat.usgs.gov/landsat-data-access>
- USGS. (2017b). *Using the USGS Landsat 8 Product*. <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>
- WISNER B. (2004). *Assessment of capability and vulnerability*. Earthscan, London, 193 p.
- YOON D. K. (2012). Assessment of social vulnerability to natural disasters: a comparative study. *Natural Hazards*, 63: 823-843.
- ZHANG N., HUANG H. (2013). Social vulnerability for public safety: A case study of Beijing, China. *Chinese Science Bulletin*, 58(19): 2387-2394.
- ZHANG Y. L., YOU W. J. (2013). Social vulnerability to floods: a case study of Huaihe River Basin. *Natural Hazards*, 71: 2113-2125.

Annexes

Annexe 1 : Exemple de courriel décrivant le projet

Chers membres,

Le Département de géographie de l'Université Laval mène actuellement un projet d'élaboration d'un Atlas interactif de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques, en partenariat avec le Consortium Ouranos et l'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ), et que notre association soutient.

Conçu à partir de vos besoins, l'Atlas permettra d'identifier la localisation de zones à risque et d'évaluer leur sévérité. Cet outil permettra d'intégrer différentes questions climatiques de la vulnérabilité aux aléas climatiques dans la réalisation d'activités de planification et d'aménagement du territoire et de prioriser les interventions en matière de stratégies d'adaptation. Ainsi, son utilisation permettra aux communautés de réduire les pertes potentielles, de réagir plus adéquatement à la survenue d'aléas et d'assurer, après coup, une plus grande résilience.

Ainsi, au courant des prochains jours, certains d'entre vous seront contactés par les responsables de l'équipe de recherche afin de participer à une consultation sous forme d'entrevue individuelle. L'entrevue a pour objectifs, dans un premier temps, de connaître la situation spécifique de votre municipalité ou MRC face aux risques que représentent certains aléas climatiques, dans un deuxième temps, de connaître vos besoins en matière d'informations, de données et d'outils pour faciliter la planification territoriale face aux aléas climatiques sur le territoire de votre MRC ou municipalité.

En ce qui a trait aux municipalités ou MRC qui ne seront pas contactées pour participer à cette consultation individuelle, l'équipe de recherche du Département de géographie de l'Université Laval vous enverra un sondage Web au courant du mois d'avril prochain, reprenant les mêmes thématiques que l'entrevue individuelle.

Pour plus d'information sur le projet, n'hésitez pas à contacter la responsable Nathalie Barrette (nathalie.barrette@ggr.ulaval.va ou 418-656-2131 poste 5758).

Nous vous encourageons vivement à participer à ce projet de recherche. Merci pour votre collaboration habituelle !

Annexe 2 : Grille d'entrevue - Entrevues

Introduction : rappel de l'objet de l'entrevue et questions sur le profil de l'interlocuteur

Rappel de l'objectif du projet :

La Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval mène actuellement un projet d'élaboration d'un Atlas interactif de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques, en partenariat avec le Consortium Ouranos et l'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ). Il sera possible d'y retrouver plusieurs indicateurs permettant de mesurer la vulnérabilité de la population de votre (nommer MRC ou municipalité) à certains aléas climatiques. L'outil sera destiné à soutenir les municipalités dans la planification territoriale de façon à prévenir les dommages et les préjudices pouvant être causés par les aléas climatiques.

Au besoin expliquer la mission :

- de l'INSPQ : L'objectif de l'INSPQ est de faire progresser les connaissances et les compétences, de proposer des stratégies ainsi que des actions intersectorielles susceptibles d'améliorer l'état de santé et le bien-être de la population.
- d'OURANOS : Ouranos a pour mission l'acquisition et le développement de connaissances sur les changements climatiques et leurs impacts ainsi que sur les vulnérabilités socioéconomiques et environnementales, de façon à informer les décideurs sur l'évolution du climat et à les conseiller pour identifier, évaluer, promouvoir et mettre en œuvre des stratégies d'adaptation locales et régionales.

Objet de l'entrevue :

- Connaître la situation spécifique de votre municipalité ou MRC face aux risques que représentent certains aléas climatiques et s'il y a lieu, les mesures d'adaptation mises en œuvre.
- Connaître vos besoins en matière d'informations, de données et d'outils pour faciliter la planification territoriale face aux aléas climatiques sur le territoire de (nommer la MRC ou la municipalité).

Avant de commencer, nous nous demandions si vous aviez été récemment sollicités par l'Université Montréal pour répondre à des questions sur la prise en considération de l'adaptation aux changements climatiques votre planification? Si oui, nous sommes désolés si nous vous faisons répéter certaines informations.

À des fins d'identification, nous aimerions obtenir quelques informations sur votre travail et sur vous-même:

Pourriez-vous nous indiquer votre nom, votre rôle et vos tâches au sein de votre organisation?

Depuis combien de temps occupez-vous ce poste au sein de votre organisation?

Avant de commencer l'entrevue, **nous vous présentons un prototype de l'Atlas** afin de vous donner une idée plus claire du concept (démonstration des principaux éléments du prototype). Ceci ne constitue pas le format final de l'Atlas, mais représente l'esprit dans lequel on entrevoit le développement de cet outil.

Que pensez-vous de l'interface en général? Par rapport à celles que vous utilisez? Est-ce facile d'utilisation? Les informations présentes vous semblent-elles pertinentes? En manque-t-il? Les métadonnées et informations sur la qualité des données vous sont-elles utiles? Si oui, devraient-elles mises en évidence davantage? Ou moins en évidence?

Partie 1 : Situation spécifique de votre région face aux risques que représentent les aléas climatiques.

Dans la première partie de l'entrevue, nous aborderons la notion d'aléas climatiques. Par **aléas climatiques**, on entend des événements climatiques, comme :

- **fortes pluies**
- vents violents
- orages
- tempêtes de neige
- **sécheresse**
- foudre
- **verglas**
- grêle
- canicule ou vagues de chaleur
- brouillard
- tornades

- **grandes marées**
- dérèglements dans le cycle des saisons

Autant de manifestations de nature climatique qui peuvent provoquer :

- des avalanches
- **des feux de forêt**
- **des îlots de chaleur**
- des refoulements de réseaux d'eaux pluviales ou d'assainissement
- une remontée de la nappe phréatique
- des glissements de terrain
- **des éboulements**
- **des inondations**
- de l'érosion
- du ruissellement urbain, périurbain ou rural
- **des problèmes de drainage**

Et, au final, compromettre la santé et la sécurité de la population sur un territoire donné.

Les questions 1 et 2 permettent de savoir si l'enjeu des aléas climatiques est présent sur le territoire et si le niveau de préoccupation est élevé. S'il y a présence d'aléas et que le niveau de préoccupation est élevé, la pertinence de l'Atlas est renforcée/validée. Avec la question 1.1, nous pourrions également obtenir de l'information sur le type d'inondation qui a touché la région, ce qui pourrait nous guider à identifier les priorités pour *cet aléa*.

1. Dans le cadre de notre recherche, nous avons ciblé les trois aléas climatiques suivants : érosion des berges, vagues de chaleur, inondation. (Nommer la MRC ou la municipalité) est-elle touchée plus particulièrement par l'un de ces aléas?

- 1.1 **Si oui**, lequel ou lesquels? Et préciser les circonstances entourant ces manifestations habituelles (exemple dans le cas d'une inondation²⁷ ou de l'érosion côtière²⁸).

Si non, à votre avis, est-ce que l'érosion des berges, les vagues de chaleur ou les inondations sont susceptibles de toucher votre (Nommer la MRC ou la municipalité) à très court terme (5 ans et moins)? Est-ce que cela vous préoccupe?

Même si les aléas du projet sont déjà déterminés, la question 2 permettra soit (1) de valider que le choix des aléas est pertinent ou soit (2) de constater, suite à l'enquête, qu'un ou des aléas majeurs ont été laissés de côté. Le cas échéant, cette information sera utile pour de futurs travaux en continuité avec le projet. La sous-question 2.1 (*si non*) a la même fonction, mais en lien avec les inquiétudes et appréhensions plutôt que les faits. Les gens sont peut-être conscients d'un danger quelconque.

2. (Nommer la MRC ou la municipalité) est-elle touchée par d'autres aléas climatiques que l'érosion des berges, les vagues de chaleur ou les inondations?

- 2.1 **Si oui**, quels sont-ils? Dans quelles circonstances? (Au besoin reprendre l'énumération des aléas présentés dans l'introduction de la partie 1)

Si non, à votre avis, est-ce que certains de ces autres aléas climatiques sont susceptibles de toucher votre (Nommer la MRC ou la municipalité) à très court terme (5 ans et moins). Préciser lesquels. Est-ce que cela vous préoccupe?

²⁷ Selon le MSP il existe six types d'inondations :

- Inondations de plaines : débordement d'un cours d'eau hors de son lit mineur (parfois précédé ou suivi d'une remontée de nappe phréatique)
- Inondations associées à une remontée de nappes phréatiques : c'est une inondation par débordement indirect. La nappe phréatique affleure en surface, au même moment il peut y avoir une intrusion d'eau dans les réseaux d'assainissement.
- Inondations de type ruissellement fluvial : essentiellement causé par un mauvais fonctionnement du système de drainage urbain suite à une pluie abondante.
- Inondations torrentielles : appelée aussi crues éclairs, surviennent suite à de fortes précipitations (les petits cours d'eau se gonflent rapidement grâce à l'apport en eau des bassins versants).
- Inondations sur cône alluvial : accumulation d'eau (forme conique) à l'endroit où le torrent coule sur les pentes fortes et rejoint les versants moins pentus.
- Inondations liées à une tempête en zone littorale : combinaison d'une forte tempête et d'une forte marée.

²⁸ L'érosion côtière peut être causée par l'action des phénomènes suivants ou leur combinaison : l'action des vagues, le mouvement des glaces, les forts vents, l'alternance des périodes de gel et de dégel et/ou tempêtes côtières.

Toujours en ce qui a trait aux aléas climatiques, on sait que certains d'entre eux seront plus intenses et plus fréquents dans le futur à cause des changements climatiques actuels.

La question 3 permet de connaître le niveau d'intégration de la question climatique « climat » dans la pratique des spécialistes en aménagement du territoire. Si le niveau de préoccupation est élevé, l'utilité de l'Atlas à plus long terme obtient une forme de validation. Par exemple, cette question croisée avec la question 1 (présence ou absence d'aléas sur le territoire) pourrait démontrer que ceux qui ne subissent pas encore d'aléas sont inquiets. Par conséquent, ils pourraient apprécier avoir de l'information sur leur vulnérabilité (sensibilité et capacité d'adaptation).

3. Cette préoccupation concernant l'évolution future de certains aléas climatiques touchant votre territoire influence-t-elle votre pratique quotidienne professionnelle? **Attention :** **question quasi similaire à la 6.**

3.1 **Si oui**, de quelle manière?

Exemples : planification (SAD, PU ou PDZA), contrôle de l'utilisation du sol (règlements, zonage), mesures d'urgence (plan municipal de sécurité civile), gestion de l'eau potable et des égouts (notamment les refoulements), déneigement, assainissement des eaux usées, voirie, cours d'eau, lacs et fossés. Ces exemples sont tirés de la loi sur l'aménagement et l'urbanisme et de la loi sur les compétences municipales.

Si non, pourquoi?

Exemples : Absence d'information disponible sur le sujet, pas pertinent pour vous, d'autres préoccupations sont prioritaires, etc.

Comme le nom du projet l'indique, l'objectif du projet est de déterminer les vulnérabilités des territoires et populations du Québec. La **vulnérabilité** constitue « une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages » (Morin, 2008).

Dans le contexte de l'enquête, les éléments vulnérables peuvent être des sous-groupes de la population, des ressources naturelles ou des infrastructures.

Les questions 4 et 5 apportent des précisions sur les données qui pourraient être retenues pour la création des indicateurs de vulnérabilité.

4. Dans votre Municipalité ou MRC, existe-t-il des groupes de populations plus susceptibles de subir des préjudices lors de la manifestation d'aléas climatiques extrêmes?

4.1 En raison de leur localisation?

Par exemple :

- Proximité d'éléments naturels ou structuraux pouvant représenter un risque en cas d'événement climatique extrême; (rivière, microclimat, barrages, structures fragiles ou potentiellement dangereuses)
- Difficultés d'accès aux services en cas d'urgence (hôpital, incendies), lieu isolé, etc.

4.2 En raison de leur condition socio-économique?

Par exemple :

- Âge, état de santé, limitation physique, immigrants, enfants en bas âge, personnes en difficultés socioéconomiques, etc.

5. Sur le territoire de votre Municipalité ou MRC, existe-t-il des ressources naturelles ou des infrastructures sensibles à protéger en cas d'événements climatiques extrêmes?

5.1 En raison de leur importance vitale pour la santé et la sécurité des populations?

Par exemple, un bassin versant qui doit être protégé afin de conserver la qualité d'une ressource vitale : une source d'eau potable; hôpitaux, caserne de pompiers, écoles, routes, etc...

5.2 En raison du danger qu'ils représentent en cas de bris pour la santé ou la sécurité des populations?

Par exemple, barrage, oléoduc, dépôt de matières dangereuses ou autres sources de contamination, etc.

Nous aborderons dans cette partie la question de la prise en considération des aléas climatiques dans vos plans d'aménagement et votre utilisation d'outils d'information sur les vulnérabilités de (nommer la MRC ou la municipalité) aux aléas climatiques.

Les questions 6, 7 et 8 vont donner de l'information sur la manière dont l'Atlas pourrait être utilisé par les aménagistes et autres professionnels. Elles permettent aussi d'avoir un portrait du niveau de préparation et de sensibilité des municipalités sur l'ensemble du Québec. Si l'Atlas donne des pistes d'adaptation, ces questions pourraient alimenter une « banque de stratégies » en révélant des stratégies d'adaptation inattendues et ingénieuses qui auraient avantage à être partagées.

6. Est-ce que votre organisation prend en compte les risques associés aux aléas climatiques dans l'aménagement du territoire de (nommer la MRC ou la municipalité)?

L'interlocuteur pourrait répondre à cette question dans la 3.

6.1 **Si oui**, de quelle(s) façon(s) : dans le schéma d'aménagement et de développement, le plan d'urbanisme, les règlements d'urbanisme, l'énoncé de vision stratégique, les plans d'urgence, etc.

6.2 **Si oui**, depuis quand tenez-vous compte des risques climatiques dans la réalisation de ces plans?

6.3 **Si oui**, Est-ce une obligation légale ou une initiative locale?

6.4 **Si non**, pour quelles raisons?

La question 7 permet de connaître l'état de sensibilisation et de préparation. Elle permet d'alimenter une « banque de stratégies d'adaptation ». Cette banque peut inclure tout ce qui contribue à augmenter la capacité d'adaptation et à diminuer la vulnérabilité.

7. Appliquez-vous d'autres stratégies d'adaptation sans qu'elles soient nécessairement liées à l'aménagement du territoire? *Exemple : plan municipal de sécurité civile, campagnes de sensibilisation de la population.*

8. La santé et la sécurité des populations étant des préoccupations en matière d'aménagement du territoire, comment sont-elles prises en compte lors de la planification de l'aménagement et le contrôle de l'usage du sol?

Exemples : Par l'identification de zones de contrainte (inondations, érosion, glissement de terrain, pente instable, effet de glace...), par l'identification des zones les plus vulnérables pour obtenir du financement à partir de programmes d'intervention ciblés.

La question 9 nous permet de savoir si les initiatives du genre atteignent leur cible ou demeurent dans l'ombre. La question 9.1 nous permet de connaître les outils qui sont privilégiés pour nous en inspirer. La question 9.2 nous permet d'identifier des faiblesses dans les outils existants afin de ne pas les répéter (trop compliqué, pas convivial, pas sous la bonne forme ...). La question 9.3 permet une validation de l'Atlas.

9. Est-ce que vous êtes au courant de l'existence d'outils et/ou de documentation destinés à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques (sites Web, documents gouvernementaux, etc.)?

9.1 **Si oui**, lesquels utilisez-vous? Et à quelle fréquence? Sont-ils complets? L'information est-elle à jour? répondent-ils à vos besoins?

9.2 **S'ils connaissent, mais n'utilisent pas**, pour quelle raison n'utilisez-vous pas ces ressources dont vous connaissez l'existence?

9.3 **S'ils ne sont pas au courant de l'existence** : utiliseriez-vous un tel outil si on le mettait à votre disposition?

Les questions 10 et 11 permettent de voir si l'Atlas pourrait être utilisé pour des fins de sensibilisation des populations locales (surtout si ces populations se sentent concernées). Elles permettent de savoir si les répondants font un lien entre la sensibilisation des citoyens et la diminution du risque (stratégie d'adaptation)

10. Selon vous, est-ce que les citoyens de (nommer la MRC ou la municipalité) se sentent concernés par les risques liés aux aléas climatiques?

10.1 **Si oui ou non**, comment en arrivez-vous à cette conclusion?

11. Partagez-vous de l'information liée aux risques des aléas climatiques avec les citoyens à des fins de sensibilisation et/ou de prévention?

11.1 **Si oui**, de quelle manière partagez-vous cette information (site web, bulletin papier, liste de courriels, téléphone)?

11.2 **Si non**, pour quelles raisons?

12. Partagez-vous de l'information liée aux risques des aléas climatiques avec les municipalités locales voisines et la MRC (ou autres organismes)

12.1 **Si oui**, de quelle manière partagez-vous cette information? (site web, bulletin papier, liste de courriels, téléphone)

12.2 **Si non**, pour quelles raisons?

Partie 3 : Vos besoins spécifiques en informations et données

La question 13 permet de préciser la pertinence de l'information sur la sensibilité sociale. Elle peut alimenter la réflexion sur les indicateurs.

13. Aimerez-vous pouvoir consulter des données socioéconomiques et démographiques sur l'interface Web de l'Atlas?

13.1 **Si oui**, y a-t-il des paramètres particuliers qui vous intéressent?

Exemples : Âge, état de santé, limitation physique, immigrants, enfants en bas âge, personnes en difficultés socioéconomiques, etc.

Même commentaire que question 13, mais portant sur l'exposition aux aléas

14. Aimerez-vous pouvoir consulter une recension des événements climatiques extrêmes ayant eu lieu sur le territoire de (nommer MRC ou la municipalité)? Il peut s'agir d'inondations, de hautes marées, de pluies diluviennes, d'absence de couvert de glaces ou d'épisodes de chaleur extrême, etc.

La question 15 nous informe sur les besoins (ou intérêts) en matière de suivi climatique passé et futur. De plus, les réponses pourront servir à Ouranos (projets futurs ou connexes) au sujet de la standardisation les variables pouvant être utiles aux aménagistes et autres professionnels.

15. Aimeriez-vous pouvoir consulter de l'information sur l'évolution du climat dans votre région via l'Atlas? (préciser que l'information sur le climat ne peut pas être fournie à l'échelle de la municipalité nécessairement)

15.1 **Si oui**, sur quels horizons temporels :

- Évolution du climat passé (données historiques)
 - Sur les 30 dernières années
 - Retourner le plus loin possible en arrière (ex. 1950)
- Évolution du climat futur (projection des modèles numériques du climat)
 - Pour l'horizon 2030,
 - Pour l'horizon 2050

15.2 **Si oui**, sur quelles variables climatiques. Est-ce qu'il y en a une qui vous semble plus importante pour votre territoire?

- **Précipitations** : pluie hivernale, les plus fortes pluies sur 5 jours consécutifs, neige accumulée au sol, ...
- **Température** : vague de chaleur, cycle de gel/dégel pendant l'hiver...
- **Autres** : épisodes de submersion marines, hautes marées importantes (pour le fleuve), ...

La sous-question 15.3 permettra de recueillir de l'information sur les raisons d'un manque d'intérêt envers l'évolution du climat. Au-delà du contexte du projet, l'information recueillie par cette question pourrait orienter la mise en place de stratégies d'aide aux municipalités : sensibilisation (si ça n'intéresse personne), moyens financiers (si les moyens manquent) ou favoriser une réorganisation des priorités pour mettre le climat plus haut (si ce n'est pas une priorité), etc.

15.3 **Si non**, pourquoi? *(Pas d'expertise sur place pour en faire l'analyse, trop de tâches déjà, ne semble simplement pas important pour nous, on ne saurait pas quoi en faire, etc.)*

Les questions 16 à 18 aident à préciser le type de données ainsi que certaines options qui pourraient être disponibles dans l'Atlas.

La question 16 permet de connaître la perception des répondants sur la redondance d'information : est-il souhaitable ou inutile de rassembler tout au même endroit (notion de guichet unique).

16. Aimerez-vous pouvoir consulter les données suivantes via l'Atlas, même si ces informations sont déjà disponibles sur d'autres sites web?

- Zones d'inondation
- Limites des bassins versants
- Les îlots de chaleur
- Données sur l'érosion côtière

16.1 **Si oui**, pourquoi?

16.2 **Si non** est-ce qu'un hyperlien vers ces ressources pourrait vous être utile?

17. Est-ce qu'une cartographie à l'échelle de l'aire de diffusion est suffisante pour vos besoins ou souhaitez-vous avoir de l'information agrégée à une autre échelle? MRC, ou autre?

18. À quelle autre information aimeriez-vous avoir accès, via l'Atlas, pour mieux planifier l'aménagement du territoire de (nommer la MRC ou la municipalité) face aux risques liés à l'évolution future de certains aléas climatiques?

La vulnérabilité englobe diverses notions, notamment les notions d'exposition aux aléas (nombre de personnes, par exemple), de sensibilité ou de fragilité (profil socioéconomique), et l'incapacité de faire face et de s'adapter.

En plus d'un indicateur de vulnérabilité qui les engloberait toutes, nous prévoyons préparer des indicateurs indépendants pour chacune de ces notions (exposition, sensibilité et capacité d'adaptation). Ces indices seront présentés sous forme de **cartes** probablement à l'échelle **du découpage de Statistique Canada (aires de diffusion)**.

La question 19 sert à valider le projet d'Atlas

19. Est-ce que ces différentes cartes des indicateurs de vulnérabilité (incluant l'indicateur global) pourront être utilisées dans le cadre de vos fonctions en planification territoriale?

19.1 **Si oui**, pouvez-vous préciser de quelle manière?

Exemples : Établir les grandes orientations d'aménagement du territoire, déterminer les grandes affectations du sol (usages permis et prohibés, densité d'occupation du sol, normes de lotissement, couverture végétale à maintenir ou à augmenter, normes d'aménagement des terrains, contingentement des usages ou quotas de commerces et services)

Partie 4 : environnement technologique

Les questions 20 à 23 donnent des infos générales sur le contexte dans lequel l'Atlas sera utilisé. La lenteur d'affichage pourrait rendre l'Atlas non convivial (sans internet haute vitesse).

20. Comment qualifiez-vous le niveau de maîtrise des technologies de cartographie dans l'équipe de travail de votre municipalité?

21. Avez-vous Internet? Haute vitesse?

22. Utilisez-vous des appareils mobiles pour consulter des applications web? Tablettes? Téléphone intelligent?

La question 23 permet de déterminer s'ils ont besoin d'un service WFS ou WMS ou seulement l'interface web pour visualiser l'indice.

23. Est-ce que vous souhaitez avoir la possibilité d'intégrer les données de l'Atlas dans votre propre application géomatique (ou cartographique) afin de les combiner aux données cartographiques que vous utilisez déjà?

23.1 **Si oui**, souhaitez-vous intégrer les données à votre application pour des fins de visualisation ou d'analyse spatiale?

- i. **Visualisation:** Vous pouvez visualiser la carte des indicateurs dans votre propre système et la mettre en transparence par-dessus vos données.

- ii. **Analyse spatiale:** Vous pouvez exploiter les données de l'Atlas dans des opérations d'analyse spatiale, par exemple, en utilisant l'outil d'intersection entre deux couches cartographiques dans ArcGIS.

Partie 5 : Retour sur le prototype

Les questions de 29 à 33 informent sur les outils et options techniques que les répondants aimeraient retrouver dans l'Atlas.

24. Souhaitez-vous pouvoir faire des calculs de distance sur les cartes de l'Atlas?

25. Souhaitez-vous que cet Atlas permette de présenter des données sous d'autres formes que des cartes (tableaux, graphiques, PDF)?

La question 31 permet de valider l'approche design pour l'interface web : design cartographique standard (géomatique) ou design plus « universel » tel que celle du prototype actuel.

26. Souhaitez-vous pouvoir superposer (ajouter et retirer) des couches de données contextuelles sur une carte de vulnérabilité? (*Exemple, environnement bâti*).

27. Aimeriez-vous avoir la possibilité de personnaliser les critères de vulnérabilité (voir onglet « inondations » dans le prototype)?

L'entrevue est terminée.

Y a-t-il un aspect important en rapport avec les changements climatiques, l'adaptation à ses conséquences dans votre MRC ou les outils de planification que vous aimeriez ajouter et que nous n'aurions pas couvert lors de l'entrevue? Si oui, lequel?

Annexe 3 : Grille d'entrevue - Discussion de groupe

Bloc 1 : Pertinence et utilisation de l'Atlas par les aménagistes	
Contexte	À l'exception de quelques grandes villes, les municipalités ne disposent généralement pas des ressources matérielles et humaines pour effectuer l'analyse géographique des vulnérabilités aux aléas climatiques, faisant en sorte qu'elles peuvent être passablement démunies devant cette menace, mais doivent assumer leurs responsabilités vis-à-vis la sécurité de leurs citoyens. Grâce à cet Atlas, les aménagistes et les professionnels des municipalités locales ou des municipalités régionales de comté pourront évaluer la variabilité géographique de la vulnérabilité aux vagues de chaleur accablante, aux inondations et à l'érosion des berges, permettant de concevoir en conséquence des ajustements appropriés à la réglementation ou à l'action municipale.
Objectif	Déterminer si l'Atlas sera un outil utile pour la pratique ou la sensibilisation.
Question 1	Est-ce que l'Atlas serait plutôt un outil de sensibilisation ou un outil pratique dans vos tâches courantes d'aménagiste? Donnez des exemples concrets des utilisations possibles de l'Atlas dans votre pratique (intervention, planification, réglementation ...)
Bloc 2 : Données socioéconomiques, démographiques, environnementales et climatiques	
Contexte	Plus de 90 % des personnes interrogées lors du sondage et des entrevues souhaitent accéder aux données de types socioéconomiques, démographiques, environnementales et climatiques. Toutefois, ces données sont très diversifiées. Afin que l'Atlas demeure convivial, facile d'utilisation et épuré, il est essentiel de sélectionner les données qui seront les plus importantes pour les aménagistes et les urbanistes.
Objectif	Classer les données à intégrer dans l'Atlas selon les besoins prioritaires dans le cadre des fonctions d'aménagiste et préciser dans le cadre de quelle(s) tâche(s).
Question 2	Parmi les données recensées ci-dessous, lesquelles vous paraissent les plus utiles et à prioriser dans l'Atlas en tant qu'aménagiste? Pour quelles tâches de vos mandats auriez-vous besoin de ces données (donnez des exemples concrets)?
Bloc 3 : Technologie mobile, fonction de calcul, présentation des données et ergonomie de l'interface	
Contexte	Lors de la consultation, les répondants ont unanimement souhaité avoir accès aux différentes fonctionnalités proposées dans l'Atlas envisagé. Afin de proposer un outil convivial et simple d'utilisation, il est nécessaire d'effectuer des choix parmi les fonctions possibles, la présentation des données et l'interface.
Objectif	Identifier les technologies les plus utilisées pour consulter l'Atlas. Déterminer quelles fonctions seraient les plus pertinentes pour les aménagistes. Choisir quelles formes de présentation des données devrait être disponible et discuter de l'ergonomie de l'interface.
Question 3	Le développement de l'Atlas en ligne et de ses fonctions dépend en partie de la technologie utilisée pour le consulter. Dans le cadre de vos fonctions d'aménagiste, quelle technologie serait la plus utilisée pour consulter l'Atlas en ligne régulièrement (ordinateur vs tablette vs téléphone intelligent)? Expliquez le contexte.

Question 4	Est-ce que le calcul des distances et la création de buffers vous semblent pertinents dans le cadre de vos tâches quotidiennes? Expliquez.
Question 5	Dans l'Atlas, sous quelle(s) forme(s), autre que la cartographie, les données présentées vous seraient le plus utile(s) et nécessaire(s) dans votre pratique (tableaux, graphiques, <i>PDF</i> , <i>Excel</i>)? Pourquoi?
Question 6	En comparant les différentes interfaces, quelles options semblent importantes pour votre pratique? Pour quelle utilisation (expliquez le contexte)? Quel visuel préférez-vous?
Bloc 4 : Intégration mutuelle du contenu de l'Atlas et des outils géomatiques municipaux	
Contexte	Selon les résultats obtenus lors de la consultation, plus de 90% des aménagistes souhaiteraient intégrer les données de l'Atlas à leur propre application géomatique. Il serait aussi possible de transférer des couches des systèmes d'informations géographiques vers l'Atlas.
Objectif	Déterminer si l'intégration des données d'un outil à l'autre semble utile dans le cadre des tâches quotidiennes et pour quelles utilités.
Question 7	Est-ce qu'il vous semble utile, dans le cadre de vos tâches quotidiennes, de visualiser les cartes d'indicateurs dans votre propre système en transparence par-dessus vos données et d'exploiter les données de l'Atlas pour des opérations d'analyse spatiale dans un logiciel? Si oui, à quelles fins les utiliseriez-vous, dans quel contexte et à quelle échelle? Sous quel format cela serait-il suffisant (fichier Google, projection...)?

Annexe 4 : Grille de codification

1. Enjeu des aléas climatiques

1.1. Type, caractéristiques et préoccupations des aléas ciblés par le projet touchant le territoire

1.1.1. Érosion des berges

1.1.2. Inondations

1.1.3. Vagues de chaleur

1.2. Type, caractéristiques et préoccupations des autres aléas touchant le territoire

2. Intégration de la question climatique « climat » dans la pratique des spécialistes en aménagement du territoire

2.1. Manière d'intégration dans la pratique professionnelle

2.2. Prise en compte de la santé et la sécurité des populations dans l'aménagement du territoire

2.2.1. Contrôle de l'usage du sol

2.3. Obstacles à l'intégration de la question climatique « climat »

2.4. Autres stratégies d'adaptation

3. Perception de la vulnérabilité du territoire

3.1. Vulnérabilité de groupes de population

3.1.1. Vulnérabilité de groupes de population en raison de leur localisation

3.1.2. Vulnérabilité de groupes de population en raison de leurs caractéristiques

3.2. Vulnérabilité de ressources ou d'infrastructures

3.2.1. Vulnérabilité de ressources ou d'infrastructures en raison de leur importance vitale pour la santé et la sécurité des populations

3.2.2. Vulnérabilité de ressources ou d'infrastructures en raison du danger qu'ils représentent en cas de bris pour la santé ou la sécurité des populations

4. Outils et/ou documentations destinés à aider les municipalités à faire face aux risques des aléas climatiques

5. Niveau de sensibilisation des citoyens aux risques liés aux aléas climatiques

6. Partage de l'information concernant les risques liés aux aléas climatiques avec les citoyens

7. Partage de l'information concernant les risques liés aux aléas climatiques avec les entités municipales voisines et autres organismes

8. Utilisation anticipée de l'Atlas

9. Contenu de l'Atlas Web

9.1. Données socioéconomiques et démographiques

9.2. Recension des événements climatiques extrêmes

9.3. Information sur l'évolution du climat et nature des paramètres climatiques

9.4. Autres informations contextuelles et personnalisation de l'interface

9.5.Options de recherche d'indicateurs de vulnérabilités

9.6.Échelles géographiques de calcul et d'affichage des indicateurs et indices

10.Pertinence et utilisation des cartes géographiques de vulnérabilité

11.Environnement technologique actuel et niveau de maîtrise en géomatique

12.Intégration du contenu de l'Atlas au sein de leurs outils géomatiques et pour quelle utilisation

13.Utilisation des fonctionnalités de l'Atlas

13.1. Calcul de distance

13.2. Présentation des données (cartes, tableaux, graphiques, PDF)

13.3. Ergonomie de l'interface

Annexe 5 : Données proposées pour l'atlas selon quatre catégories

*Légende du classement des participants

-  Prioritaires et essentielles
-  Prioritaires, mais non essentielles
-  Non prioritaires et non essentielles

Données socioéconomiques	Description	Échelles minimales possibles	Classement des participants*
Âge de la population	Âge au dernier anniversaire de naissance (à la date de référence du recensement) au sein d'une unité géographique de recensement (Statistique Canada).	Aires de diffusion (AD)	
Taille des ménages	Nombre moyen de personnes par ménage résidant au sein d'une unité géographique au moment du recensement (Statistique Canada).	AD	
Population totale	Population totale résidant au sein d'une unité géographique au moment du recensement (Statistique Canada).	AD	
Revenu moyen par ménage	Montant en dollars obtenus en divisant le revenu total de tous les membres des familles (de recensement/économiques), des personnes de 15ans et plus hors famille, ou des ménages par le nombre de familles, de personnes de 15ans et plus hors famille, ou de ménages (Statistique Canada).	AD	
État de santé	Informations portant sur les habitudes de vie (alimentation, activité physique, tabac, etc.), la problématique du poids et la santé perçue agrégées à l'échelle des réseaux locaux de services (RLS).	Par territoire RLS et CSSS/CLSC	
Principales activités économiques	Nature du métier des personnes âgées de 15 ans et plus. La profession est déterminée à partir du type d'emploi occupé et de la description des tâches faites par la personne recensée (Statistique Canada).	Variable selon les données voulues	
Niveau de scolarité	Plus haut certificat, diplôme ou grade obtenu par la personne recensée (Statistique Canada).	AD	
Tenure du logement	Indique si le logement est possédé ou loué par un membre du ménage (Statistique Canada).	AD	

Indices de vulnérabilité	L'indice de vulnérabilité est constitué de deux composantes, soit la sensibilité (socio-économique et territoriale) et la capacité à faire face (proximité de certains services) estimées à l'aide de plusieurs variables.	
---------------------------------	--	---

Données sur l'environnement bâti	Description	Classement des participants
Voies de communication	Une voie de communication est un parcours suivi pour aller d'un point à un autre permettant la circulation des personnes et des objets. Une voie de communication linéaire peut être en construction ou abandonner. Qu'elle soit pavée ou non, cette dernière peut désigner une autoroute, une rue, un chemin, une route nationale ou régionale, une route collectrice, une route locale ou une route d'accès aux ressources. Une voie de communication peut également représenter une voie ferrée, une traverse, un pont, un pont couvert, un gué, un pont d'étagement (viaduc), une passerelle, un tunnel, une bretelle, une buse (conduite d'eau), un mur de soutènement ou un écran antibruit (BDTQ).	
Infrastructures publiques	Les infrastructures publiques comprennent les centrales électriques, les réseaux d'aqueduc (figure présentée), les routes et ponts, etc. (HEC Montréal; Secrétariat du Conseil du trésor du Québec).	
Occupations des urgences	Cette catégorie est représentée par les CHSGS, soit les centres hospitaliers de soins généraux et spécialisés. Ce type de service est pondéré par le nombre de civières fonctionnelles. Mise à jour grâce au fichier horaire des données de la situation à l'urgence(MSSS).	
Services d'urgence (autre qu'hospitalier)	Il existe différents services d'urgence autre qu'hospitalier : CLSC, caserne de pompier (figure présentée), poste de police, etc. (MAMOT).	
Milieux urbains/habités	Il prend la forme de périmètre d'urbanisation. Un schéma d'aménagement et de développement doit déterminer tout périmètre d'urbanisation, qui délimite les territoires d'urbanisation incluant les secteurs déjà urbanisés et ceux dans lesquels elle entend implanter les nouveaux secteurs d'expansion urbaine. Par une démarcation entre les types d'activités et de développement de ces milieux, les périmètres d'urbanisation contribuent à une meilleure différenciation entre les milieux ruraux et urbains (MAMOT).	

Cadastre	Le cadastre est un registre public sous forme de plan. Il représente la propriété sur laquelle portent les droits fonciers des propriétaires (MERN). Pour identifier chaque propriété dans le cadastre, on lui attribue un numéro de lot. Le plan comprend aussi :sa représentation graphique (la forme du lot, ses mesures et sa superficie), sa position par rapport aux propriétés avoisinantes.	
Îlots de chaleur	Les îlots de chaleurs sont des zones intra-urbaines dont la température de l'air ou de surface est plus élevée que dans les autres zones du même milieu urbain (p. ex., une aire de stationnement asphaltée). Cette différence de température peut atteindre plus de 10°C. Ils sont influencés par divers facteurs, dont la couverture végétale, l'imperméabilité des matériaux ainsi que les propriétés thermiques des matériaux (INSPQ).	
Orthophotos	Les orthophotographies ou orthoimages sont des images aériennes ou satellitaires de la surface terrestre rectifiées géométriquement et égalisées radiométriquement. Ces images se présentant sous forme de dalles couvrant une zone de la Terre peuvent être géoréférencées dans n'importe quel système de coordonnées (GéoIndex+; MRNF).	

Données sur l'environnement naturel	Description	Classement des participants
Hypsométrie (topographie)	L'hypsométrie est une mesure et représentation du relief terrestre et hydrique. L'hypsométrie linéaire peut représenter une courbe de niveau reliant tous les points côtés d'une même altitude (BDAT). Un modèle numérique de terrain est une représentation numérique du relief sous forme d'une matrice d'élévation (MERN).	
Hydrographie	L'hydrographie est une délimitation des eaux marines ou douces. L'hydrographie de surface peut désigner une écluse, un cours d'eau, un canal, un lac, un réservoir hydroélectrique, une mare, une île, un barrage, un barrage hydroélectrique ou une ligne virtuelle de plan d'eau (BDTQ).	
Couvert forestier (indice NDVI)	L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) est une mesure permettant de refléter le niveau d'abondance du couvert végétal. Cette mesure est représentée par des valeurs standardisées de -1 à 1. Une valeur de NDVI faible représente un milieu où la végétation est peu abondante. Le calcul du NDVI se base sur le principe que les végétaux ont une capacité importante d'absorption de la radiation dans la région visible du spectre et une capacité de réflexion importante de la radiation dans la région proche-infrarouge du spectre (INSPQ).	

Zones inondables	Une zone (ou une plaine) inondable est une étendue de terre qui devient occupée par un cours d'eau lorsque celui-ci déborde de son lit (CEHQ).	
Limites des bassins versants	Le bassin versant ou bassin hydrographique correspond à l'ensemble d'un territoire drainé par un cours d'eau principal et ses affluents. Les limites d'un bassin versant, soit la ligne de partage des eaux, sont déterminées par la direction de l'écoulement des eaux à partir du plus haut sommet (MDDELCC).	
Milieux humides	Représentation surfacique des milieux humides du territoire. Un milieu humide est une terre inondée ou saturée d'eau assez longtemps pour permettre la mise en place de processus caractérisant ce milieu (par exemple, la formation d'un écosystème). Elle comprend les catégories suivantes : Eau peu profonde; marais; prairie humide; marécage; tourbière ouverte bog (ombrotrophe); tourbière ouverte fen (minérotrophe); tourbière boisée (Canards illimités).	
Bandes d'érosion côtière	L'érosion des berges est un processus naturel qui affecte, à divers degrés, les berges des cours d'eau et des lacs. Celle-ci se définit comme la perte de matériaux entraînant le recul du trait de côte. Les falaises rocheuses composées de matériaux friables comme le grès ou le schiste et les côtes formées de dépôts meubles sont particulièrement sensibles aux différents processus d'érosion (Ministère de la Sécurité publique du Québec; MAMOT).	
Amplitude des marées	Différence de hauteur entre une pleine mer ou une basse mer par rapport au niveau moyen (Pêches et Océans Canada).	
Images satellitaires (Landsat)	On obtient des images satellitaires en enregistrant le rayonnement renvoyé vers l'espace à l'aide de divers capteurs spatioportés (RNCAN; Google Earth).	

Évènements	Description	Classement des participants
Information sur l'évolution du climat passé : température	Données présentées sur une grille 11km x 11km	
Information sur l'évolution du climat passé : précipitations	Précipitations de pluie et de neige de 1950 à 2010. Données présentées sur une grille 11km x 11km	

Évènements climatiques extrêmes à venir : précipitations	La probabilité de survenue d'évènements associés aux précipitations (pluie verglaçante, pluies fortes, pluie en période hivernale, précipitation neigeuse) serait présentée sur une grille de 45km x 45km	
Évènements climatiques extrêmes à venir : vents	La probabilité de survenue d'évènements associés aux vents (tempêtes, orages violents) serait représentée sur une grille de 45km x 45km	
Évènements et catastrophes naturelles	Les catastrophes et autres aléas d'origine humaine ou naturelle font partie de l'histoire du Québec. Certains de ces évènements ont des répercussions limitées localement, tandis que d'autres affectent des régions entières. Ceux-ci peuvent inclure les avalanches, les tornades, les feux de forêt, les inondations, les débordements de barrage, etc.(MSP).	
Alertes de tempêtes	Émis pour les niveaux anormalement élevés des eaux et les vagues hautes pouvant inonder les côtes et causés par une tempête. Cela se produit généralement lorsque les marées astronomiques sont à leur maximum (Environnement Canada).	
Alertes de vague de chaleur	Émis lorsque l'indice humidex est d'au moins 40 et lorsque la température est d'au moins 30°C, et que ces deux conditions durent pendant au moins une heure ou lorsque la température est d'au moins 40°C (Environnement Canada).	

Annexe 6 : Tableau synthèse des résultats

DONNÉES SOCIODÉMOGRAPHIQUES, ENVIRONNEMENTALES ET CLIMATIQUES		
BESOINS EXPRIMÉS	IMPLICATIONS POUR L'ATLAS	FAISABILITÉ ESTIMÉE
Les données socioéconomiques		
Celles qui intéressent les participants au groupe de discussion sont : l'âge de la population, la taille des ménages, la taille de la population totale, le revenu moyen par ménage, la tenure du logement et l'indice de vulnérabilité. En ayant les informations sur la taille de la population et la tenure du logement, les données sur la taille des ménages semblent moins essentielles. L'échelle la plus précise est souhaitée, ainsi que la présentation des données par effectif et totaux.	L'Atlas devra être en mesure de pouvoir accueillir et afficher un très grand nombre de variables de nature socioéconomique et démographique.	Réalisation sans problèmes apparents avec les données 2006, mais peut poser problème si nous travaillons avec les données 2011 ou 2016.
Les données sur l'environnement naturel		
Les participants au groupe de discussion souhaitent les données relatives aux zones d'inondation, aux limites des bassins versants ou régions hydrographiques, aux bandes d'érosion côtière, le couvert forestier (indice NDVI), et l'hydrographie. Pour ce qui est de l'hypsométrie, ils peuvent importer ces informations eux-mêmes. Quant à l'amplitude des marées, cette information seule est peu pertinente, les données sur le secteur de surmarée ou sur les grandes marées seraient peut-être plus à considérer. Les zones d'embâcles sont une donnée émergente des discussions.	L'Atlas devra être en mesure de pouvoir accueillir et afficher un très grand nombre de fichiers de données géospatiales en format vectoriel ou matriciel.	Plusieurs informations désirées semblent exister.
Les données climatiques et les événements		
La recension des événements climatiques extrêmes ayant eu lieu sur le territoire ainsi que de l'information sur l'évolution du climat est souhaitée. Les événements et catastrophes naturelles intéressent grandement les participants. Des données sur la qualité de l'air et le	L'Atlas devra être en mesure de pouvoir accueillir d'accueillir un fichier localisant des événements climatiques extrêmes mis à jour régulièrement.	

smog pourraient aussi être utiles et ont été proposées lors des échanges. Puisque l'Atlas cible des aléas climatiques, les données sur ces aléas sont souhaitées.

Les données de l'environnement bâti

Les services d'urgence autre qu'hospitalier, les orthophotos et les infrastructures publiques sont des données voulues. L'âge des bâtiments est une donnée émergente des discussions. Une autre donnée a émergé et c'est celle sur le schéma de couverture au risque d'incendie, car cette donnée peut se lier à plusieurs autres pour identifier des zones vulnérables. Le cadastre et les voies de communication pourraient être utiles si le public peut avoir accès à l'Atlas, dans le cas contraire, les aménagistes ont déjà cette information.

TECHNOLOGIE MOBILE, FONCTIONS DE CALCUL, PRÉSENTATION DES DONNÉES ET ERGONOMIE DE L'INTERFACE

BESOINS EXPRIMÉS

IMPLICATIONS POUR L'ATLAS

FAISABILITÉ ESTIMÉE

Technologie mobile

La plupart des interviewés utilisent parfois, dans le cadre de leurs fonctions, des appareils mobiles (téléphones intelligents et/ou tablette). Néanmoins, ces technologies mobiles sont utilisées par au moins un service (évaluation, sécurité publique, travaux publics, entre autres) dans leur organisation municipale. Plusieurs gestionnaires affirment que leur utilisation est en hausse depuis les cinq dernières années.

Explorer les contraintes et possibilités associées à la publication de l'Atlas sur un support tablette ou téléphone.

Certains logiciels commerciaux permettent de publier des cartes sur support tablette ou téléphone.

Fonctions de calcul

Les répondants trouvent pertinent d'avoir un outil de calcul de distance à l'Atlas. Le calcul des distances et des superficies doit être offert dans différentes unités de mesure impériales et métriques (pied, mètre, hectare, kilomètre, etc.). Les fonctions permettant la création de zones tampons (*buffer*) sont souhaitées. Il est important d'offrir les options permettant de faire des points, des polygones, des lignes et plusieurs séries de segments (polylignes), entre autres.

Prévoir l'implantation de fonctionnalités associées à des calculs de surfaces et de distances ou encore de création de *buffers*, ainsi qu'une procédure de sélection d'entités sur des critères spatiaux.

Réalisable

Présentation des données

Le fait de pouvoir présenter des données sous une autre forme que la cartographie est souhaité. Les participants aimeraient avoir accès à des fichiers *Excel*, *Word* et image (*JPG* ou *PDF*). La possibilité de pouvoir copier le lien *URL* serait aussi utile pour partager les informations.

Prévoir l'implantation de fonctionnalités permettant la réalisation de graphiques, tableaux et l'extraction de données tabulaires en format *Excel*, *Word* et *JPG*.

Certains logiciels commerciaux permettent de le faire. Il est possible de faire des graphiques (très basic) à l'aide de MapServer et faire des sorties *PDF*.

Ergonomie de l'interface

La totalité des répondants vante l'accessibilité et le design de l'interface de l'Atlas. Toutefois, l'interface de Cartovista leur semble plus adaptée pour les professionnels. Tous jugent l'Atlas facile d'utilisation et rapide.

Opter pour l'adoption d'un design graphique simple et épuré pour trouver facilement les informations.

Fonctions souhaitées

Les répondants veulent pouvoir regrouper différents indices et de superposer des cartes et des données. Intégrer un outil de dessin serait très utile. L'affichage des cartes avec une légende. La possibilité de faire une recherche multicritère et des analyses avec les critères de vulnérabilités les intéresse. Avoir un aperçu des principales statistiques avec des graphiques.

INTÉGRATION DU CONTENU DE L'ATLAS AU SEIN DE LEURS OUTILS GÉOMATIQUES

BESOINS EXPRIMÉS	IMPLICATIONS POUR L'ATLAS	FAISABILITÉ ESTIMÉE
Les participants aimeraient pouvoir télécharger les données de l'Atlas pour les intégrer à leurs outils géomatiques internes. Ils aimeraient avoir cette fonctionnalité pour visualiser les cartes d'indicateurs dans leur propre système et la mettre en transparence par-dessus leurs données. Ils trouvent aussi pratique de pouvoir exploiter les données de l'Atlas pour des opérations d'analyse spatiale dans un logiciel.	Prévoir l'implantation de fonctionnalités permettant d'accéder directement aux fichiers géospatiaux et/ou d'intégrer les données contenues dans l'Atlas directement dans leur SIG.	Peut se faire à l'aide de services WFS/WMS. Des hyperliens pourraient diriger les utilisateurs vers un lieu de téléchargement des fichiers géospatiaux.

Annexe 7 : Méthode « Ulaval »

Pour répondre au premier objectif, soit regrouper sur une même carte les différentes images cartographiant la température au sol captée par un satellite et d'explorer un processus automatisé de cartographie, trois critères ont guidé le choix de cette méthode. Tout d'abord, le principal défi a été de réaliser une méthode scientifique valable. Ensuite, il a été convenu de ne pas baser la méthode sur un modèle prédictif. Finalement, et dans une moindre mesure, il a été question de concevoir une méthode permettant l'identification des ICU rapidement et de façon automatisée. La Figure 51 montre les grandes étapes de la réalisation de la méthode sélectionnée, soit la méthode Ulaval. En termes de processus automatisé de cartographie, trois logiciels permettent une réalisation complète de la carte des ICU, soit *QGIS*, *Matlab* et *ArcMap*.

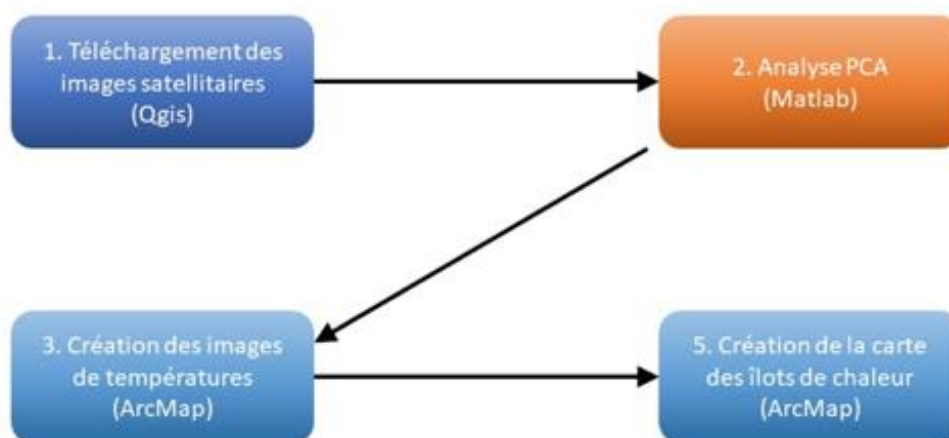


Figure 51 : Méthode Ulaval

Téléchargement des images satellites (QGIS)

La première étape est le téléchargement des images satellites à l'aide de l'extension « Semi-Automatic Classification » du logiciel *QGIS*. Deux avantages justifient ce choix : 1) le logiciel donne accès directement au site de téléchargement des images captées par Landsat 8 (USGS, 2017a) dans une plateforme standardisée; 2) il permet de procéder à la correction atmosphérique des images lors du téléchargement. Les limites temporelles de ce travail ont été fixées entre le 1^{er} mai et le 30 septembre 2016, et elles couvrent l'ensemble du territoire de la province de Québec au sud du 52^e parallèle. Les bandes téléchargées sont : BQA; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10 et 11. Il

est important de préciser que les bandes ont une résolution de 30 m ou ont été ré-échantillonnées pour être cohérentes. Ce traitement est effectué par le USGS. Par exemple, la prise de mesure de la bande thermique (bande 10) a une résolution de 100 m, mais est téléchargée avec une résolution de 30 m. Chaque jour, Landsat 8 passe au-dessus du Québec vers 16 h dans un tracé prédéfini et subdivisé en zones photographiques (*path & row*). Pour chacune de ces zones, les images présentant la moins grande couverture nuageuse ont été sélectionnées. En fin de compte, QGIS produit deux dossiers pour chaque zone couverte. Le premier dossier contient les bandes originales et le second les bandes corrigées (*converted*). La bande BQA est transférée dans le dossier « *converted* » et le dossier original est effacé.

Analyse PCA (Matlab)

La deuxième étape est l'analyse PCA (*Matlab*). La création des images de températures nécessite une ACP des bandes 6 et 7 et des bandes 10 et 11. Le traitement est effectué à l'aide du logiciel *Matlab*.

Création des images de températures (ArcMap)

La troisième étape est celle de la création des images de températures à l'aide du logiciel *ArcMap* et se divise en deux sous-étapes. La première est la mise en classes automatisées du sol. L'automatisation du processus de création des images de températures est faite à l'aide du module ArcPy de *ArcMap*. À la base de ce traitement, les bandes spectrales des images satellites sont mises en relation afin de créer des indices permettant de catégoriser le sol. Les classes de sol sont : eau (MNDWI); forêt (NDVI), champs (NPCI) et artificiel (BAEM) (Bhatti et Tripathi, 2014). La deuxième sous-étape est le calcul de chaleur au sol. Le calcul de température au sol s'effectue avec la méthode *brightness temperature* proposée par la *U.S. Geological Survey* (Irish, 2000; USGS, 2017b). Pour résumer, la température de chaque pixel (30 m) de la bande thermique (bande 10) est mise en relation avec la valeur de l'émissivité du sol selon la formule suivante :

$$LST = (B10 / (1 + (10,8 * B10 / 14388) * \ln(emissivity))) - 273,15$$

Les valeurs d'émissivité sont décrites par Stathopoulou *et al.* (2004) pour chaque catégorie de sol : imperméable 0,95; forêt 0,98; eau 0,99; et champs 0,98.

Création de la carte des ICU

La quatrième étape est la création de la carte des ICU. Cette dernière étape est réalisée à l'aide d'*ArcMap*. Deux raisons justifient l'utilisation de la méthode du CERFO pour l'identification des ICU. Premièrement, l'étude d'un seuil approprié correspondant à une intensité reliée à un degré de dangerosité sanitaire n'a pas été établie. Deuxièmement, dans un objectif de validation de la méthode, nous avons tenté de reproduire celle du CERFO.

Application du modèle sur l'ensemble du territoire d'étude :

Le modèle est par la suite appliqué à l'ensemble de la zone d'étude. Dans le cadre de cette étude, il s'agit de l'ensemble des zones urbaines du Québec dont la densité de population est supérieure à 400 habitants par km².

Création des cartes d'îlots de chaleur :

La température prédite a par la suite été divisée en 9 classes selon la méthode du seuil statistique de Jenks à l'échelle de chaque image SPOT (scène). Cela signifie qu'il n'y a aucune relation entre les images satellites et, par conséquent, que l'identification d'un ICU dépend des températures enregistrées à l'intérieur de l'image. Par exemple, supposons que la couverture d'une zone municipale nécessite deux images et que l'étude du terrain montre que les ICU ne se situent que dans une seule des deux images. La méthode du CERFO montrerait quand même des ICU dans chaque image. Cette méthode sous-évaluerait l'image qui contient les ICU et surévaluerait l'identification des ICU dans l'image qui ne devrait pas en contenir. La mosaïque des images a été réalisée avec l'aide d'un logiciel selon la technique du « minimum différentiel et du minimum relative ». Dans les cas où le résultat n'était pas convaincant, le choix de l'image était fait manuellement.

Comparaison des méthodes

Il a été établi que le point de comparaison de la méthode Ulaval est la cartographie fournie par le CERFO. Le travail du CERFO est d'ailleurs en référence dans la plupart de nos institutions. Toutefois, il s'avère que la méthodologie utilisée est critiquable et difficilement répétable.

Critique de la méthode CERFO en lien avec la méthode Ulaval :

Tout d'abord, la méthode proposée par le CERFO est très longue à réaliser et est basée sur un modèle prédictif. On peut supposer que cette méthode a moins de chance d'être réaliste que la prise de mesure de la variable qu'on tente de prédire. En addition, la prise des images satellitaires qui a permis l'élaboration de ce modèle s'étend de 2005 à 2011. Par conséquent, il est impossible d'évaluer l'évolution des ICU dans le temps. De plus, cela rend la comparaison avec la méthode Ulaval moins cohérente puisque les images choisies sont toutes issues de 2016.

Ensuite, l'identification des ICU scène par scène et selon une classification de Jenks est pratiquement impossible à répéter. Nous avons discuté du biais entraîné par l'indépendance des images. Cependant, il faut également souligner que chaque image SPOT n'a pas les mêmes dimensions. Celles-ci dépendent du moment et de l'endroit de captation. Par conséquent, si la mise en classe dépend de la quantité de pixels et qu'on ne connaît pas systématiquement les dimensions géoréférencées de ces images, comment peut-on s'assurer que le seuillage effectué avec la même méthode est fait avec la même étendue de pixels ? De plus, si une partie de la mosaïque est effectuée manuellement, comment peut-on identifier les pixels qui appartiennent à la même zone de seuillage ?

Afin de limiter les disparités entre les méthodes, les résultats obtenus avec la méthode Ulaval ont été comparés avec une relance du travail du CERFO effectuée en 2016 pour la région de Québec. Toutefois, il faut souligner que le travail du CERFO a été effectué avec la même méthode, mais avec deux images Landsat captées en 2013 au lieu des images SPOT. Bien que cela permette une comparaison plus efficace, il subsiste une différence entre les années de captation, et le problème de l'indépendance des images subsiste. En résumé, voici les principales distorsions justifiant les différences entre la méthode du CERFO 2016 et la méthode Ulaval :

1. Les images n'ont pas été prises au même moment.
 - a. CERFO : 2013
 - b. Ulaval : 2016
2. Le seuillage n'est pas basé sur le même nombre d'images
 - a. CERFO : 2 images
 - b. Ulaval : 1 image
3. La différence de méthode, c'est ce que nous voulons mesurer.

Analyse comparative

La première analyse effectuée est la validation de la méthode de classification du sol automatisée. Pour ce faire, le test de Kappa a été utilisé. Il est à noter que le CERFO a obtenu un résultat de 0,81 (satisfaisant). Le test a été fait à partir d'un échantillon aléatoire (n=409) de points identifiés dans la périphérie de la RMR de Québec. Le tableau 24 résume cette analyse avec la méthode Ulaval.

Tableau 24 : Validation de la classification – Test de Kappa

	Forêt	Imperméable	Champs	Eau	Total général
Forêt	40		4		44
Imperméable	2	51	20		73
Champs	6		156		162
Eau				130	130
Total général	48	51	180	130	409

Ce tableau permet de constater que la classe « imperméable » est la moins précise avec un taux de réussite de 70 % (51/73). La classe « imperméable » semble liée avec la classe « champs », tandis que la transition entre « champs » et « forêt » semble mieux répartie. Néanmoins, le résultat de Kappa = 0,88 (supérieur au résultat du CERFO de 0,81) peut se qualifier d'excellent selon les paramètres de ce test.

Comparaison des résultats avec le CERFO :

Dans cette section, nous présentons les résultats de la comparaison entre la cartographie des ICU du CERFO et Ulaval. Les Figure 53 et Figure 54 illustrent en images les différences entre les résultats de la méthode du CERFO et Ulaval.

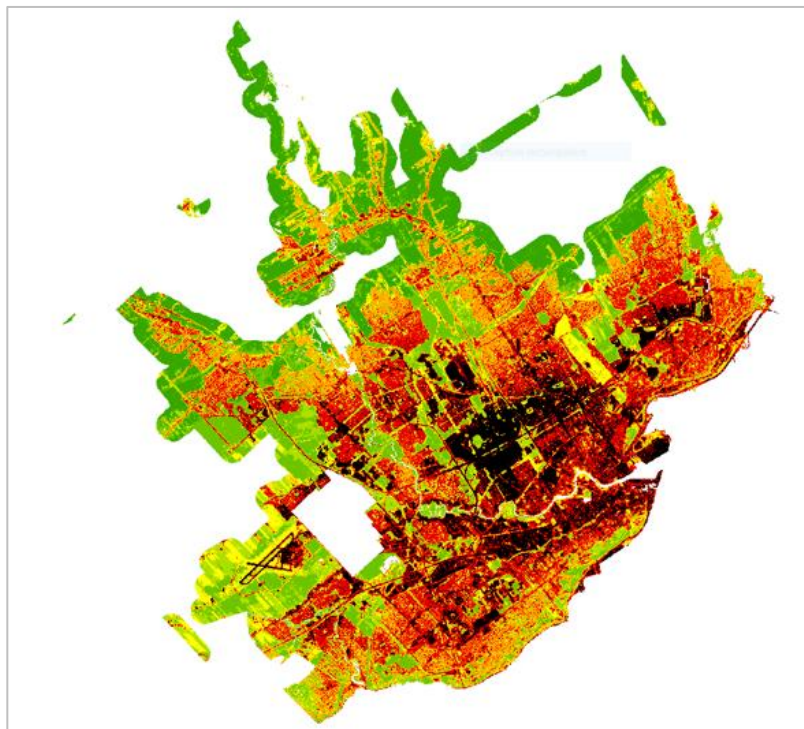


Figure 53 : Îlots de chaleur urbain – Méthode CERFO – Région de Québec (USGS, 2017a)

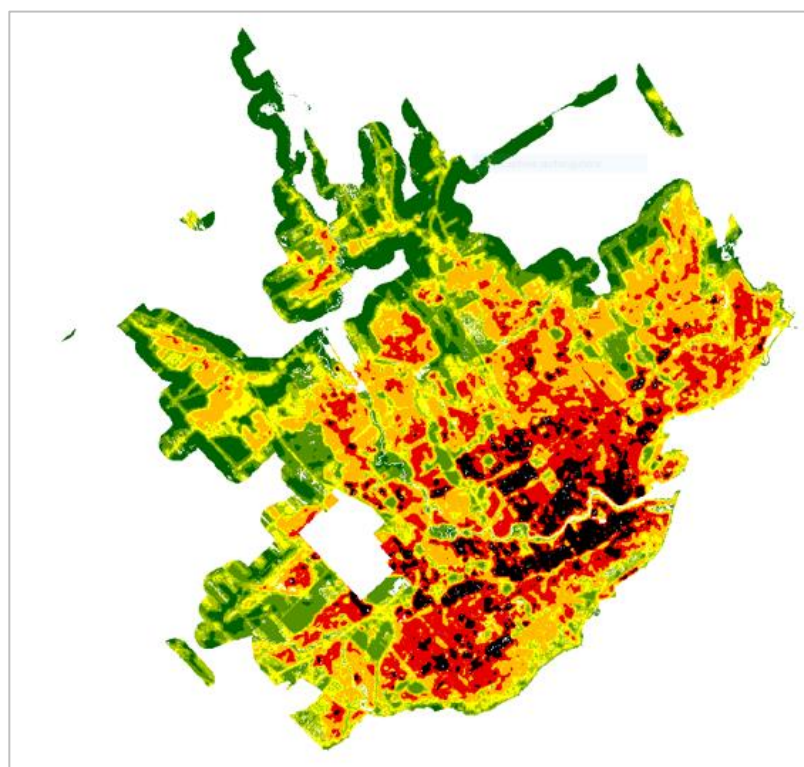


Figure 54 : Îlots de chaleur urbain – Méthode UlaVal – Région de Québec (USGS, 2017a)

Les Figure 53 et Figure 54 permettent de constater que, de manière générale, les deux méthodes donnent sensiblement les mêmes résultats. Les ICU sont particulièrement présents dans la basse-ville de Québec, le long de l'autoroute Charest et à proximité des Galeries de la Capitale. La carte du CERFO montre une zone suivant l'axe de l'autoroute de la Capitale, alors que celle-ci est moins présente sur la carte Ulaval. Il semble y avoir un plus fort contraste entre les zones chaudes et froides sur la carte du CERFO, alors que la méthode Ulaval montre plus de zones modérées, en jaune. La carte du CERFO montre certaines zones noires, des ICU, juxtaposées avec des zones vertes, des zones fraîches. Un test de Kappa a été fait afin de comparer les différences entre les classements. Ce test renseigne sur le degré de précision entre les deux méthodes, c'est-à-dire que seuls les pixels présents dans la même classe procurent un résultat positif.

Le Tableau 25 permet de constater que les classes extrêmes (1 et 7) ont plus tendance à être semblables que les classes centrales. Néanmoins, le résultat de 0,29 (moyen) au test de Kappa souligne la différence entre les deux méthodes. Il a été possible d'effectuer des tests de corrélation afin de voir si les résultats varient dans le même sens. Le résultat est probant puisque le test de Spearman et de Pearson a été évalué à une relation significative au seuil de 1% de 0,846. Ainsi, ces résultats permettent de croire que la méthode Ulaval réagit dans le même sens que celle du CERFO.

Tableau 25 : Test de Kappa sur le classement des températures

Classe	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	196	138	45	12	5			396
2	49	274	180	100	30	12		645
3	9	116	324	288	115	24		876
4	2	46	198	372	325	156	21	1120
5		8	69	260	555	432	21	1345
6	1	4	12	136	520	636	168	1477
7			15	52	165	594	665	1491
Total	257	586	843	1220	1715	1854	875	7350

Annexe 9 : Évaluation temporelle

Dans la section précédente, il a été possible de démontrer que lorsque la méthode Ulaval et celle du CERFO sont comparées, les résultats ne sont pas similaires. Toutefois, pour répondre au troisième objectif de cette sous-section, qui est de produire une carte démontrant les différences spatio-temporelles des ICU, la méthode Ulaval est utilisée puisqu'elle permet de détecter les changements dans le temps. L'idée est de démontrer qu'une production cartographique des ICU à une fréquence temporelle plus élevée (une fois par année) permet de mettre en évidence l'impact de certains aménagements sur la réduction des ICU ou encore de cartographier la progression spatio-temporelle du phénomène. Ainsi, même si notre méthode réduit la résolution spatiale, elle permet d'augmenter la résolution temporelle. Il est donc proposé dans cette section d'effectuer la comparaison entre les résultats du traitement d'une image de l'année 2013 avec les résultats d'une image de l'année 2017 dans la région métropolitaine de Montréal. L'ensemble des pixels a été divisé en 10 groupes de couleurs par la méthode statistique des seuils de Jenks. Les valeurs les plus chaudes, les îlots de chaleurs, sont noires. À l'inverse, les îlots de fraîcheur sont identifiés par la couleur bleue. Les catégories centrales, 3 à 7, sont identifiées par une gradation de couleurs vert, jaune et orange. Dans un premier temps, il sera discuté d'une comparaison générale de l'ensemble de la zone à l'étude. Ensuite, trois études de cas seront présentées afin de démontrer l'utilité de la démarche temporelle.

D'un point de vue général, les cartes de la Figure 55 et Figure 56 sont semblables. Les îlots de chaleur et de fraîcheur se retrouvent sensiblement aux mêmes endroits. On constate que les cellules des zones urbaines se retrouvent dans les catégories les plus chaudes. Les cellules froides sont généralement situées dans les zones rurales. Par exemple, on voit clairement la zone du Parc du Mont Royal sur l'Île de Montréal. Néanmoins, il apparaît que les valeurs extrêmes (îlot de chaleur et de fraîcheur) sont plus présentes sur la cartographie 2013 par rapport à la cartographie 2017. Il semble que le temps généralement dégagé, légèrement moins chaud et moins venteux enregistré en 2017 a pour effet d'uniformiser un peu plus les valeurs des cellules par rapport à l'image de 2013 (Tableau 26).

Tableau 26 : Données météorologiques

Année	2013	2017
Mois	8	7
Jour	20	30
Heure	16 : 00	16 : 00
Température (°C)	27,8	26,8
Température 48 heures avant (°C)	26,1	23,2
Point de rosée (°C)	18,1	14,3
Humidité relative (%)	55	46
Direction du vent (dizaine de degrés)	22	21
Vitesse du vent (km/h)	28	22
Visibilité (km)	24,1	48,3
Pression à la station (kPa)	101,15	101,1
Humidex	34	30
Temps	Généralement nuageux	Généralement dégagé

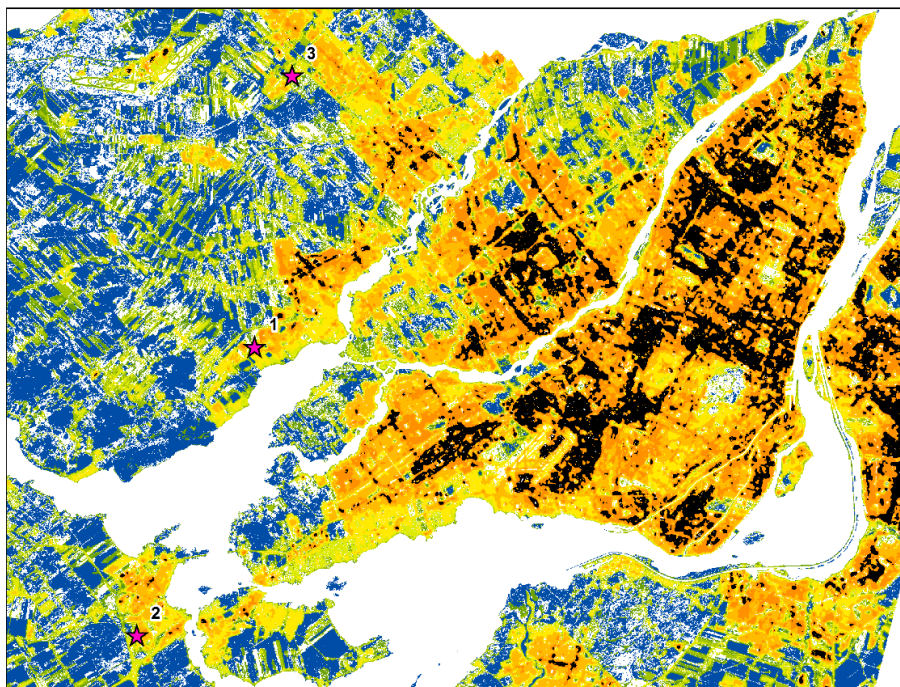


Figure 55 : Îlots de chaleur urbains 2013 – Région de Montréal (USGS, 2017a)

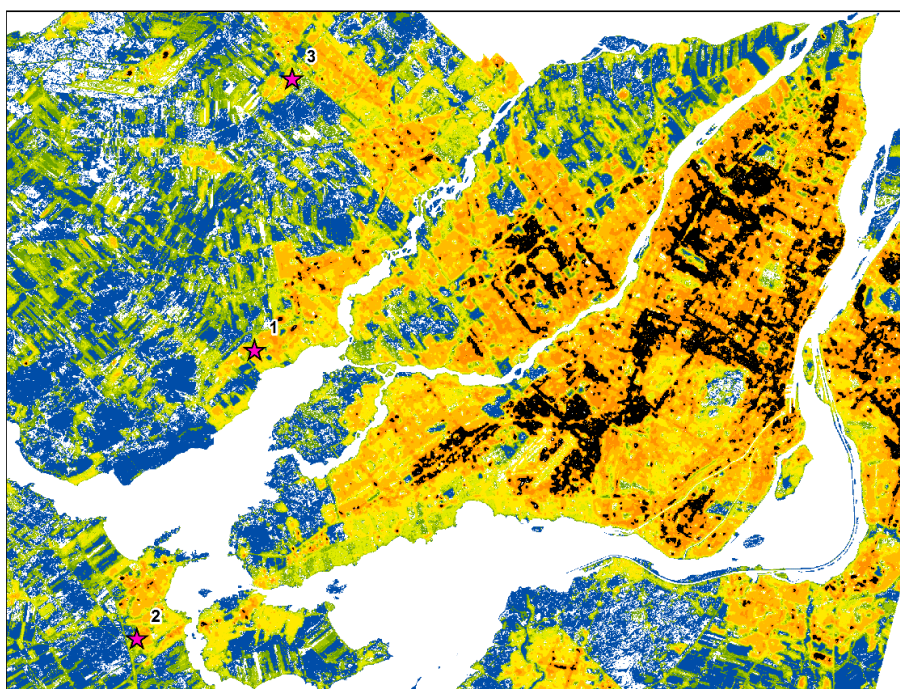


Figure 56 : Îlots de chaleur urbains 2017 – Région de Montréal (USGS, 2017a)

Trois zones identifiées par des étoiles sur les figures précédentes ont été sélectionnées afin de démontrer la sensibilité de la méthode d'identification des zones de chaleurs face aux changements d'aménagement du territoire. Les images satellites des Figure 57 à 59 prises avec *Google Earth Pro* montrent des zones faisant l'objet d'un aménagement urbain entre 2013 et 2017. Ces figures montrent l'influence de ces nouveaux aménagements sur les niveaux de chaleur de ces zones. Malgré le fait que la cartographie 2017 a tendance à uniformiser les zones de chaleurs, il apparaît que les différences entre les zones de 2013 et 2017 sont de plusieurs échelons. La zone 2 était un îlot de fraîcheur en 2013 et est presque un îlot de chaleur en 2017 en raison du changement d'aménagement. Ainsi, il semble que la cartographie des îlots de chaleur opérationnalisée dans le cadre de ce projet est efficace pour détecter les changements dans les aménagements urbains.

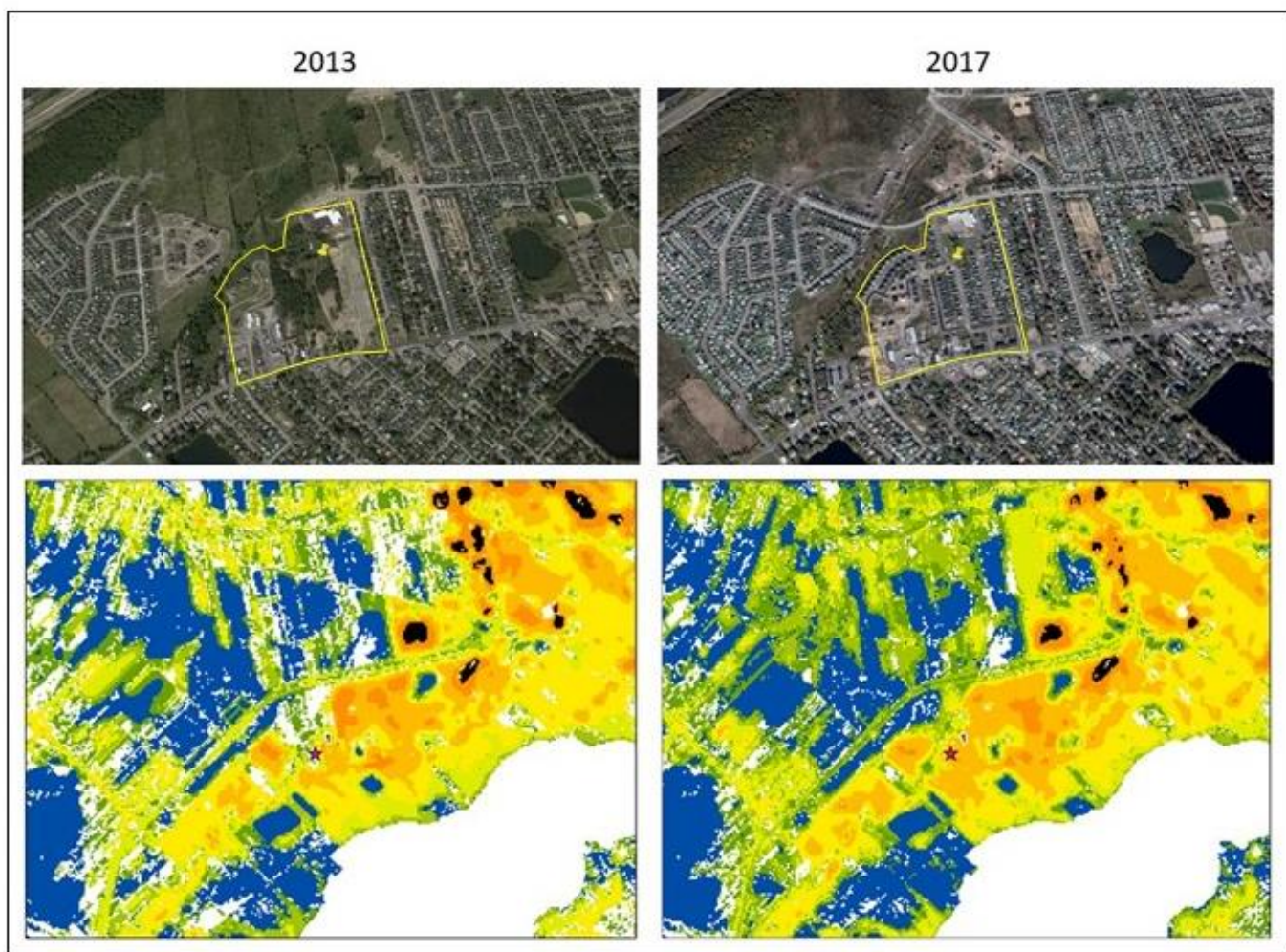


Figure 57 : Évaluation temporelle des îlots de chaleur urbains – Zone 1

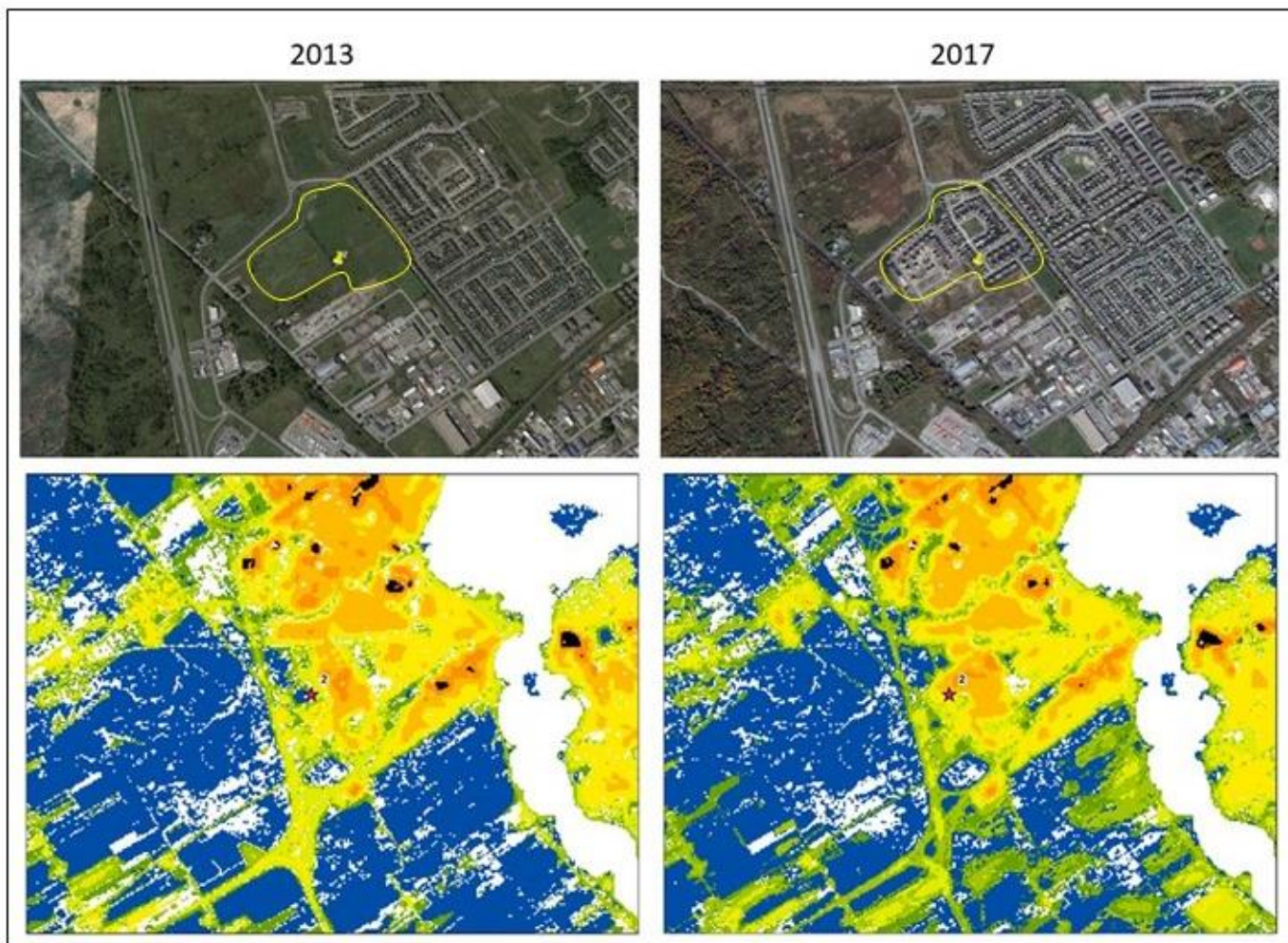


Figure 58 : Évaluation temporelle des îlots de chaleur urbains – Zone 2

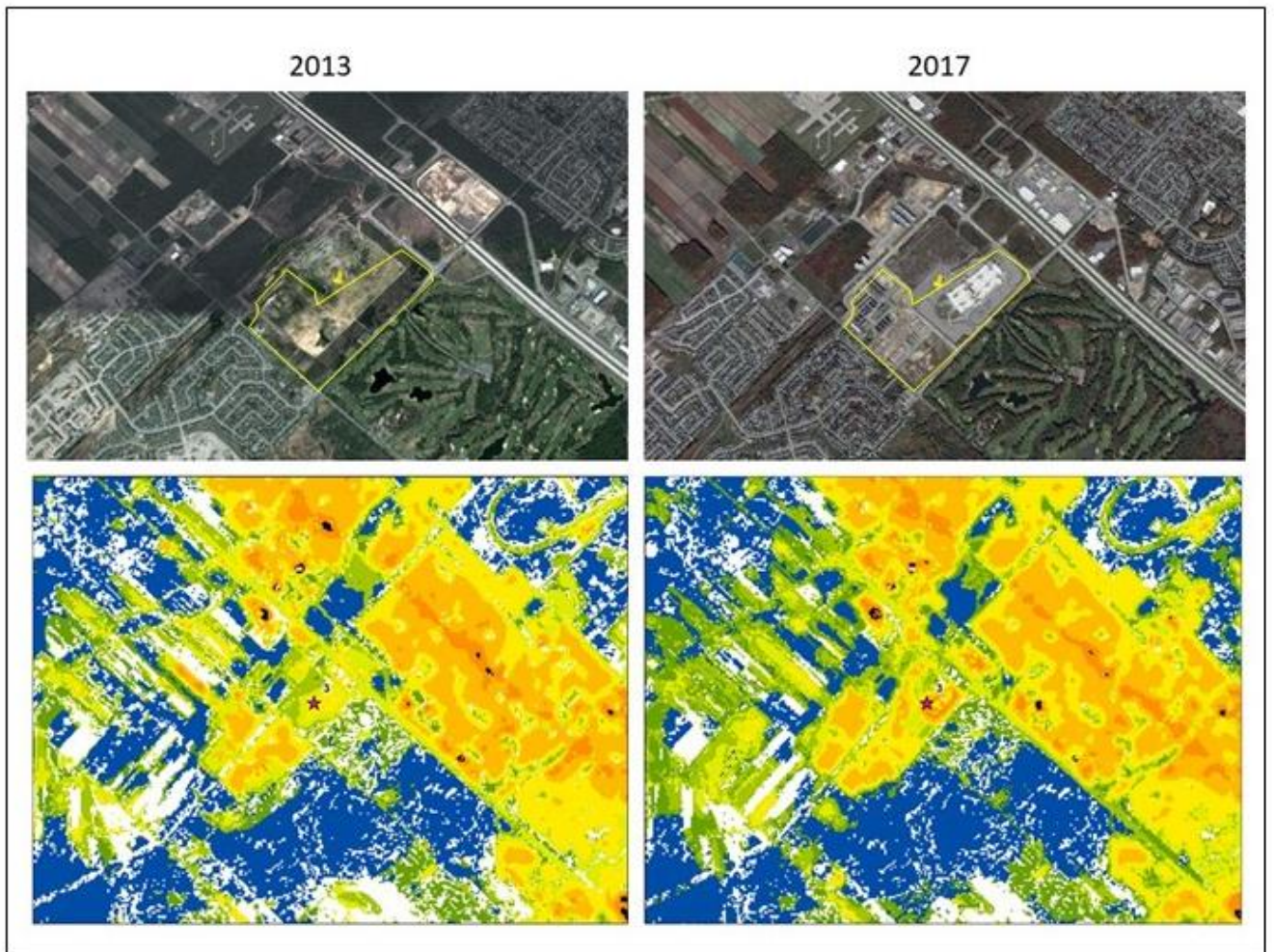


Figure 59 : Évaluation temporelle des îlots de chaleur urbains – Zone 3