

2023

Plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville de Rigaud



Édouard Beaurivage, Justine Daviault,
Patrice Comtois et Olivier Gagnon
Centre de Formation en environnement,
Université de Sherbrooke
17/12/2023

SOMMAIRE

Ce présent document s'inscrit dans un effort d'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques pour la ville de Rigaud. Il est sans équivoque que les émissions de gaz à effet de serre (GES) causeront des changements dans le système climatique mondial. Malgré les efforts quant à la réduction des GES, il est impératif de s'adapter aux changements climatiques futurs. Les données climatiques historiques et les projections climatiques à l'échelle régionale et locale seront présentées dans l'objectif d'établir la probabilité d'occurrence des aléas climatiques ainsi que la gravité de ces événements climatiques extrêmes pour éventuellement mesurer la vulnérabilité de Rigaud face aux changements climatiques.

Ainsi, plusieurs événements météorologiques survenus au Québec au cours des dernières années sont répertoriés dans cet ouvrage dans le but d'illustrer des exemples d'événements climatiques extrêmes dans la province et dans la région. Les événements météorologiques les plus marquants de Rigaud ont été les vagues de chaleur, les crues printanières, les orages violents, les tornades et les glissements de terrain. Les événements qui ont eu lieu à Rigaud sont détaillés dans le tableau 1.2.1.

Ensuite, les variables climatiques locales projettent une augmentation des températures, indépendamment du scénario climatique envisagé. Il est estimé que la température moyenne à Rigaud augmentera entre 2,5°C et 7°C par rapport à la moyenne historique locale d'ici 2100. Cette hausse de température entraînera une augmentation de la fréquence et de la sévérité de certains aléas climatiques. Notamment, l'augmentation de la durée et de la fréquence des vagues de chaleur ainsi que des îlots de chaleur urbains, une diminution de la durée de la période de gel ainsi qu'une réduction de la quantité de neige tombée. Le portrait climatique des variables climatiques liées à la température et les analyses des figures sont présentés à la section 2.2.

De même, les données historiques et les projections climatiques indiquent une augmentation de la quantité totale de précipitations et une augmentation de l'intensité des événements de pluies. Ce phénomène augmentera également le risque d'inondation. Ces conditions climatiques seront également propices à des glissements de terrain plus fréquents puisque les sols argileux et les zones à pentes fortes de Rigaud seront plus facilement déstabilisés. En ce qui concerne les tombées de neige, elles seront plus intenses durant la saison hivernale, bien que la quantité totale de précipitations solides pourrait diminuer. Ces éléments sont approfondis dans la section 2.3. L'ensemble des projections climatiques de Rigaud sont illustrés dans un tableau synthèse à l'annexe 1.

À la demande de la ville de Rigaud, le risque sismique a été intégré à ce document dans le but d'intégrer la gestion de cet aléa dans la démarche d'adaptation. Présentement, la compréhension des causes des séismes exclut les changements climatiques des explications pour l'occurrence de cet aléa. Le risque sismique de Rigaud est élevé en raison de l'emplacement de la ville dans la zone sismique de l'ouest du Québec. Toutefois, les données historiques montrent que la magnitude des séismes près de Rigaud ne dépasse pas des seuils de valeurs de Richter qui endommageraient les infrastructures, soit cinq. Une explication plus exhaustive de cet aléa est disponible à la section 2.4 de ce document. Puis, la quantité de grands feux ainsi que la superficie annuelle brûlée demeurent les mêmes selon les projections. La ville peut toutefois subir des inconvénients liés à la fumée des feux de forêt du Québec et engendrer des conséquences sur la santé, principalement chez les personnes souffrant d'asthme ou ayant des problèmes cardiaques. La section 2.5 décrit ce phénomène plus en détail.

L'évaluation des risques climatiques de la ville de Rigaud a été effectuée avec une matrice d'analyse de risques dans le but de mesurer l'étendue et l'intensité des risques à Rigaud. Cette matrice met en relation la probabilité d'occurrence des aléas climatiques, la gravité des impacts que ces derniers entraîneront ainsi que la capacité d'adaptation actuelle de Rigaud afin de déterminer les risques climatiques dont la ville est exposée. Ces variables sont appliquées sur le système bâti, le système social et le système environnemental de Rigaud. Les détails méthodologiques de la matrice sont élaborés dans la section 3.1 de ce rapport et la matrice complète se situe dans la section 3.2.

Brièvement, les faits saillants de cette matrice sont que les inondations et les pluies intenses seraient les aléas qui entraîneraient le plus de risque à Rigaud. Les vagues de chaleur représenteraient des risques importants, mais modérés en comparaison aux précédents aléas. La faible neige et la neige abondante entraîneraient des risques faibles sur les systèmes de Rigaud. Dans le même ordre d'idée, le système bâti de Rigaud serait le plus affecté par les changements climatiques, suivis du système environnemental et du système social. Les principaux risques à Rigaud proviendraient des pluies intenses sur la capacité de la chaussée, la voirie, la capacité du réseau de collecte ainsi que le risque d'inondation sur la conception structurale des infrastructures. Une description des impacts que ces risques peuvent occasionner pour chaque élément des systèmes évalués est présente à la section 4 et une analyse plus approfondie des risques est développée à la section 5. Un deuxième tableau synthèse qui présentent les faits saillants de l'analyse de risque à l'annexe 2.

Enfin, ce document se termine avec des recommandations et des pistes de réflexion quant à la nature des mesures d'adaptation à prioriser dans l'éventuel élaboration du plan d'adaptation complet de Rigaud. Les principales recommandations sont de mettre de l'avant les mesures d'adaptation sans regret, d'élaborer des mesures avec co-bénéfices et d'accorder priorité aux infrastructures vertes dans la concrétisation de ces mesures d'adaptation lorsqu'il est possible.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	i
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	vi
GLOSSAIRE	viii
INTRODUCTION	1
1. IMPACTS CLIMATIQUES	2
1.1 Influence du climat au Québec	2
1.2 Influence du climat à Rigaud	3
2. DONNÉES CLIMATIQUES HISTORIQUES ET PROJETÉES, RÉGIONALES ET LOCALES	7
2.1 Méthodologie	7
2.2 Température	9
2.2.3 Vagues de chaleur/journées chaudes	11
2.2.4 Îlots de chaleur	13
2.2.5 Jours de gel	14
2.2.6 Cycles de gel/dégel	16
2.2.7 Sécheresse	17
2.2.8 Faible neige	18
2.2.9 Impacts	19
2.3 Précipitations	21
2.3.2 Glissements de terrain	23
2.3.3 Pluies intenses et inondations	24
2.3.4 Neige abondante	27
2.3.5 Impacts	30
2.4 Séisme	30
2.5 Feux de forêt	32
3. MATRICE D'ANALYSE DE RISQUES ET DE LA VULNÉRABILITÉ	35
3.1 Méthodologie	35
3.1.1 L'outil d'analyse	36

3.1.2	Probabilité	36
3.1.3	Gravité	36
3.1.4	Capacité d'adaptation.....	37
3.1.5	Vulnérabilité	38
3.1.6	Risque	38
3.2	Portée de la matrice.....	39
3.3	Glossaire de la matrice des risques.....	40
3.4	Matrice d'analyse de risques	45
3.5	Faits saillants des résultats d'analyse des risques	48
4.	APPRÉCIATION DES RISQUES.....	49
4.1	Vagues de chaleur	49
4.1.1	Impacts système bâti	50
4.1.2	Impacts système social	51
4.1.3	Impacts système environnemental	51
4.2	Faible neige	52
4.2.1	Impacts système bâti	52
4.2.2	Impacts système social	52
4.2.3	Impacts système environnemental	52
4.3	Pluies intenses.....	53
4.3.1	Impacts système bâti	54
4.3.2	Impacts système social	54
4.3.3	Impacts système environnemental	54
4.4	Inondations	55
4.4.1	Impacts système bâti	56
4.4.2	Impacts système social	57
4.4.3	Impacts système environnemental	57
4.5	Neige abondante.....	57
4.5.1	Impacts système bâti	58

4.5.2 Impacts système social	58
4.5.3 Impacts système environnemental	58
ANALYSES DES RISQUES	59
5.1 Risques pondérés.....	60
6. RECOMMANDATIONS.....	62
6.1 Mesures sans regrets	62
6.2 Les infrastructures grises	62
6.3 Les infrastructures vertes.....	62
6.4 Les co-bénéfices.....	63
RÉFÉRENCES	65
ANNEXE 1 Sommaire des projections	72
ANNEXE 2 Sommaire des risques	75
ANNEXE 3 Cartes des îlots de chaleur de Rigaud de 2013-2014 et 2020-2022 (Institut national de Santé Publique du Québec, 2023).....	77
ANNEXE 4 Carte des zones sensibles à l'érosion (Gachon et al., 2018)	78
ANNEXE 5 Carte des contraintes à l'aménagement (ville de Rigaud, 2015)	79
ANNEXE 6 : Les zones inondables de Rigaud (Géo-inondations, 2021)	80
ANNEXE 7 Carte des séismes dans la zone sismique de l'ouest du Québec (Ressources Naturelles Canada a, 2021).....	81
ANNEXE 8 Carte de l'aléa sismique du Code national du bâtiment du Canada 2020 (Ressources Naturelles Canada b, 2021)	82

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1.1.1 : Historique des événements météorologiques les plus marquants au Québec.....	2
Tableau 1.2.1 : Historique des événements météorologiques les plus marquants pour la ville de Rigaud	4
Figure 2.2.1 : Températures moyennes historiques à la ville de Rigaud (1950-2014).....	10
Figure 2.2.2 : Températures annuelles moyennes projetées à la ville de Rigaud (2020-2100).....	11
Figure 2.2.3.1 : Nombre de jours à plus de 30°C à la ville de Rigaud (1950-2014).....	11
Figure 2.2.3.2 : Nombre de jours à plus de 30°C à la ville de Rigaud (2020-2100).....	12
Figure 2.2.3.3 Nombre de vagues de chaleur annuelles en Montérégie (1950-2015).....	13
Figure 2.2.3.4 Nombre de vagues de chaleur annuelles en Montérégie (2020-2100).....	13
Figure 2.2.5.1 : Jours de gel annuels à la ville de Rigaud (1950-2014).....	15
Figure 2.2.5.2 : Jours de gel annuels à la ville de Rigaud (2020-2100).....	15
Figure 2.2.6.1 Cycles de gel/dégel annuel à la ville de Rigaud (1950-2014).....	16
Figure 2.2.6.2 Cycles de gel/dégel annuel à la ville de Rigaud (2020-2100).....	17
Figure 2.3.3.1 Nombre de jours historiques avec des précipitations ≥ 10 mm et ≥ 20 mm à la ville de Rigaud (1950-2014).....	25
Figure 2.3.3.2 Nombre de jours projetés avec des précipitations ≥ 10 mm et ≥ 20 mm à la ville Rigaud (2020-2100).....	25
Figure 2.3.3.3 Précipitations maximales cumulées historiques sur 5 jours consécutifs à la ville de Rigaud (1950-2014).....	26
Figure 2.3.3.4 Précipitations maximales cumulées projetées sur 5 jours consécutifs à la ville de Rigaud (2020-2100).....	27
Figure 2.3.4.1 Précipitations solides totales historiques en Montérégie (1950-2015).....	28
Figure 2.3.4.2 Précipitations solides totales projetées en Montérégie (2020-2100).....	28
Figure 2.3.4.3 Précipitations totales hivernales historiques en Montérégie (1950-2015).....	29
Figure 2.3.4.4 Précipitations totales hivernales projetées en Montérégie (2020-2100).....	29
Figure 2.4.1 : Distribution de la magnitude des séismes près de Rigaud selon leur magnitude de Richter	32
Figure 2.5.2 : Nombre de grands feux (>200 ha) d'ici 2100 selon RCP 2,6 et RCP 8,5.....	34
Tableau 2.5.1 : Effets de différents polluants associés aux émissions des feux de forêt	35
Tableau 3.1.2.1 : Échelle de probabilité	36
Tableau 3.1.3.1 : Échelle de gravité.....	37
Tableau 3.1.4.1 : Capacité de réagir	38
Tableau 3.5.1 : Faits saillants des résultats de l'analyse des risques	48

Figure 4.0.1 Appréciation des risques climatiques cumulatifs à Rigaud	49
Tableau 4.1.1 Sommaire des impacts des vagues de chaleur sur les différents systèmes	50
Tableau 4.2.1 Sommaire des impacts de la faible neige sur les différents systèmes	52
Tableau 4.3.1 Sommaire des impacts des pluies intenses sur les différents systèmes	53
Tableau 4.4.1 Sommaire des impacts des inondations sur les différents systèmes	55
Tableau 4.5.1 Sommaire des impacts de la neige abondante sur les différents systèmes.....	58
Figure 5.0.1 Risques cumulatifs des sous-systèmes à l'étude.....	59
Figure 5.1.1 Risques climatiques pondérés des sous-systèmes à Rigaud	61
Tableau 6.4.1 Sommaire de mesures d'adaptation pouvant être appliquées à Rigaud	63
ANNEXE 1 Sommaire des projections	72

GLOSSAIRE GÉNÉRAL

(Définitions intégrales majoritairement tirées du Rapport spécial du GIEC paru en 2018 avec sa traduction anglaise [IPCC, 2018] ainsi que le Plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville de Trois-Rivières créé par SNC Lavalin en 2013)

Activités sociales, culturelles et sportives : Activités intérieures ou extérieures de nature sociale, culturelle ou sportive dont la faisabilité et/ou les bénéfices peuvent être significativement réduits par des conditions climatiques difficiles.

Adaptation : Processus d'adaptation au climat réel et attendu et à ses conséquences, dans le but de modérer les dommages et exploiter les bénéfices.

Aléa ou danger (hasard) : Éventualité d'un événement ou d'une tendance physique, d'origine naturelle ou anthropique, pouvant entraîner des conséquences importantes, telles que des pertes de vie, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, ainsi que des dommages matériels, tels que des pertes de biens, d'infrastructures, de moyens de subsistance, de prestation de services, d'écosystèmes et de ressources environnementales.

Capacité d'adaptation : Capacité des systèmes, des institutions, des humains et autres organismes à s'adapter aux dommages potentiels, à profiter des opportunités ou réagir aux conséquences.

Capacité de la chaussée : Capacité de la chaussée de permettre une circulation sécuritaire et efficace des véhicules motorisés, piétons et autres moyens de transport employant habituellement celle-ci.

Capacité de la station de pompage (réseau de collecte des eaux pluviales et usées) : Décrit la capacité de la station de pompage d'acheminer efficacement les eaux usées à l'usine de traitement.

Capacité de la station de pompage (système d'approvisionnement en eau) : Capacité de la station de pompage de pomper les quantités nécessaires d'eau avec les ressources humaines, physiques et monétaires habituelles.

Capacité de la station de purification de l'eau : Capacité de la station de purification de l'eau de produire les quantités nécessaires d'eau potable avec les ressources humaines, physiques et monétaires habituelles.

Capacité des services d'urgences : Capacité des services d'urgences de répondre aux demandes de la population.

Capacité des services de collecte de gestion des matières résiduelles : Capacité des services municipaux d'offrir le système de collecte et gestion de matières résiduelles.

Capacité des services de déneigement : Capacité des services municipaux à offrir le service de déneigement et de disposition de la neige sur le territoire sans importuner les activités de transport sur le territoire.

Capacité des stations de traitement des eaux usées : Décrit la capacité, en aval, du système de collecte des eaux pluviales et usées de procéder au traitement efficace des charges hydriques sans déversements ou utilisation des ouvrages de surverse.

Capacité des toits : Capacité des toitures de résister aux facteurs climatiques décrits. L'échelle de gravité prend en compte la possibilité que la capacité des toits soit simplement excédée (menant à un bris) ou qu'une plus grande charge d'entretien soit nécessaire (déneigement fréquent, usure anormale, etc.)

Capacité du réseau de collecte : Décrit la capacité, en amont, du système de collecte des eaux pluviales et usées de procéder à l'acheminement efficace et sans refoulements des charges hydriques jusqu'à l'usine de traitement des eaux usées.

Capacité du système de puits : Capacité des systèmes de puits de fournir une quantité habituelle d'eau potable.

Conception structurale : Capacité des structures de résister aux facteurs climatiques décrits.

Croissance/récoltes : Vitesse et amplitude de croissance et qualité des récoltes.

Cycles de gel/dégel : Un cycle de gel/dégel est lorsque la température maximale journalière est supérieure à 0°C et que la température minimale est inférieure ou égale à -1°C. (Données climatiques Canada, s.d.).

Disponibilité en eau potable : Découlant des éléments précédents, décrit la disponibilité de l'eau potable en quantité suffisante à ce qu'un rationnement ne soit pas nécessaire d'une quelconque façon que ce soit.

Enveloppe thermique de climatisation : Décrit la capacité d'un lieu de conserver une température adéquate (en deçà de 25 degrés Celsius) grâce à son enveloppe thermique et son système de climatisation.

Érosion des berges : Recul des délimitations des berges par rapport au scénario de référence.

Exposition : Présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de services et ressources environnementales, d'infrastructures et de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu susceptible de subir des dommages.

Faible neige : Faibles précipitations solides pour les jours où la moyenne de température est sous 0 degré Celsius (Ouranos, s.d.).

Gaz à effet de serre (GES) : Les gaz à effet de serre sont les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et émettent des rayonnements à des longueurs d'onde spécifiques dans le spectre du rayonnement terrestre émis par la surface de la Terre, l'atmosphère elle-même et par les nuages. C'est ce phénomène qui provoque l'effet de serre. Les principaux GES présents dans l'atmosphère de la Terre sont la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃). Il existe également dans l'atmosphère un certain nombre de GES entièrement d'origine humaine, tels que les halocarbures et d'autres substances contenant du chlore et du brome, visés par le Protocole de Montréal. Outre le CO₂, le N₂O et le CH₄, le Protocole de Kyoto traite des GES que sont l'hexafluorure de soufre (SF₆), les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbures (PFC).

Glissement de terrain : Glissements de terrain et affaissements sur les bandes riveraines ou autres dénivellations.

Gravité : La gravité fait référence à l'ampleur de l'impact négatif des différents aléas sur les divers systèmes, soit bâti, social et environnemental (Enviro-accès, 2013).

Îlot de chaleur : Zone urbaine où l'on enregistre une température ambiante plus élevée que dans les zones environnantes (Office québécois de la langue française, 2023).

Impact : Les conséquences des risques sur les systèmes naturels et humains, où les risques résultent des interactions entre le climat et les aléas, l'exposition et la vulnérabilité. Les impacts font généralement référence aux effets sur la vie, aux moyens de subsistance, à la santé et au bien-être aux écosystèmes et aux espèces, aux biens économiques, sociaux et culturels, aux services et ainsi qu'aux

infrastructures. Les impacts peuvent être mentionnés comme conséquences ou résultat et peuvent être bénéfiques ou néfastes.

Infrastructures d'alimentation électriques : Capacité des infrastructures d'alimentation électrique présentes sur le territoire de la municipalité de transmettre sans interruption et avec une charge d'entretien normal l'électricité aux demeures, bâtiments et infrastructures.

Infrastructures de télécommunications : Capacité des infrastructures de télécommunications présentes sur le territoire de la municipalité d'assurer, sans interruption et avec une charge d'entretien normal, les communications intra et intermunicipales.

Inondation : Les inondations sont des événements météorologiques ou hydrologiques au cours desquels des zones terrestres sont recouvertes d'eau, généralement en raison d'une augmentation soudaine du niveau des cours d'eau, de l'accumulation d'eau de pluie intense, de la fonte des neiges, ou d'autres facteurs (GIEC, 2022).

Insectes nuisibles : Infestations dépassant les amplitudes normales.

Isolement social : Caractérise les difficultés pour la population (et en particulier les personnes âgées et/ou à mobilité réduite) de bénéficier du support des services non essentiels qui sont réputés influencer leur bien-être.

Journée chaude : Lorsque la température maximale journalière est supérieure à 30 degrés Celsius (Ouranos, s.d.).

Journée de gel : Les jours de gel sélectionnés pour cette étude sont les journées où le mercure descend sous la barre du 0°C (Ouranos, s.d.).

Mobilité de la population : Capacité des citoyens de se déplacer à leur guise en employant leurs propres moyens (motorisés ou non) et/ou le transport en commun.

Morbidité : Par rapport au scénario de référence, l'occurrence supplémentaire de maladies directement ou indirectement liées aux conditions météorologiques.

Mortalité : Par rapport au scénario de référence, l'occurrence supplémentaire de décès reliés directement ou indirectement aux conditions météorologiques.

Neige abondante : La neige abondante fait référence à une accumulation significative de neige, généralement au sol, résultant de précipitations hivernales soutenues sur une courte période.

Période de repos des terres pendant l'hiver : Régénération des terres en minéraux et nutriments par rapport au scénario de référence.

Pluie intense : Les pluies intenses se réfèrent à des précipitations atmosphériques importantes qui surviennent sur une courte période (GIEC, 2022).

Ponts : Aisance d'usage des ponts, intégrité physique et, à l'extrême, possibilité d'utilisation.

Préparation des terres et semences : Capacité des agriculteurs de préparer adéquatement leurs terres et d'ensemencer de façon efficace.

Probabilité : La probabilité (P) est la fréquence d'occurrence estimée d'un aléa climatique (Environnement Canada, 2013).

Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP) (*Representative Concentration Pathways (RCPs)*) : Scénarios incluant des séries chronologiques d'émissions et de concentrations de l'ensemble des gaz à effet de serre (GES) et des aérosols et des produits chimiques les gaz actifs, ainsi que l'utilisation des terres et de la couverture terrestre. Le terme représentatif signifie que chaque RCP fournit un seul scénario possible qui fait référence à un forçage radiatif spécifique. Le terme évolution fait référence au fait qu'il n'est pas seulement question du niveau de concentration atteint à long terme, mais également de la trajectoire suivie pour en arriver à ce résultat.

Projection climatique : Une projection climatique est la réponse simulée du système climatique à un scénario d'émission ou de concentration future de gaz à effet de serre (GES) et d'aérosols, généralement développé avec des modèles climatiques. Les projections climatiques se distinguent des prévisions climatiques par leur dépendance au scénario d'émission/concentration/forçage radiatif utilisé, qui est lui-même basé sur des hypothèses concernant, par exemple, les développements socio-économiques et technologiques futurs qui peuvent ou non se réaliser.

RCP2,6 : Une voie où le forçage radiatif culmine à environ 3 W m^{-2} puis décline pour se limiter à $2,6 \text{ W m}^{-2}$ en 2100 (la voie de concentration étendue correspondante, ou ECP, a des émissions constantes après 2100).

RCP4,5 et 6,0 : Deux voies de stabilisation intermédiaires dans lequel le forçage radiatif est limité à environ $4,5 \text{ W m}^{-2}$ et $6,0 \text{ W m}^{-2}$ en 2100 (les ECP correspondants ont une valeur constante concentrations après 2150).

RCP8,5 : Une voie élevée qui mène à >8,5 W m⁻² en 2100 (l'ECP correspondant à des émissions constantes après 2100 jusqu'à 2150 et concentrations constantes après 2250).

Risque : Le potentiel de conséquences néfastes lorsqu'un élément de valeur est en jeu et lorsque la survenance et le degré d'un résultat sont incertains. Dans le contexte de l'évaluation des impacts climatiques, le terme risque est souvent utilisé pour désigner les conséquences néfastes potentielles d'un aléa lié au climat, ou de réponses d'adaptation ou d'atténuation à un tel aléa, sur les vies, les moyens de subsistance, la santé et le bien-être. — l'être, les écosystèmes et les espèces, les actifs économiques, sociaux et culturels, les services (y compris les services écosystémiques) et les infrastructures Le risque résulte de l'interaction de la vulnérabilité (du système affecté), de son exposition au fil du temps (au danger), ainsi que du danger (lié au climat) et de la probabilité de son apparition. Pour la matrice, le risque égale la probabilité d'occurrence multipliée à la vulnérabilité.

Santé de la faune : Capacité de la faune de pourvoir adéquatement à ses besoins vitaux durant toute l'année.

Santé de la flore : Santé des végétaux par rapport au scénario de référence.

Sécheresse : Le nombre de périodes de plus de 5 jours secs consécutifs (Données climatiques Canada, s.d.).

Stress social et mental : Charge de stress supplémentaire associée directement ou indirectement aux évènements climatiques.

Trajectoires communes d'évolution socio-économique (SSP) (*Shared Socio-economic Pathways [SSPs]*) : Les trajectoires communes d'évolution socio-économique (SSP) ont été développées pour compléter les RCP présentant des défis socio-économiques variés en matière d'adaptation et d'atténuation. Basés sur cinq récits, les SSP décrivent des futurs socio-économiques alternatifs en l'absence d'intervention politique du climat, compromettant le développement durable (SSP1), un développement intermédiaire (SSP2), la rivalité (SSP3), les inégalités (SSP4) et le développement alimenté par les énergies fossiles (SSP5). La combinaison des mesures socio-économiques SSP et des scénarios climatiques RCP permet de mieux comprendre les impacts du changement climatique et d'orienter les décisions politiques.

Vague de chaleur : Lorsqu'il y a une succession de journées chaudes pour plus de 3 jours consécutifs (Ouranos, s.d.).

Voie de circulation : Aisance d'usage d'une voie de circulation (indépendante de la condition physique de la chaussée, qui est dans ce cas réputée correcte).

Vulnérabilité : La prédisposition à être affecté négativement. La vulnérabilité englobe plusieurs éléments, notamment la sensibilité ou la susceptibilité aux dommages et le manque de capacité à faire face aux conséquences et s'adapter. Pour la matrice, vulnérabilité égale la gravité moins la capacité d'adaptation initiale.

INTRODUCTION

L'augmentation constante des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) a conduit à un réchauffement de 1,1 °C des températures globales entre 2011 et 2020 par rapport à la période de 1850 à 1900. Ces émissions de GES proviennent en grande partie de l'usage non durable de l'énergie, des modifications d'utilisation des terres, des modes de vie et des schémas de consommation et de production dans diverses régions. Cette élévation des températures a induit des modifications rapides dans l'atmosphère, les océans, la cryosphère et la biosphère, et a déjà eu des impacts sur de nombreux phénomènes météorologiques extrêmes à travers le monde. (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023) Des conséquences sont déjà observables sur les plans économique, social et environnemental, et elles s'aggraveront à l'avenir (Ouranos, s.d.). Même en cas de cessation totale des émissions de GES actuelles, il est inévitable que le climat continue de se réchauffer et de subir des changements additionnels. Par conséquent, en plus des efforts visant à réduire les émissions de GES, il est impératif de s'adapter aux changements climatiques futurs pour assurer un développement résilient. (Données climatiques Canada, s.d.)

L'adaptation aux changements climatiques est un processus par lequel les communautés s'ajustent aux modifications environnementales afin de réduire les conséquences négatives et tirer parti des avantages potentiels. Un plan d'adaptation aux changements climatiques représente un outil de planification visant à évaluer les impacts du changement climatique dans tous les domaines d'activité, à identifier et à hiérarchiser les principaux risques, et à établir des étapes pour mettre en œuvre des mesures d'adaptation à court, moyen et long terme. Au Québec, toutes les municipalités devront faire face à des changements susceptibles d'affecter les écosystèmes naturels, l'environnement bâti, les populations et les activités socio-économiques, y compris la ville de Rigaud. (Ouranos, 2010)

En raison de la fréquence croissante des événements climatiques extrêmes à Rigaud au cours des dernières années, la ville souhaite se doter d'un plan d'adaptation afin d'améliorer sa compréhension et son évaluation des risques liés aux changements climatiques sur son territoire. Pour ce faire, un historique des événements météorologiques extrêmes au Québec et à Rigaud est établi pour évaluer les impacts actuels du climat sur la municipalité. Ensuite, des projections sont élaborées pour différents types d'aléas climatiques, visant à anticiper les changements climatiques prévus d'ici 2100 et leurs répercussions potentielles sur la ville, en tenant compte de divers scénarios d'émissions de GES. Enfin, une matrice des risques est développée pour évaluer les risques associés à chaque aléa climatique, en se basant sur plusieurs critères, dans le but de mieux appréhender les défis auxquels la municipalité est confrontée.

1. IMPACTS CLIMATIQUES

Dans les dernières années, plusieurs événements climatiques ont marqué la province québécoise ainsi que la ville de Rigaud. L'évaluation des impacts actuels du climat est la première étape du processus d'adaptation dans le but de comprendre les interactions entre le climat actuel et la municipalité, puisqu'il est estimé que les changements climatiques augmenteront la fréquence et l'ampleur de ces événements (Ouranos, 2010).

1.1 Influence du climat au Québec

Afin de caractériser les impacts du climat actuel, une analyse des événements météorologiques est présentée. Le tableau suivant présente quelques-uns de ces événements les plus marquants pour le Québec au cours des dernières années, selon l'année, leur durée, leur intensité et leurs conséquences.

Tableau 1.1.1 : Historique des événements météorologiques les plus marquants au Québec

Année	Événement météorologique	Description
2023	Canicule	La première canicule de l'année 2023 est survenue au mois de mai, ce qui fait de celle-ci la plus hâtive depuis les 104 dernières années. C'est le 31 mai 2023 que des températures de 31,6 °C ont été atteintes dans le sud de la province. (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs [MELCCFP], 2023).
2023	Feu de forêt	En 2023, ce sont plus de 5,2 millions d'hectares de forêt qui ont brûlé. Une partie importante des feux de forêt a eu lieu dans la zone de protection intensive de la SOPFEU, c'est-à-dire dans les forêts plus au sud de la province, où plus de gens y vivent. La superficie totale des forêts qui ont brûlé en 2023 représente la superficie qui avait brûlé au cours des 20 dernières années dans la zone intensive de protection. La fumée générée par ces feux a engendré une mauvaise qualité de l'air partout dans le nord-est de l'Amérique. (Faucher, 2023)
2021	Températures plus chaudes que la normale	L'année 2021 a été la deuxième plus chaude en 107 ans au Québec, avec des températures supérieures de 2,5 °C par rapport à la normale de 1981-2010 et a surpassé de 3,1 °C la normale du 20 ^e siècle. De plus, le mois d'octobre 2021 a été le plus chaud en 101 ans, avec un record de température 1,3 °C plus élevé que les précédents records des 100 dernières années. (MELCCFP, 2023)

2018	Canicule	La canicule qui a touché le sud du Québec entre le 29 juin et le 5 juillet 2018 s'inscrit parmi les plus intenses et les plus soutenues dans les archives climatiques du Québec depuis l'année 1870. (MELCCFP, 2023)
2017	Crue printanière	La crue printanière de 2017, survenue entre le 1 ^{er} avril et le 15 mai, représente le plus fort apport en eau depuis 1974. Ce sont 412 mm d'eau provenant de la fonte des neiges et des précipitations qui s'écoulaient dans les rivières, ce qui représente le deuxième plus important apport d'eau en 55 ans d'observation. Dans les régions de l'Outaouais, de la Montérégie, des Laurentides, de Lanaudière, de la Mauricie et du Centre-du-Québec, entre 240 et 325 mm de pluie sont tombés du 1 ^{er} avril au 7 mai, causant des inondations qui ont perduré jusqu'à la mi-mai, un record depuis les 100 dernières années. (MELCCFP, 2023)
2017	Tempête hivernale du siècle	La tempête hivernale survenue les 14 et 15 mars 2017 constitue la nouvelle tempête du siècle. Sutton a été recouvert par 119 cm de neige, alors que la Montérégie, le Centre-du-Québec, la Chaudière-Appalaches, le sud de la Mauricie et de la Capitale-Nationale ainsi que le Bas-Saint-Laurent ont reçu plus de 50 cm de neige. (MELCCFP, 2023)
2015	Pluies extrêmes	Entre le 9 et le 10 juin 2015, des pluies extrêmes sont tombées dans le secteur de Deschambault, laissant 155 mm de pluie en seulement six heures, du jamais vu en 40 ans d'observation. (MELCCFP, 2023)
2015	Froid intense	Une période de froid intense a touché le sud du Québec le 8 janvier 2015, principalement dans les régions le long du Fleuve Saint-Laurent. Les températures atteintes étaient inférieures à -27 °C et ont atteint -60 °C à la Côte-Nord, ce qui représente une moyenne de -34,8 °C pour le sud du Québec. Ces températures enregistrées sont les plus froides en plus de 30 ans d'observation avec plus de stations du Programme de surveillance du climat (PSC) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (MELCCFP, 2023)

1.2 Influence du climat à Rigaud

La ville de Rigaud a subi, au cours des dernières années, les conséquences de nombreux aléas climatiques. Le tableau suivant présente quelques-uns des événements météorologiques les plus marquants pour la ville de Rigaud selon l'année, leur durée, leur intensité et leurs conséquences.

Tableau 1.2.1 : Historique des événements météorologiques les plus marquants pour la ville de Rigaud

Année	Événement météorologique	Description
2023	Crue printanière	Le niveau de la Rivière des Outaouais au barrage de Carillon oscille autour de 24,64 mètres, donc au-dessus de la cote de récurrence de 20 ans. Plus de 420 résidences étaient affectées. (Rigaud, 2023)
2021	Vagues de chaleur	Le 27 juin 2021, une alerte de chaleur a été lancée par Environnement Canada notamment pour la région de Vaudreuil-Soulanges. Des températures d'environ 40 °C avec l'humidex étaient attendues, avec un minimum d'environ 20 °C la nuit. Cette vague de chaleur était la deuxième de l'année et devrait persister jusqu'au 29 juin. (Richer, 2021)
2019 et 2017	Crues printanières	Au Québec, les municipalités situées le long de la rivière des Outaouais, du Lac des Deux-Montagnes et du lac Saint-Louis présentent le plus grand risque d'inondation. Cette région a connu deux inondations majeures au cours des dernières années, incluant la ville de Rigaud, soit en 2017 et en 2019. (Thivierge, 2021) Ces inondations ont entraîné des conséquences humaines, économiques et physiques importantes. Bien que ce type d'inondation soit qualifié d'extrême, deux événements consécutifs sont survenus dans un court laps de temps, ce qui est préoccupant. Selon la méthode statistique classique, de tels événements ne devraient pas se produire plus d'une fois aux cent ans, et beaucoup plus pour les inondations de 2017, soit une fois aux 325 ans. (MRC Vaudreuil-Soulanges, 2019)
2018	Orages violents	Le 6 août 2018, des orages violents ont entraîné 12 000 pannes de courant à Rigaud. Des arbres ont été déracinés, des poteaux électriques sont tombés et des toitures ont été endommagées à cause des vents violents. Il pourrait s'agir de microrafale ou même d'une tornade, mais l'information n'a pas été confirmée. (Radio-Canada, 2018)
2010	Tornade de faible intensité	Le 17 juillet 2010, une tornade de faible intensité (F0) s'est formée à l'ouest de Montréal, dans le secteur de Vaudreuil-Soulanges. Des précipitations importantes sont tombées, soit entre 50 et 100 millimètres de pluie, accompagnées de vent allant jusqu'à 100 km/h et des grêlons de deux à trois centimètres. Les

		dommages étaient toutefois mineurs, avec des meubles de patio renversés. (Gouvernement du Canada, 2017)
1998	Inondation	Inondation par ruissellement en raison des pluies intenses et de la fonte des neiges (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, Journal Première Édition, avril-juin 1998, V13_N14, page 3) ¹ .
1990	Inondation	Inondation due à la fonte des neiges et par embâcle (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, L'Écho N12, 25 mars 1990) ¹ .
1989	Inondation	Inondation par embâcle (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, L'Écho N 14, 3 avril 1989) ¹ .
1978	Glissement de terrain	Un glissement de terrain survenu le 3 mai 1978 a causé la mort d'un homme lors de l'installation de pylône pour Hydro-Québec (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, s.d.) ¹ .
1976	Inondation	Inondation par ruissellement due aux pluies et à la fonte rapide de la neige (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, L'Écho de Vaudreuil-Soulanges, N 12, 30 mars 1976) ¹ .
1974	Inondation	Inondation attribuable au débit des eaux provenant de la Rivière des Outaouais (Apport Québécois pour l'Anticipation des Risques d'Inondations et de Sécheresses au Canada (AQUARISC), Fiche document 2267. Protection civile de Québec. Rapport sur la situation, 26 mai 1974) ¹ .
1962	Inondation	Inondation par embâcle à la hauteur des chutes de Rigaud (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, Nouveau Journal et Montréal Matin, 10 avril 1962) ¹ .
1951	Inondation	Inondation par ruissellement due aux pluies et à la fonte des neiges (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, Fonds Yves Quesnel - dépôt à long terme du Musée régional de Vaudreuil-Soulanges, P004/FQ04.40.1) ¹ .

¹ M. Boissonneault, Directeur général de la ville de Rigaud, échange par courriel, 7 novembre 2023

1936	Inondation	Inondation par ruissellement due aux pluies et à la fonte des neiges (Bibliothèque et Archives nationales du Québec, L'Action catholique, 23 mars 1936) ¹ .
1913	Inondation	Inondation par embâcle (Bibliothèque et Archives nationales du Québec, Le Canada, 2 avril 1913) ¹ .
1908	Inondation	Inondation par rupture d'une partie du barrage qui endigue les eaux de la rivière des Outaouais due aux pluies abondantes (Bibliothèque et Archives nationales du Québec, La Presse, 11 mai 1908) ¹ .
1905	Inondation	Inondation par embâcle (Bibliothèque et Archives nationales du Québec, La Presse, 31 mars 1905) ¹ .
1846	Glissement de terrain	Le 17 octobre 1846, un glissement de terrain a entraîné une masse d'argile de plus de 4 arpents de largeur et 2 de profondeur jusqu'au-dessus de la rivière, ce qui provoqua une montée des eaux de 10 mètres, inondant ainsi plusieurs terrains en amont (Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges, s.d.).

2. DONNÉES CLIMATIQUES HISTORIQUES ET PROJETÉES, RÉGIONALES ET LOCALES

Les prochaines sections contiennent des données climatiques classées en fonction de différentes variables telles que la température, les précipitations, les phénomènes météorologiques et les séismes. Chacune de ces variables est accompagnée de sous-sections décrivant les aléas climatiques. Le logigramme ci-dessous représente les variables, les aléas ainsi que leurs liens causals.

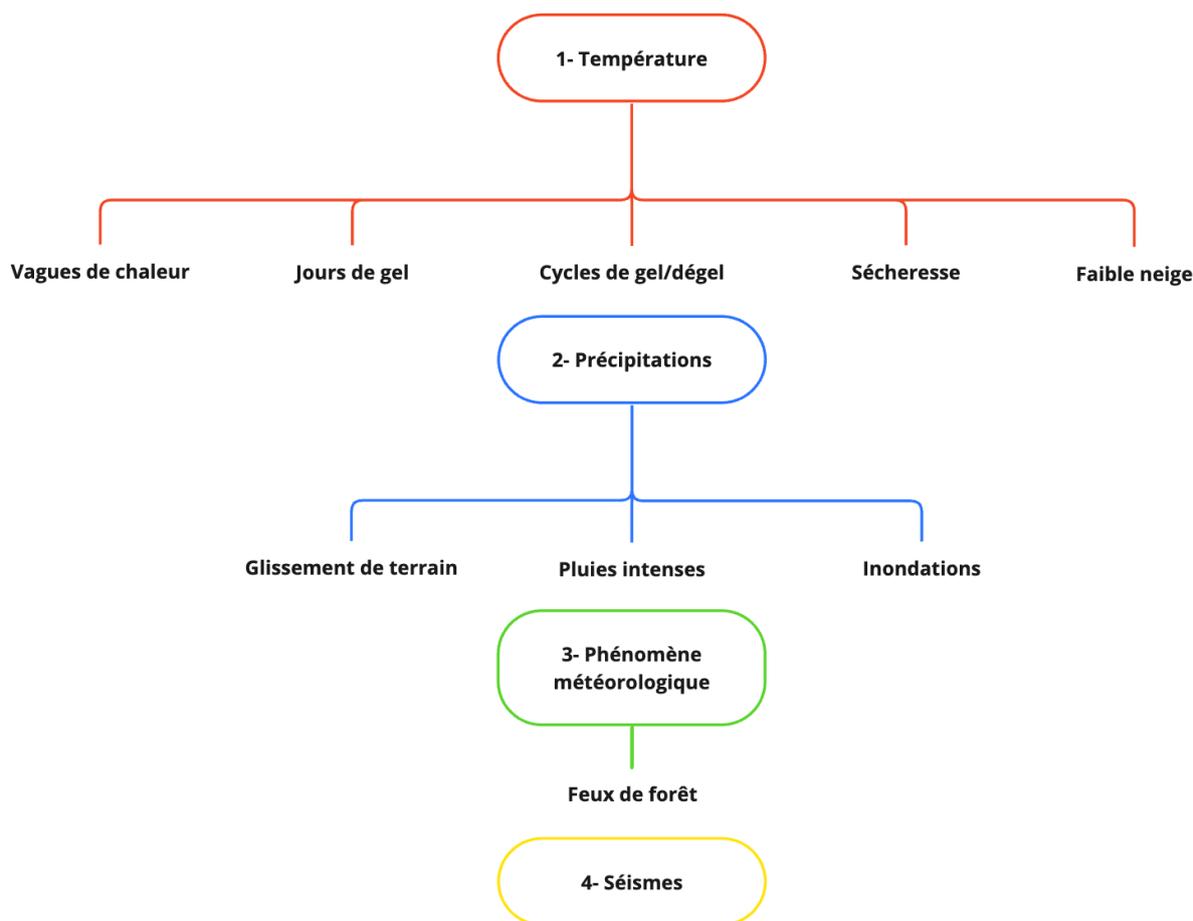


Figure 2.1 : Logigramme des variables climatiques et de leurs aléas (Beaurivage, Comtois, Daviault, Gagnon, 2023)

2.1 Méthodologie

Les données analysées dans les sous-sections de la température et des précipitations proviennent de la plateforme Données Climatiques Canada ainsi qu'Ouranos. Données climatiques Canada utilise des données qui s'applique spécifiquement à la ville de Rigaud tandis qu'Ouranos utilise un portrait à échelle de la Montérégie. Les scénarios climatiques qui y figurent sont générés par les simulations CMIP6, soit les données les plus récentes de différents modèles climatiques mondiaux disponibles. (Ouranos, 2023). Les valeurs extraites des projections climatiques sont issues du

50e centile. Ces données permettent d'établir les conclusions en matière de hausse de température et de précipitations tout en étant plus concis et plus accessible au lecteur que l'intervalle de données du 10e et 90e centile. Cependant, il est important de mentionner qu'il existe une incertitude inhérente aux projections qui aurait été mieux exprimée par l'intervalle. L'intervalle des années sélectionnées est de 1950 à 2100 pour permettre de créer un portrait historique et projeté. (Données climatiques Canada, 2023)

Les figures montrent des projections climatiques nommées trajectoires communes d'évolution socio-économique (SSP). Ces scénarios climatiques se classent entre 5 catégories. La projection SSP1 décrit un scénario où les émissions de GES sont moindres tandis que SSP5 projette des émissions de GES plus importantes. Les projections utilisées dans ce document sont les trajectoires SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5. Ces trois projections sont utilisées puisque les données climatiques locales et régionales n'utilisaient pas les mêmes scénarios SSP. Les projections concernant Rigaud utilisent SSP2-4.5 et SSP5-8.5 alors que les projections effectuées pour la Montérégie utilisent SSP2-4.5 et SSP3-7.0. La trajectoire SSP2-4.5 est considérée comme une projection modérée où le développement et l'augmentation des gaz à effet de serre y sont constants jusqu'à la fin du siècle (GIEC, 2022). La trajectoire SSP3-7.0 est plutôt caractérisée par des conflits régionaux causant des inégalités socioéconomiques et environnementales, de la pauvreté et l'accélération des émissions de GES jusqu'en 2100. Les défis d'atténuation et d'adaptation sont donc plus importants (GIEC, 2022). Le troisième scénario SSP5-8.5 est caractérisé par un très grand développement issu des combustibles fossiles et donc l'accélération importante des émissions de GES due à leur surexploitation (GIEC, 2022).

Voici une liste de références utiles pour consulter les données si vous voulez creuser davantage sur certaines variables ou aléas.

1. Atlas Climatique du Canada. (2023). Région Vaudreuil.
https://atlasclimatique.ca/carte/canada/plus30_2030_85#lat=45.35&lng=-74.49&z=9&grid50k=031G08
2. Données climatiques Canada. (s.d.). Rigaud.
https://donneesclimatiques.ca/explorer/emplacement/?loc=EQFAO&location-select-temperature=tx_max&location-select-precipitation=r1mm&location-select-autres=frost_days
3. Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]. (2023). Géoportail de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/geomatique/geoportail>
4. Ouranos. (2023). Montérégie.
https://portraits.ouranos.ca/fr/spatial?yr=2071&scen=high&p=50&r=31&i=tg_mean&s=annual&d=espog

5. Ouranos. (2010). Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques.
https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/documentation/plan_adaptation_changement_climatique.pdf

2.2 Température

Résumé - Température

Il y aura une augmentation importante des **températures moyennes** dans les prochaines décennies occasionnant plusieurs aléas climatiques :

- 1 – Les projections indiquent que les **vagues de chaleur** augmenteront considérablement.
- 2 – Il est projeté une diminution des **jours de gel**.
- 3 – Il est anticipé une diminution annuelle des **cycles de gel/dégel**, mais une augmentation durant l'hiver.
- 4 – La fréquence et l'intensité des **périodes de sécheresse** resteront stables au même taux actuel.
- 5 – Il est projeté une diminution de la quantité de **précipitations solides**.

Impact: Santé des populations plus sensibles (personnes âgées, personnes souffrant de maladies respiratoires, les riverains, agriculteurs, etc.), agriculture et feux de forêt, stress hydrique et diminution des dommages causés par les cycles de gel/dégel sur les infrastructures extérieures de

L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre amplifie le phénomène de réchauffement climatique (GIEC, 2021). Ces gaz retiennent les infrarouges thermiques dans notre atmosphère terrestre, occasionnant un bilan radiatif positif (Poitu, 2013). Les émissions de GES liées à l'activité anthropique ont causé augmentation moyenne de la température d'environ 1,5 degré Celsius par rapport à la période préindustrielle (GIEC, 2021)

La présente section aborde l'historique et les projections pour la thématique de température, tout en mettant en évidence les risques climatiques liés à ces variables à la ville de Rigaud et en Montérégie.

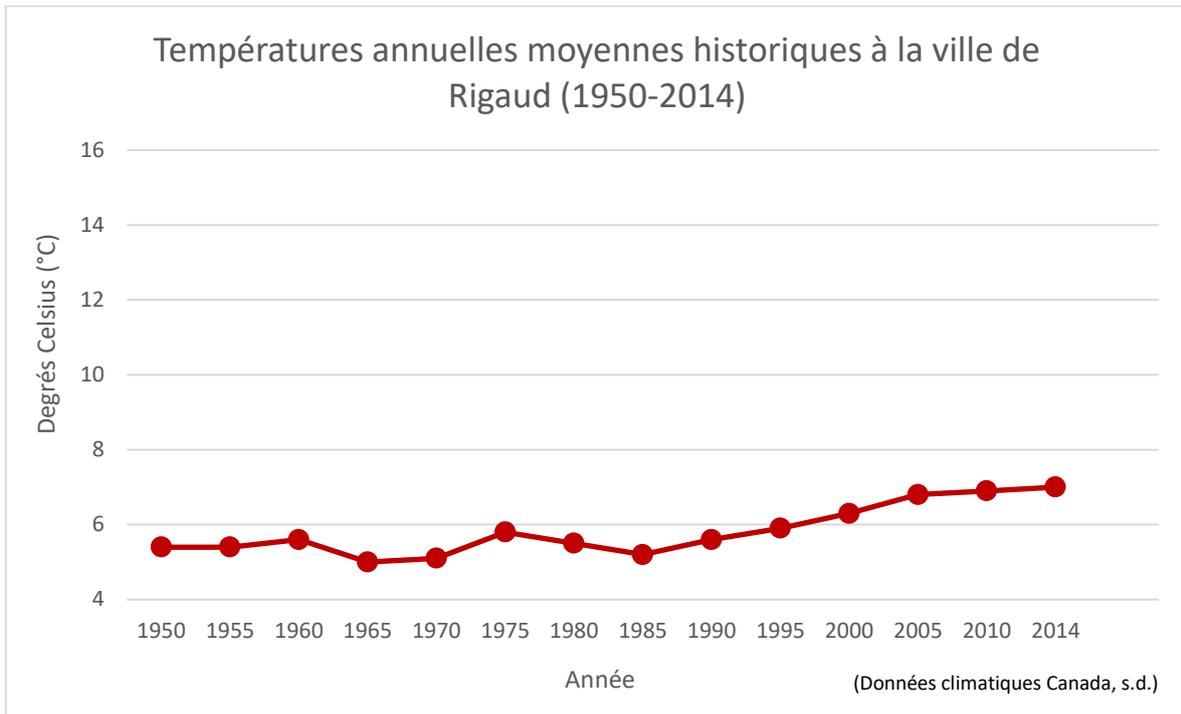


Figure 2.2.1 : Températures moyennes historiques à la ville de Rigaud (1950-2014)

La figure 2.2.1 représente l'évolution historique de la température moyenne annuelle pour la ville de Rigaud entre 1950 et 2014. La température annuelle moyenne de Rigaud était stable à environ 7 °C (+2°C).

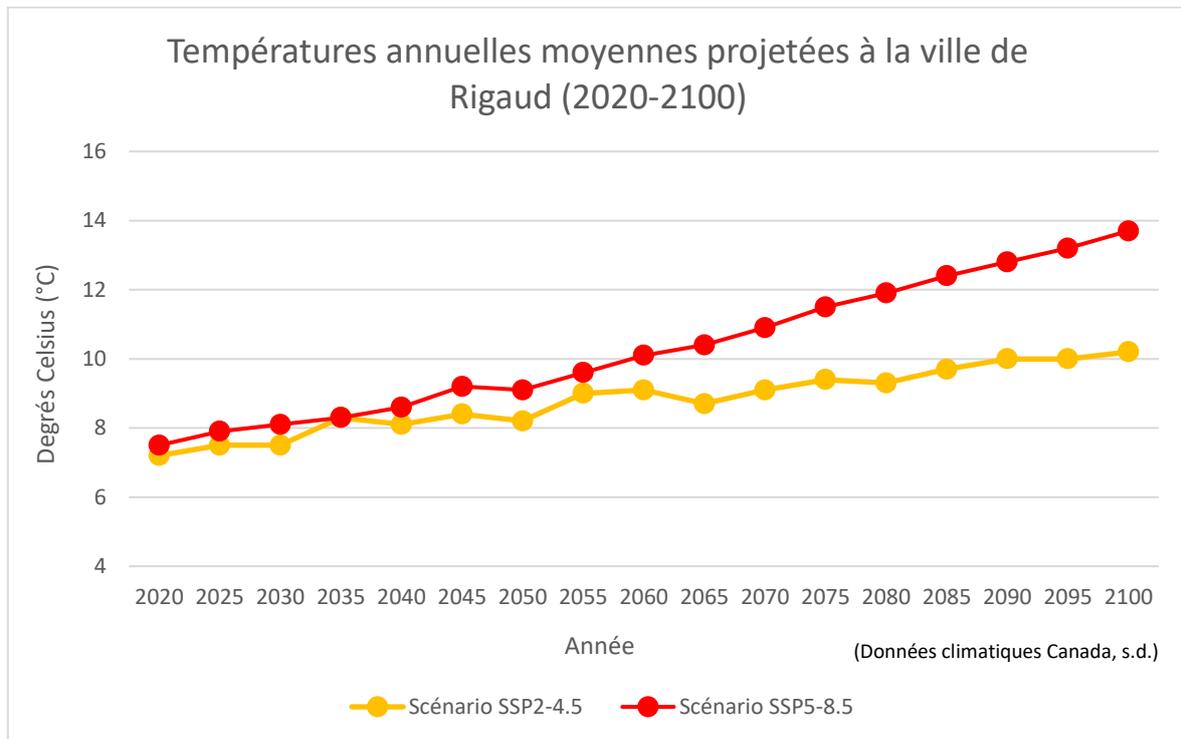


Figure 2.2.2 : Températures annuelles moyennes projetées à la ville de Rigaud (2020-2100)

Ensuite, la figure 2.2.2 représente l'évolution projetée de la température moyenne annuelle pour la ville de Rigaud entre 2020 et 2100. SSP2-4.5 projette une augmentation moyenne d'environ 3°C, tandis que la projection SSP5-8.5 estime une augmentation de près de 6°C pour l'horizon 2100.

2.2.3 Vagues de chaleur/journées chaudes

Définition : Une journée chaude est répertoriée dans le cas de cette étude lorsque la température maximale journalière est supérieure à 30 degrés Celsius (Données climatiques Canada, s.d.). Une vague de chaleur est lorsqu'il y a une succession de journées chaudes pour plus de 3 jours consécutifs (Ouranos, s.d.).

Les prochaines figures représentent le nombre de journées chaudes annuellement répertoriées suivi du nombre de vagues de chaleur, puisque les journées chaudes causent ce dernier phénomène.

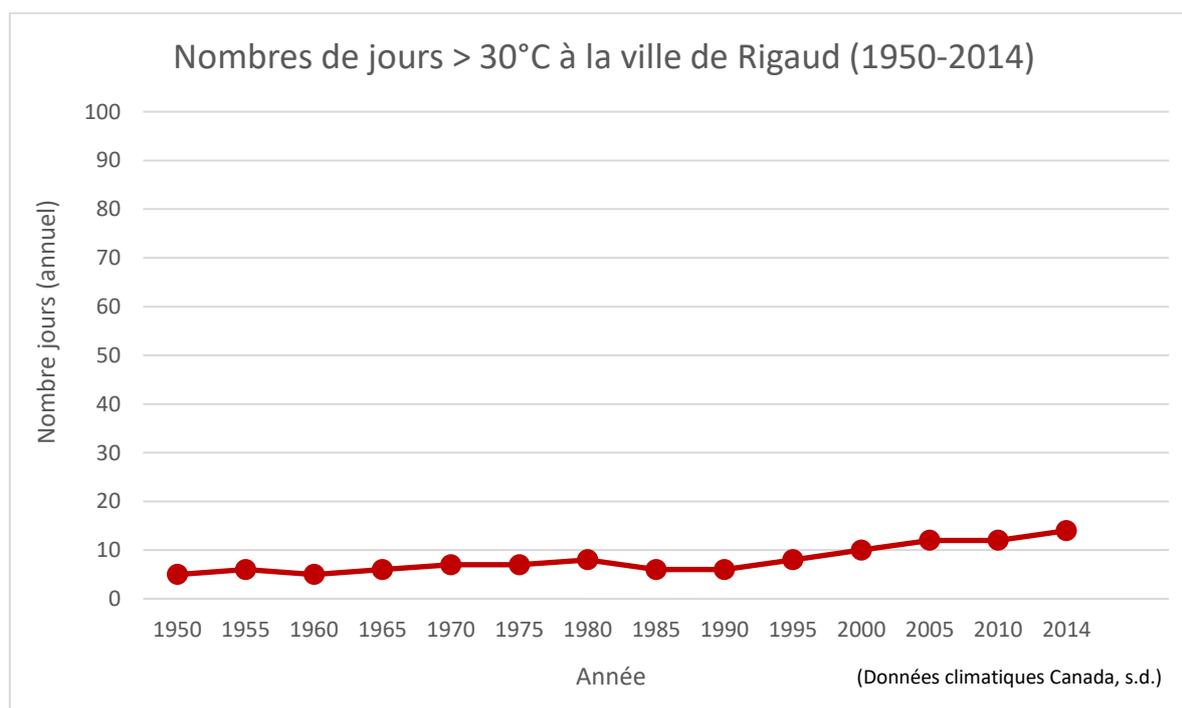


Figure 2.2.3.1 : Nombre de jours à plus de 30°C à la ville de Rigaud (1950-2014)

La figure 2.2.3.1 montre l'évolution du nombre de journées chaudes annuelles entre 1950 et 2014. Durant cette période, le nombre de journées à plus de 30 °C en moyenne à Rigaud était d'environ 8 jours.

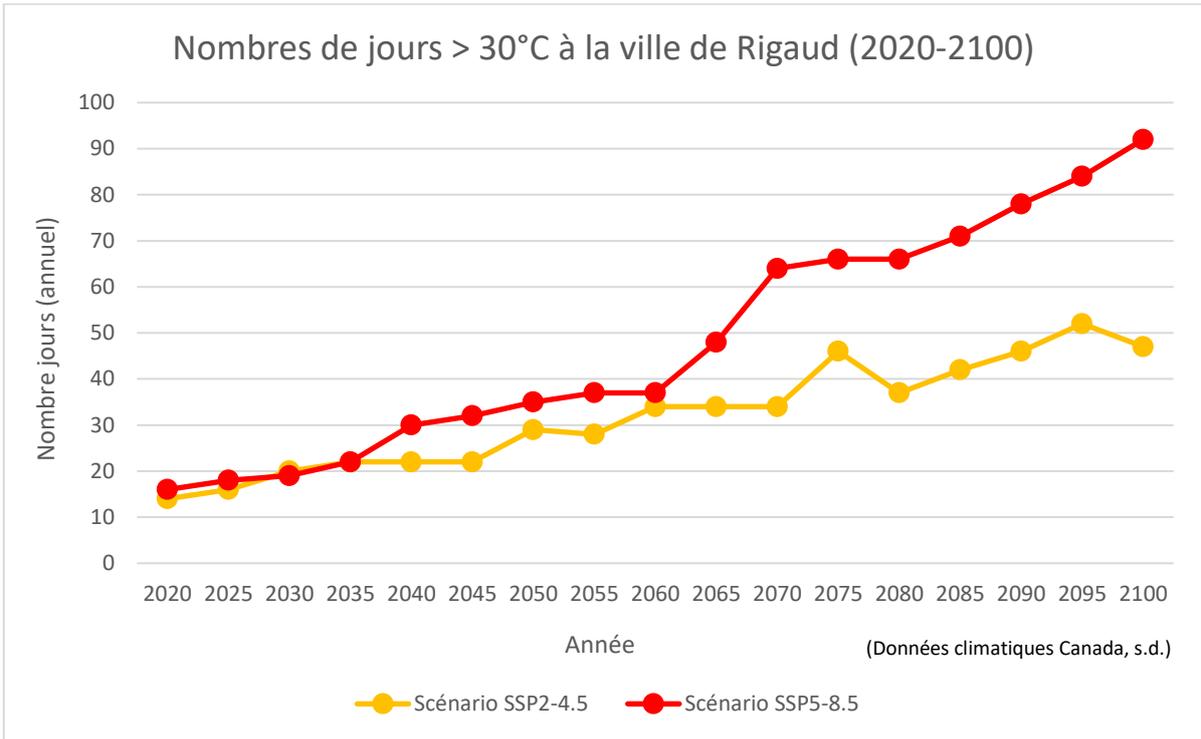


Figure 2.2.3.2 : Nombre de jours à plus de 30°C à la ville de Rigaud (2020-2100)

Finalement, la projection présente à la figure 2.2.3.2 ci-dessus montre l’augmentation d’environ 32 jours chauds passant de 15 à 47 projetés par SSP2-4.5 (+300%). Pour le scénario SSP5-8.5, les projections indiquent également une augmentation moyenne de 75 journées chaudes (+500%).

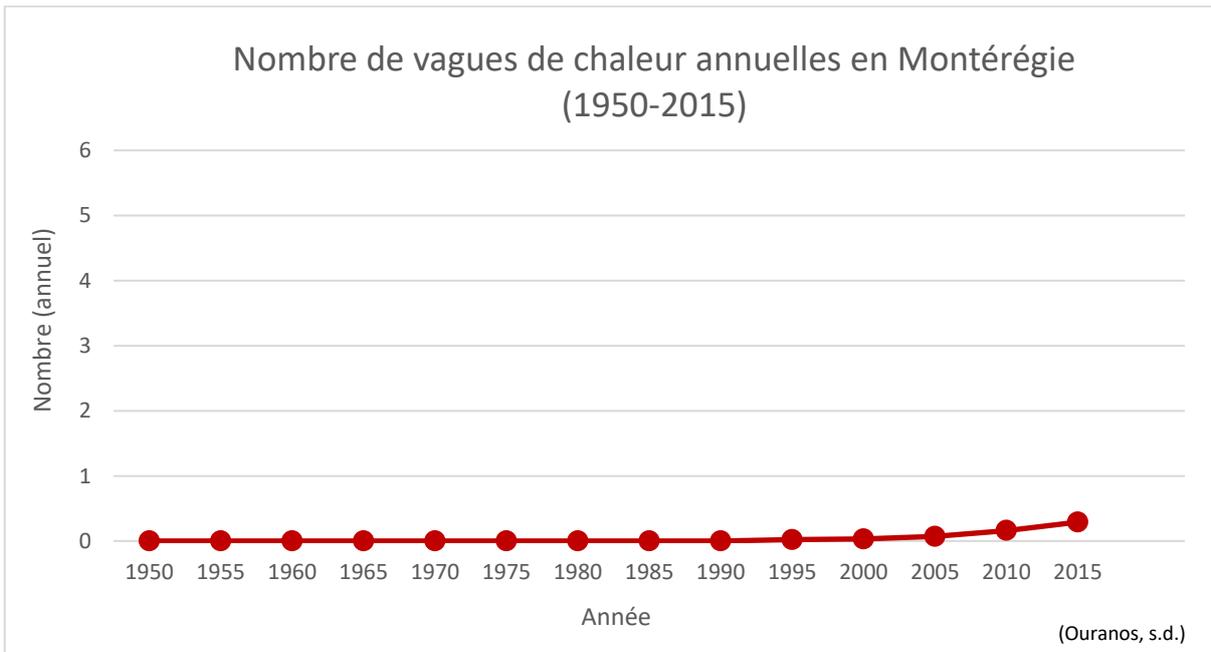


Figure 2.2.3.3 Nombre de vagues de chaleur annuelles en Montérégie (1950-2015)

La figure 2.2.3.3 présente l'évolution historique du nombre de vagues de chaleur annuelles en Montérégie entre 1950 et 2015. En moyenne, moins d'une vague de chaleur était ressentie annuellement lors de cette période (0,5).

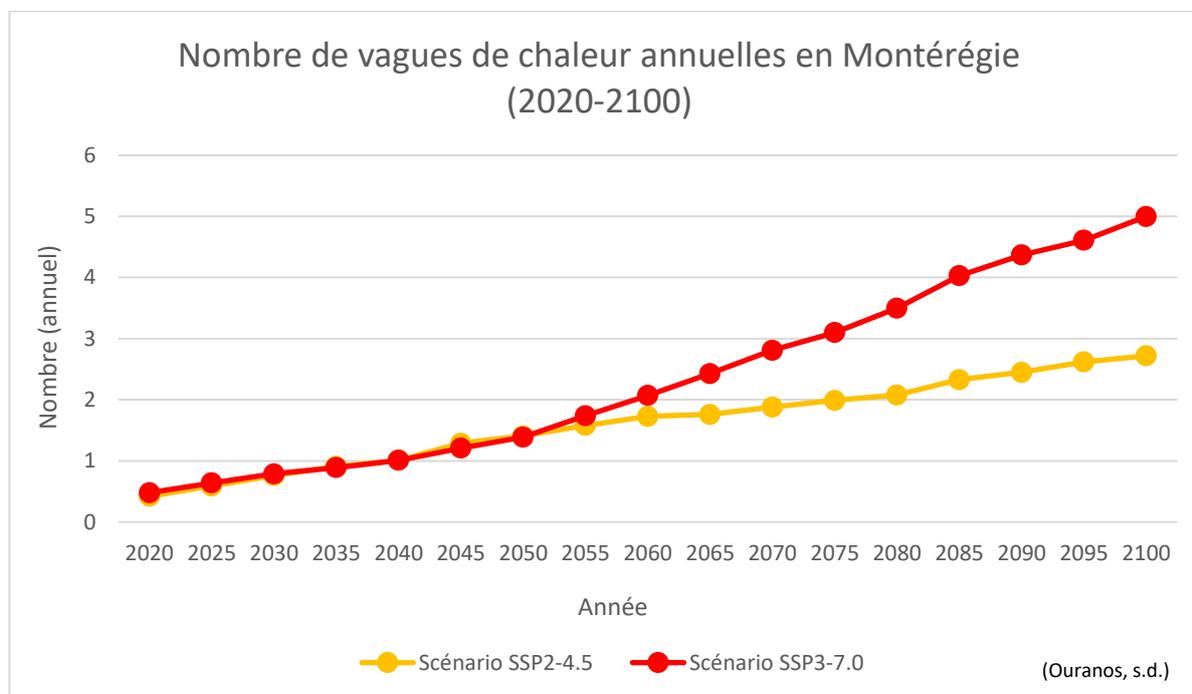


Figure 2.2.3.4 Nombre de vagues de chaleur annuelles en Montérégie (2020-2100)

La figure 2.2.3.4 présente l'évolution projetée du nombre de vagues de chaleur annuelles en Montérégie entre 2020 et 2100. Selon le modèle modéré SS2-4.5, la fréquence annuelle de vagues de chaleur va d'augmenter, passant de 0,5 à 3 vagues de chaleur annuellement. Le scénario SSP3-7.0 montre une augmentation plus importante du nombre de vagues de chaleur, soit de 0,5 à 5. De plus, on prévoit que la durée des vagues de chaleur augmentera d'ici l'année 2100, avec des périodes de chaleur moyennes s'étendant de 6 à 8 jours consécutifs (Centre climatique des Prairies, 2019b).

2.2.4 Îlots de chaleur

Définition : Zone urbaine où l'on enregistre une température ambiante plus élevée que dans les zones environnantes (Office québécois de la langue française, 2023).

Le nombre et l'intensité des îlots de chaleur augmenteront (Voelkel et al., 2018). Il est possible d'observer l'évolution historique à l'échelle de la ville de Rigaud. En effet, l'annexe 3 présente deux

cartes comportant les zones à températures terrestres chaudes et très chaudes répertoriées sur le territoire de la ville de Rigaud entre les années 2013-2014 ainsi que 2021-2022. Ces données sont fournies via le Géoportail de santé publique du Québec, généré par l'Institut national de santé publique du Québec (2023). Il est donc possible d'y créer un portrait selon les secteurs touchés. Notamment, l'augmentation des îlots de chaleur a grandement évolué dans le secteur du Mont Rigaud entre la carte de 2013-2014 et celle de 2021-2022, probablement par cause de développement immobilier près de la montagne et des activités récréatives qu'elle offre (vélo, ski, etc.). D'ailleurs, le même phénomène est observable pour le quartier résidentiel adjacent au parc François-Chevrier. Ces secteurs sont représentés en encadré mauve sur les cartes disponibles à l'annexe 3.

Les îlots de chaleur sont une conséquence de l'augmentation de l'aléa climatique des vagues de chaleur. Ils accélèrent directement ce phénomène, combiné à un mauvais aménagement du territoire (surfaces foncées, manque de végétation, etc.) (Mohajerani et al., 2017). Ce risque, découlant des journées chaudes ainsi que les vagues de chaleur, peut générer des conséquences pour certaines populations vulnérables lors d'une trop forte exposition, notamment en augmentant les probabilités de maladies cardiovasculaires (Cleland et al., 2023).

2.2.5 Jours de gel

Définition : Les jours de gel sélectionnés pour cette étude sont les journées où le mercure descend sous la barre du 0°C (Ouranos, s.d.).

Les prochains graphiques représentent l'évolution dans le temps des journées annuelles de gel.

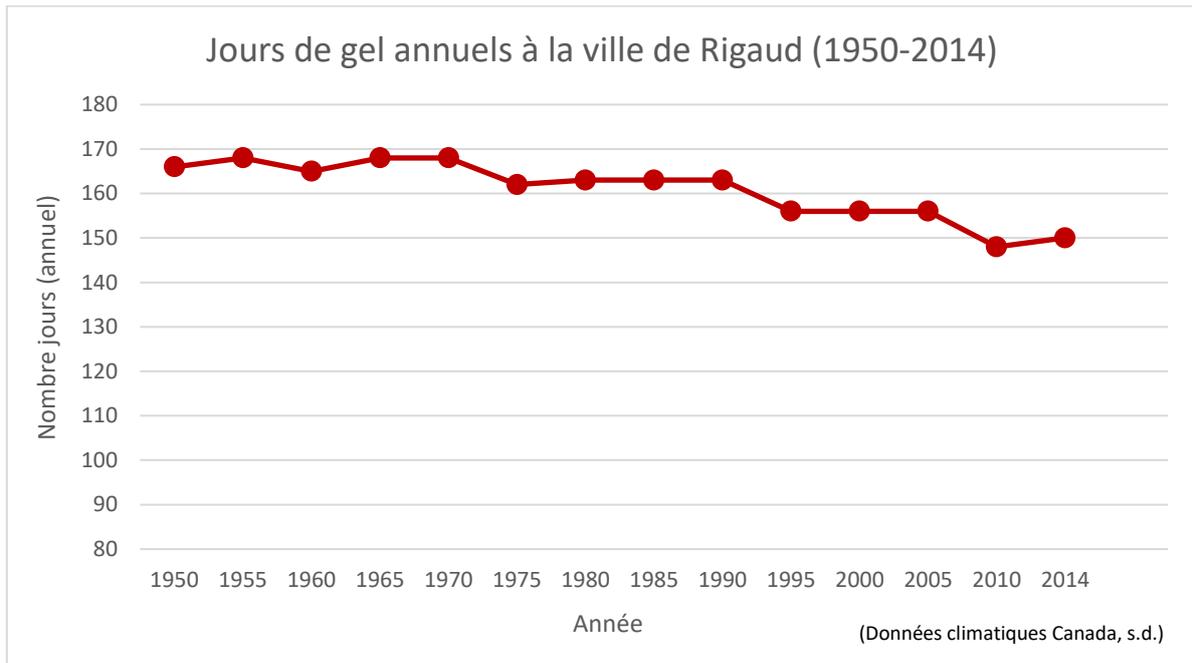


Figure 2.2.5.1 : Jours de gel annuels à la ville de Rigaud (1950-2014)

La figure 2.2.5.1 présente l’historique des jours de gel entre 1950 et 2014. Il est observable que les données diminuent d’environ 15 jours sur cette période.

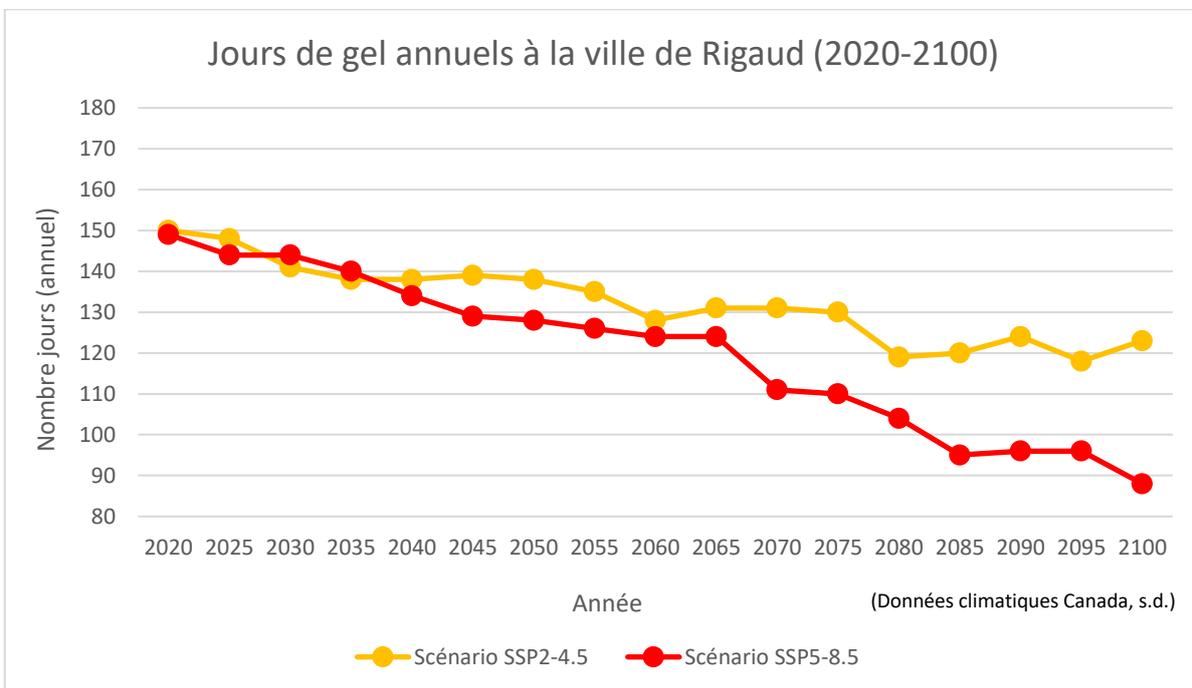


Figure 2.2.5.2 : Jours de gel annuels à la ville de Rigaud (2020-2100)

Pour les projections, la figure 2.2.5.2 montre que le scénario modéré SSP2-4.5 anticipe une diminution d’environ 25 jours de gel entre 2020 et 2100. En revanche, le scénario très élevé SSP5-8.5 dégage une baisse importante d’environ 60 jours annuels, soit passant de 150 jours à moins de 90 jours.

2.2.6 Cycles de gel/dégel

Définition : Un cycle de gel/dégel est lorsque la température maximale journalière est supérieure à 0°C et que la température minimale est inférieure ou égale à -1°C. (Données climatiques Canada, s.d.).

Les graphiques suivants montrent l'évolution des cycles de gel/dégel entre le passé récent et le futur rapproché.

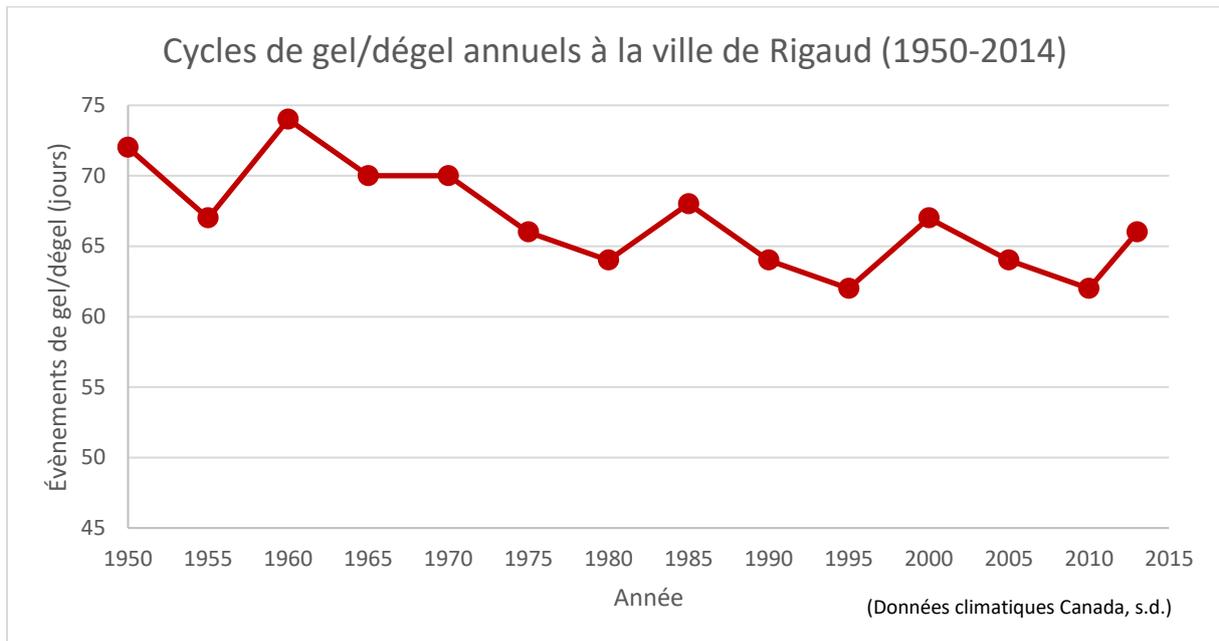


Figure 2.2.6.1 Cycles de gel/dégel annuel à la ville de Rigaud (1950-2014)

La figure 2.2.6.1 présente les jours comportant des cycles de gel/dégel historiques entre 1950 et 2014. En somme, il est observable qu'il existe une légère tendance à la baisse, soit une diminution d'environ 6 jours annuels.

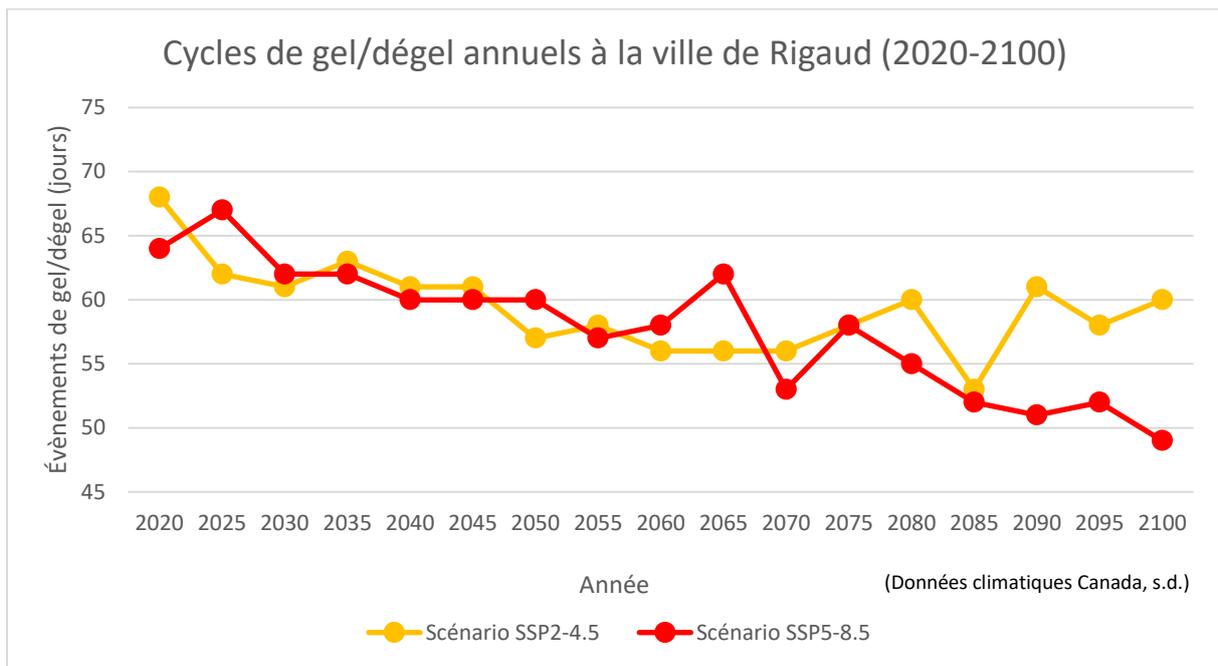


Figure 2.2.6.2 Cycles de gel/dégel annuel à la ville de Rigaud (2020-2100)

La figure 2.2.6.2 présente les cycles de gel/dégel jusqu'à une projection en 2100. Pour le scénario SSP4.5, nous observons une diminution d'environ 8 jours comportant cet évènement, soit passant de 68 à 60. Pour le scénario SSP8.5, la tendance à la baisse se poursuit et s'accroît, passant de 64 jours en 2020 à 49 jours en 2100. Également, il est important de noter que cette projection implique le total annuel de cycles gel/dégel. En revanche, dans le cas des mois hivernaux (décembre, janvier et février), la tendance est légèrement à la hausse, puisque les températures hivernales seront plus près du point de congélation. (Données climatiques Canada, s.d.)

2.2.7 Sécheresse

Définition : Le nombre de périodes de plus de 5 jours secs consécutifs (Données climatiques Canada, s.d.).

Historiquement, dans la ville de Rigaud ainsi que la région de la Montérégie, la fréquence des périodes de sécheresse était stable entre 1950 et 2020 (Données climatiques Canada, s.d.) (Ouranos, s.d.).

Pour la projection, la tendance reste la même que dans le portrait historique, soit entre 9 et 12 périodes de plus de 5 jours secs consécutifs par année et ce jusqu'à l'horizon 2100 (Données climatiques Canada, s.d.).

Les sécheresses ne sont donc pas graphiquement représentées dans la cadre de ce rapport, puisque l'historique ainsi que la projection sont quasi identiques pour la ville de Rigaud. En effet, la littérature scientifique semble être en accord avec des projections stagnantes selon les deux scénarios à l'étude. Ces informations sont tirées de plateformes de l'Atlas climatique du Canada (2023) ainsi qu'Ouranos (2023). Au Canada, les sécheresses s'accroîtront plutôt au sud des Prairies et à l'intérieur de la Colombie-Britannique (Données climatiques Canada, 2023).

2.2.8 Faible neige

Définition : Faibles précipitations solides pour les jours où la moyenne de température est sous 0 degré Celsius (Ouranos, s.d.).

La saison hivernale analysée dans le cadre de cette section comprend les mois de décembre, janvier et février.

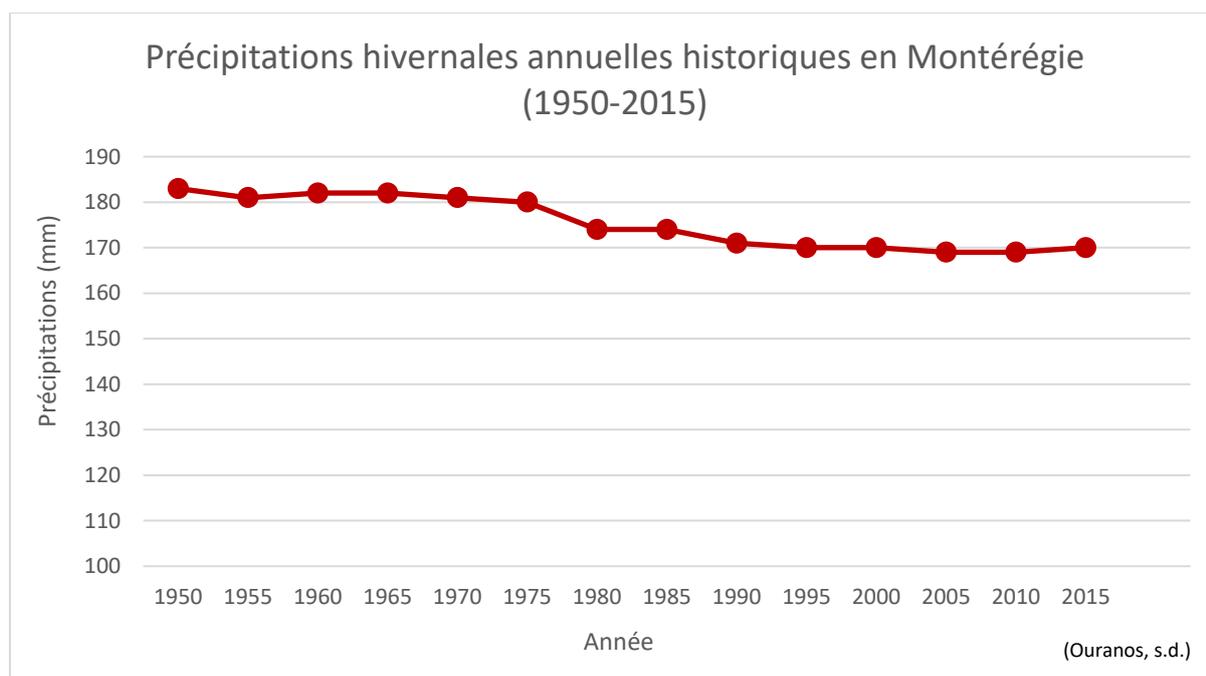


Figure 2.2.8.1 Précipitations hivernales annuelles en Montérégie (1950-2015)

La figure 2.2.8.1 présente la moyenne des précipitations hivernales annuelles en Montérégie entre 1950 et 2015. La tendance est à la baisse avec une diminution annuelle d'environ 14 mm dans cet intervalle, soit passant, de 183 mm à 169 mm (-8%).

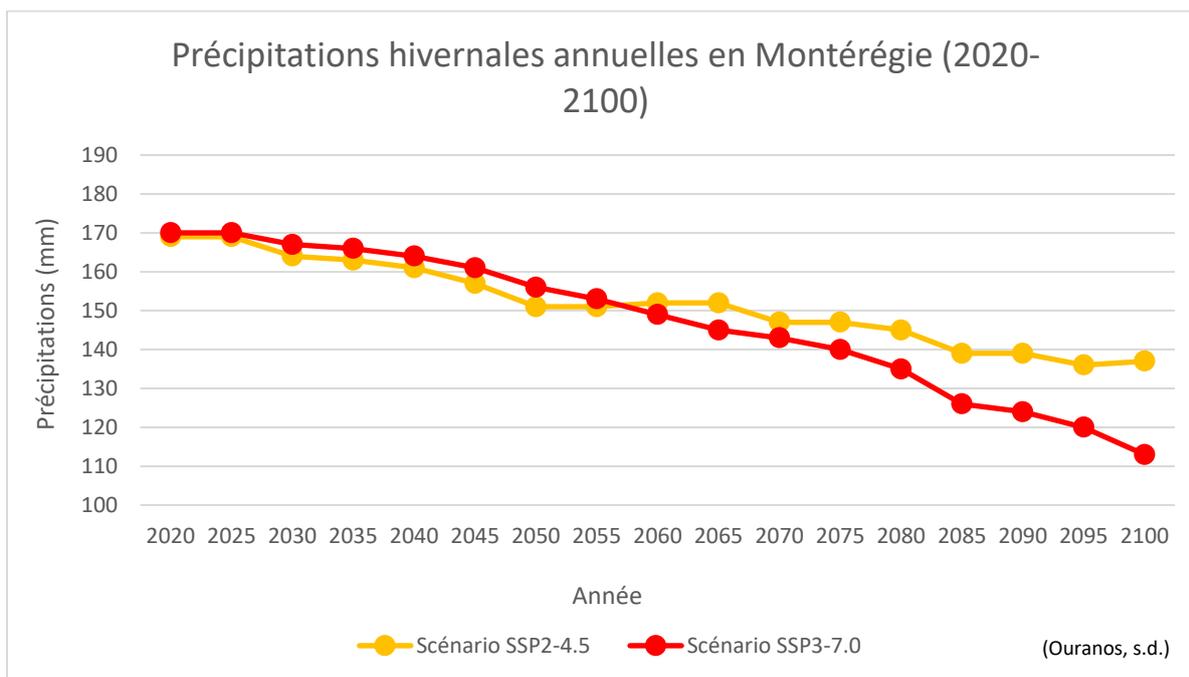


Figure 2.2.8.2 Précipitations hivernales annuelles en Montérégie (2020-2100)

La figure 2.2.8.2 montre la projection des précipitations hivernales annuelles en Montérégie entre 2020 et 2100. Les données montrent une tendance historique à la baisse qui est stable d’ici la fin du siècle. En effet, selon le scénario modéré SSP2-4.5, il y aurait une baisse hivernale d’environ 30 mm entre 2020 et l’horizon 2100 (-18%). Pour le scénario SSP5-8.5, le phénomène projeté connaîtrait une baisse de 57 mm de neige en hiver, soit une diminution d’environ -35%.

2.2.9 Impacts

Les principaux impacts de la hausse de la température terrestre sont les aléas climatiques. Notamment, il est question ici des vagues de chaleur et les îlots de chaleur qui en découle, la diminution des jours de gel, les sécheresses ainsi que la diminution des précipitations solides (Ouranos, s.d.).

Premièrement, une exposition accrue aux îlots de chaleur découlant de l’augmentation des vagues de chaleur peut devenir néfaste pour la santé des populations plus vulnérables à ce phénomène climatique, tel que les enfants, les personnes âgées ou les personnes souffrantes de problèmes respiratoires, etc. (Cleland et al., 2023; Gouvernement du Canada, 2009). En effet, cet aléa rend ces personnes plus susceptibles de subir de l’épuisement par la chaleur ainsi que des coups de chaleur. D’ailleurs, plusieurs activités estivales extérieures y deviennent dangereuses. (Centre climatique des prairies, 2019c)

Puis, le phénomène de diminution des jours de gel est une autre conséquence de l'augmentation des températures annuelles moyennes. En effet, un lien causal existe entre cette variable, les précipitations ainsi que les inondations, puisque l'eau prend la forme solide lorsque la température chute dessous le point de congélation, ayant ainsi des répercussions sur le réseau hydrologique local. (Ouranos, s.d.).

Toutefois, une diminution du nombre de jours de gel annuel implique une légère diminution du cycle de gel/dégel (entre 5% et 15%). La dilatation de l'eau lorsqu'elle gèle peut provoquer des dommages aux infrastructures extérieures telles que les routes (nids de poule) ou les trottoirs. La diminution annuelle de ce phénomène implique donc une baisse de ce risque associé au système bâti (Centre climatique des prairies, 2019a; Ouranos, s.d.).

Aussi, les sécheresses sont un phénomène climatique pouvant causer de nombreux effets néfastes sur la santé humaine, sur les cultures agricoles, etc. Des études abordent notamment les effets sur les maladies respiratoires ainsi que la sécurité alimentaire, mais elles restent peu nombreuses. (Yusa et al. 2015) D'autres études avancent par exemple que les épisodes de sécheresse peuvent augmenter la vulnérabilité aux incendies de forêt, soit en accentuant leur fréquence et sévérité (Littell et al., 2016). Aussi, les longues périodes de sécheresse peuvent provoquer une limitation de l'eau disponible dans la nappe phréatique. Selon les projections stagnantes de la ville de Rigaud, il est peu probable que les conséquences liées à ce phénomène augmentent dans le futur rapproché.

Finalement, la diminution des précipitations solides est une conséquence directe de l'augmentation des températures moyennes annuelles. La faible neige est projetée d'augmenter le stress hydrique sur les écosystèmes de l'hémisphère nord dans les prochaines décennies. Également, cela inclut entre autres une diminution de la capacité isolante de la neige, protégeant les cultures du gel. (Diffenbaugh, 2013; GIEC, 2022) Cette variable peut donc devenir critique pour certains systèmes hydriques régionaux (Centre climatique des prairies, 2019c). De plus, il n'existe actuellement aucun consensus scientifique concernant les projections des événements de verglas. En effet, certains avis d'experts présents dans la littérature scientifique tendent vers l'augmentation, tandis que d'autres vers la diminution, ne pouvant aboutir à des conclusions fiables.

2.3 Précipitations

Résumé - Précipitations

Il y aura une **augmentation des précipitations totales à Rigaud**, cela occasionnera plusieurs aléas.

- 1 - On prévoit une augmentation de la fréquence et de l'intensité des **inondations éclair** et des **débordements de lit** en raison de l'augmentation des précipitations annuelles projetées. 1 – Il est projeté une augmentation de la fréquence et de l'intensité des **inondations éclair** et des **débordements de lit** en raison de l'augmentation des précipitations annuelles projetées.
- 2- Il est projeté une augmentation de l'intensité des précipitations. Par conséquent, même si la quantité totale de précipitations solides diminue, il est possible d'observer des **chutes de neige abondantes** pendant la période hivernale.
- 3- Le risque de **glissement de terrain** augmente lorsque les sols sont gorgés d'eau, donc une augmentation de l'intensité et de la fréquence accroît la probabilité.

Il existe un degré de confiance moyen quant à l'implication d'une influence d'origine humaine dans le changement des précipitations observées historique au Canada depuis 1950 (Bindoff et al., 2013; Bush et al., 2019). Les indices les plus probants en faveur de cette influence anthropique sur les précipitations mondiales proviennent principalement de l'accroissement des précipitations dans les régions des latitudes moyennes à élevées de l'hémisphère Nord (Wan et al., 2014).

Pour ce qui est des projections, l'augmentation des précipitations dans certaines régions est reliée aux changements climatiques (Collins et al., 2013). Dans l'ensemble, il semble que la contribution des variations naturelles internes du climat aux changements observés reste limitée. (Bush et al., 2019)

Dans cette section, nous examinerons l'historique et les prévisions relatives aux précipitations, tout en mettant en évidence les risques climatiques liés à ces précipitations pour la municipalité de Rigaud et la région de la Montérégie.

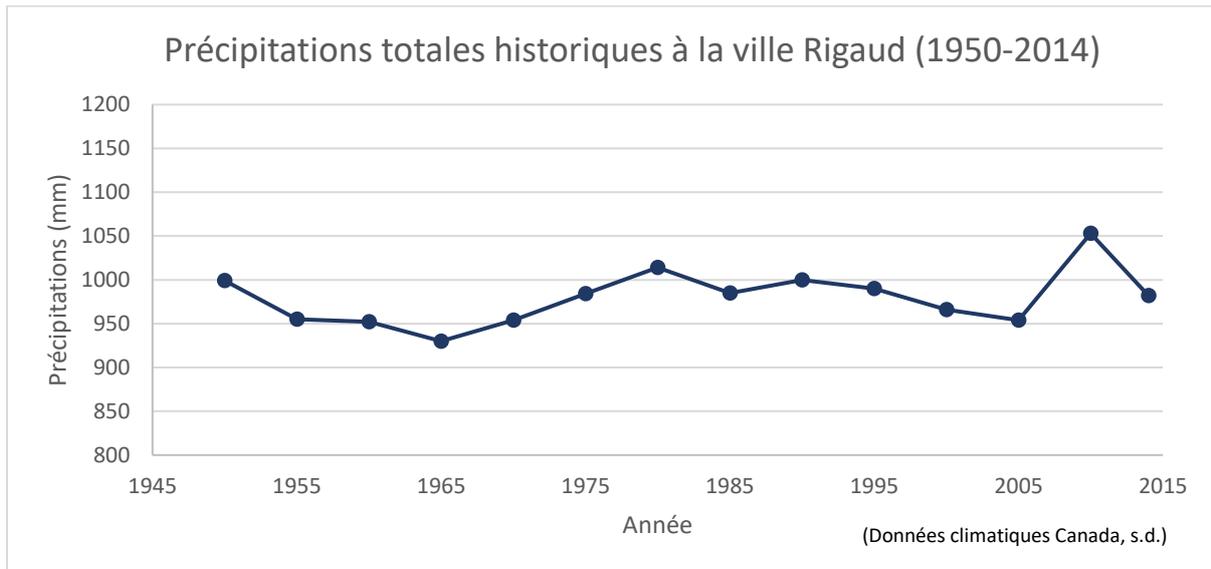


Figure 2.3.1 Précipitations totales historiques à la ville de Rigaud (1950-2014)

La Figure 2.3.1 présente l'évolution historique des précipitations totales à la ville de Rigaud entre 1950 et 2014. C'est-à-dire la quantité totale de précipitation annuelle, incluant la pluie et la neige combinées. Les données indiquent que, malgré certaines variations au fil des années, il n'y a pas de changement significatif dans les précipitations sur cette période.

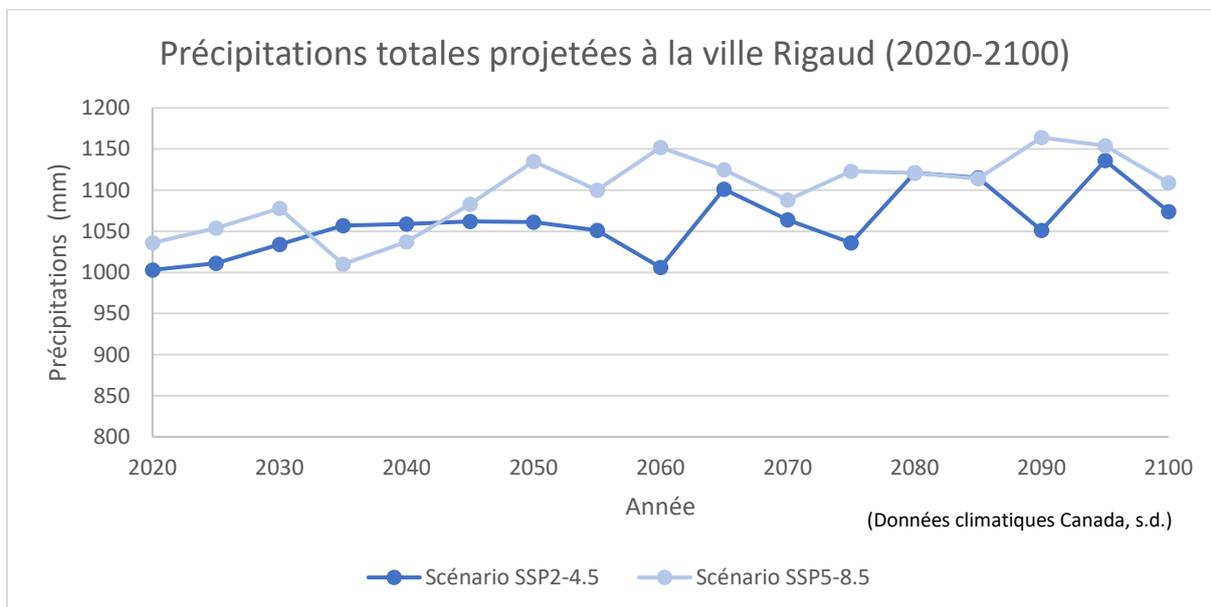


Figure 2.3.2 Précipitations totales projetées à la ville Rigaud (2020-2100)

La figure 2.3.2 présente la projection des précipitations totales projetées pour Rigaud entre 2020 et 2100. C'est-à-dire la quantité totale de précipitation annuelle, incluant la pluie et la neige combinées. Ces données montrent une tendance à l'augmentation des précipitations dans cette région. En

particulier, en se basant sur le scénario modéré SSP2-4.5, on observe une augmentation d'environ 71 mm entre l'année 2020 et l'horizon 2100. Pour le scénario SSP5-8.5, on prévoit une hausse de 73 mm, ce qui représente une augmentation d'environ 7% sur la même période.

2.3.2 Glissements de terrain

Définition : Un glissement de terrain est un phénomène géologique au cours duquel une masse de terre, de roches, de sable, ou de boue se détache et se déplace vers le bas le long d'une pente. Ce mouvement peut être déclenché par divers facteurs tels que des précipitations abondantes, des secousses sismiques, l'érosion, ou d'autres causes. (Ouranos, s.d.)

Comme illustré dans le tableau 1, quelques événements de glissements de terrain majeurs ont été observés sur le territoire de la ville de Rigaud. Le territoire est presque entièrement recouvert de sols propices aux glissements de terrain. Le risque de glissement de terrain est plus important lorsque les sols sont saturés en eau. En mai 2017, plus de 180 glissements de terrain avaient été signalés au ministère de la Sécurité publique du Québec, mais aucun glissement de terrain n'a eu de conséquence majeure sur les infrastructures de Rigaud. (Gachon et al, 2018). (Voir annexe 4 pour voir la Carte des dépôts meubles et argileux sensibles à l'érosion et aux glissements de terrain sur le territoire de la ville de Rigaud).

Parmi les séries de sols présentes à Rigaud, les sols Rideau sont particulièrement vulnérables à l'érosion et représentent un risque de glissement de terrain important. L'érosion qui s'effectue sur la surface de cette série de sols cause de graves dommages près des pentes. Ce phénomène se produit également sur la série des sols de Rigaud, où il y a une présence de particules fines d'argiles à la surface. Donc, l'érosion et le risque de glissements de terrain sur ces sols sont aussi importants sur la zone de Rigaud établie sur ces sols (Lajoie et Stobbe, 1951).

Les risques de glissements de terrain ont été cartographiés lors de la délimitation des contraintes d'aménagement de la ville de Rigaud par Service de géomatique MRC de Vaudreuil-Soulanges. Ces zones plus à risque sont présentes aux abords du mont Rigaud où les pentes sont plus escarpées ainsi qu'aux rives de la Rivière des Outaouais et de la Rivière Rigaud sur les séries de sols argileux du territoire (ville de Rigaud, 2015). (Voir annexe 5 pour la Carte des contraintes d'aménagement de Rigaud)

2.3.3 Pluies intenses et inondations

Définition : Les pluies intenses se réfèrent à des précipitations atmosphériques importantes qui surviennent sur une courte période. Les inondations sont des événements météorologiques ou hydrologiques au cours desquels des zones terrestres sont recouvertes d'eau, généralement en raison d'une augmentation soudaine du niveau des cours d'eau, de l'accumulation d'eau de pluie intense, de la fonte des neiges, ou d'autres facteurs. (GIEC, 2022)

En ce qui concerne les inondations, il est essentiel de faire la distinction entre les inondations causées par la montée des rivières ou des fleuves qui sortent de leur lit, et celles provoquées par des pluies intenses. Tout d'abord, ces « inondations éclair » surviennent brusquement lorsque les réseaux d'égouts pluviaux et les voies naturelles de drainage ne peuvent plus absorber l'eau. Selon les figures 2.3.3.1 et 2.3.3.2 il est possible de s'attendre à une augmentation des pluies intenses ce qui signifie que ce type d'inondation risque d'être plus fréquente. Ensuite, si l'on se réfère à la figure 2.3.3.4, il est possible que l'augmentation anticipée des précipitations ait pour conséquence d'accroître le débit des rivières à proximité de Rigaud, ce qui amplifierait le danger d'inondation, notamment dans les zones à risque présentées à l'annexe 6 (Géo-inondations, 2021; Ouranos, s.d.; Ouranos, 2020; Données climatiques Canada, s.d.; Données climatiques Canada, 2023)

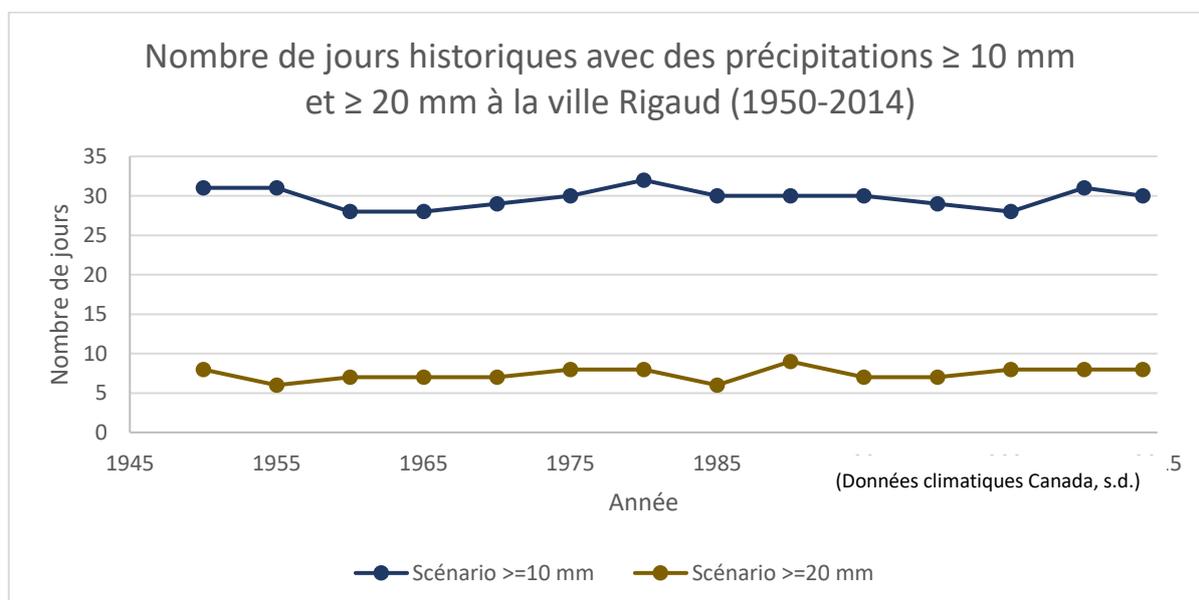


Figure 2.3.3.1 Nombre de jours historiques avec des précipitations ≥ 10 mm et ≥ 20 mm à la ville de Rigaud (1950-2014)

La Figure 2.3.2.3 présente l'évolution historique du nombre de jours avec des précipitations égales ou supérieures à 10 mm et 20 mm à la ville de Rigaud entre 1950 et 2014. C'est-à-dire le nombre de jours où il est tombé au moins 10 ou 20 mm de précipitations, incluant la pluie et la neige combinées. Les données révèlent qu'en dépit de certaines variations d'année en année, il n'y a pas eu de changement significatif dans le nombre de jours au cours de cette période.

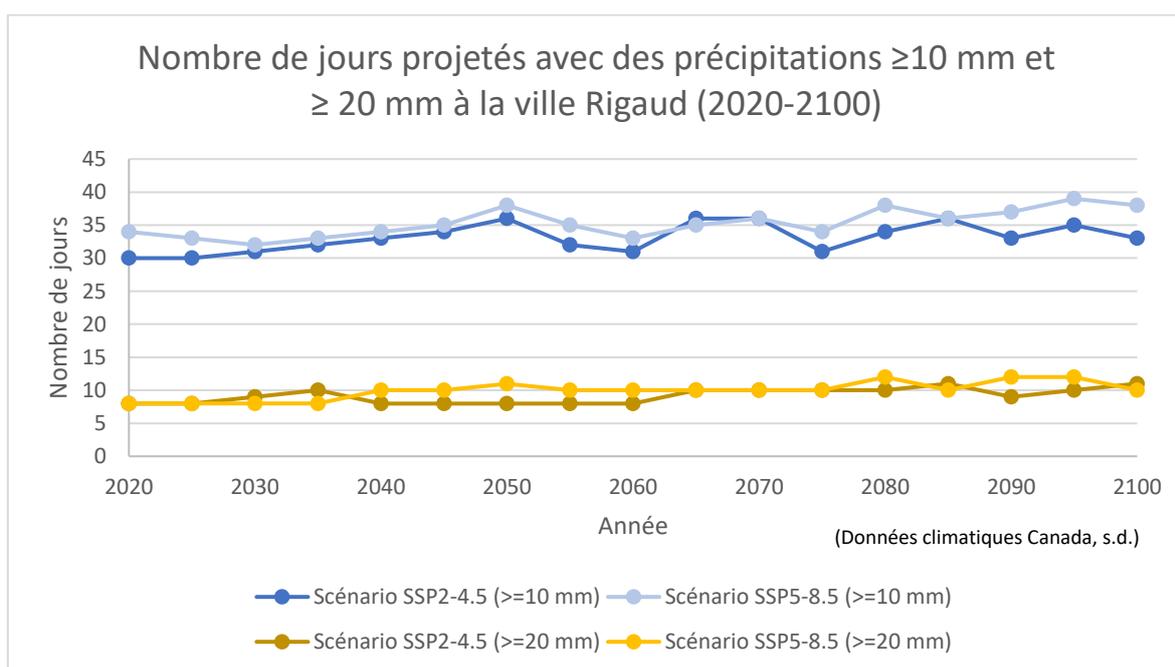


Figure 2.3.3.2 Nombre de jours projetés avec des précipitations ≥ 10 mm et ≥ 20 mm à la ville Rigaud (2020-2100)

La Figure 2.3.3.2 présente la projection du nombre de jours avec des précipitations égales ou supérieures à 10 mm et 20 mm à la ville de Rigaud entre 2020 et 2100. C'est-à-dire le nombre de jours où il est tombé au moins 10 ou 20 mm de précipitations, incluant la pluie et la neige combinées. Ces données montrent une tendance à l'augmentation de l'intensité des précipitations dans cette région. Plus précisément, en se basant sur le scénario modéré SSP2-4.5, on observe une augmentation d'environ 3 jours pour ≥ 10 mm et 4 jours pour ≥ 20 mm entre l'année 2020 et l'horizon 2100. Pour le scénario SSP5-8.5, on prévoit une hausse de 8 jours pour ≥ 10 mm et 2 jours pour ≥ 20 mm, ce qui représente une augmentation d'environ 26% et 25% respectivement sur la même période.

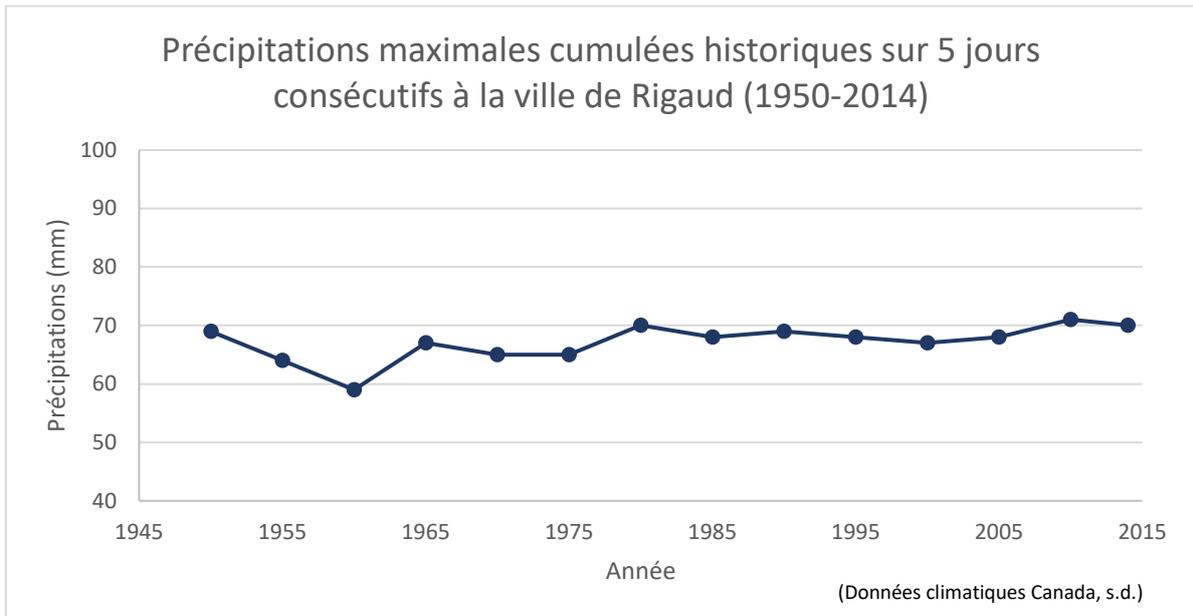


Figure 2.3.3.3 Précipitations maximales cumulées historiques sur 5 jours consécutifs à la ville de Rigaud (1950-2014)

La Figure 2.3.3.3 présente l'évolution historique des précipitations maximales cumulées historiques sur 5 jours consécutifs à la ville de Rigaud entre 1950 et 2014. C'est-à-dire, la plus grande quantité de précipitations, incluant la pluie et la neige combinées, sur 5 jours consécutifs. Les données révèlent qu'en dépit de certaines variations d'année en année, il n'y a pas eu de changement significatif au cours de cette période.

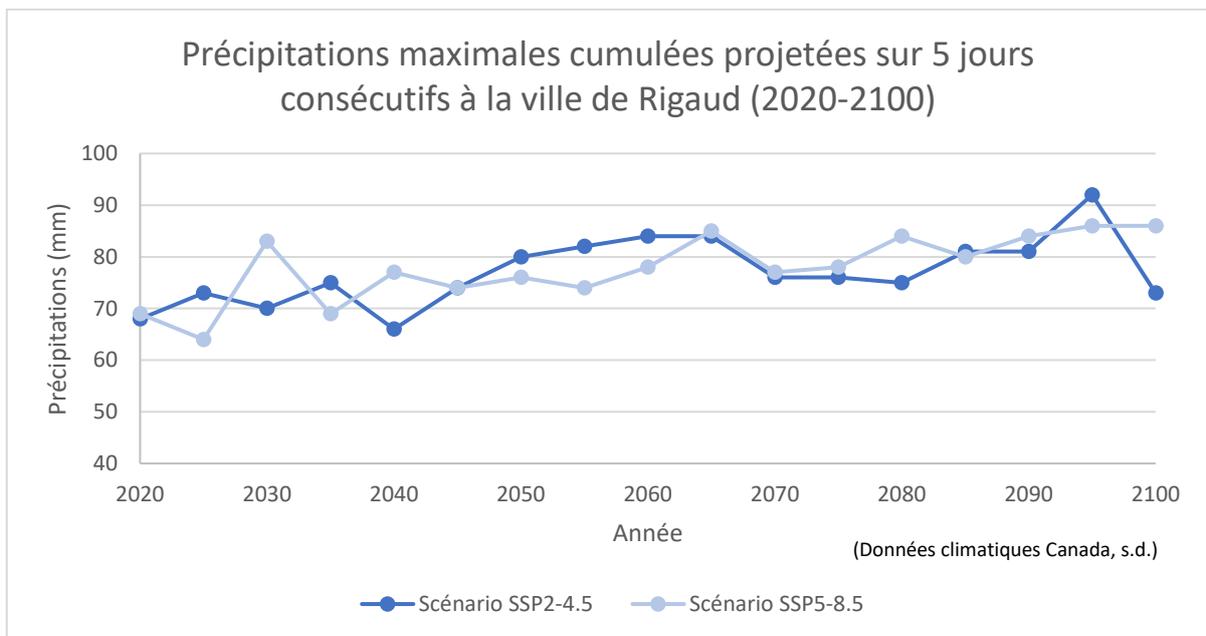


Figure 2.3.3.4 Précipitations maximales cumulées projetées sur 5 jours consécutifs à la ville de Rigaud (2020-2100)

La figure 2.3.3.4 présente la projection des précipitations maximales cumulées projetées sur 5 jours consécutifs à la ville de Rigaud entre 2020 et 2100. C'est-à-dire, la plus grande quantité de précipitations, incluant la pluie et la neige combinées, sur 5 jours consécutifs. Ces données montrent une tendance à l'augmentation de l'intensité des précipitations dans cette région. En particulier, en se basant sur le scénario modéré SSP2-4.5, on observe une augmentation d'environ 5 mm entre l'année 2020 et l'horizon 2100. Pour le scénario SSP5-8.5, on prévoit une hausse de 17 mm, ce qui représente une augmentation d'environ 24% sur la même période.

2.3.4 Neige abondante

Définition : La neige abondante fait référence à une accumulation significative de neige, généralement au sol, résultant de précipitations hivernales soutenues sur une courte période.

On prévoit une augmentation de l'intensité et de la quantité des précipitations. Par conséquent, même si la quantité totale de précipitations solides diminue, il est possible d'observer des chutes de neige abondantes pendant la période hivernale due à l'augmentation de l'intensité. En effet, la quantité de précipitations par événement devrait augmenter d'environ 10 % pour les chutes de neige et de 20 % pour les pluies hivernales. (Ouranos, s.d.; Ouranos, 2020; Données climatiques Canada, s.d.; Données climatiques Canada, 2023; Bush et al., 2019)

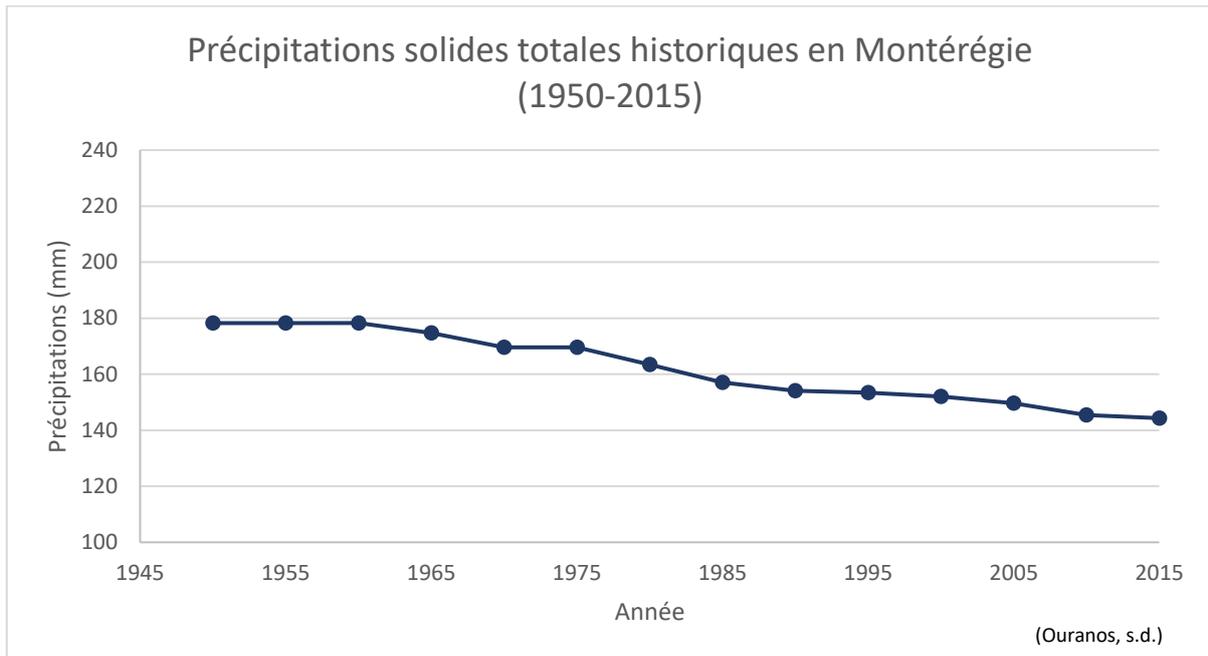


Figure 2.3.4.1 Précipitations solides totales historiques en Montérégie (1950-2015)

La figure 2.3.4.1 présente les précipitations solides totales historiques en Montérégie entre 1950 et 2015. La tendance est à la baisse avec une diminution d’environ 34 mm dans cet intervalle.

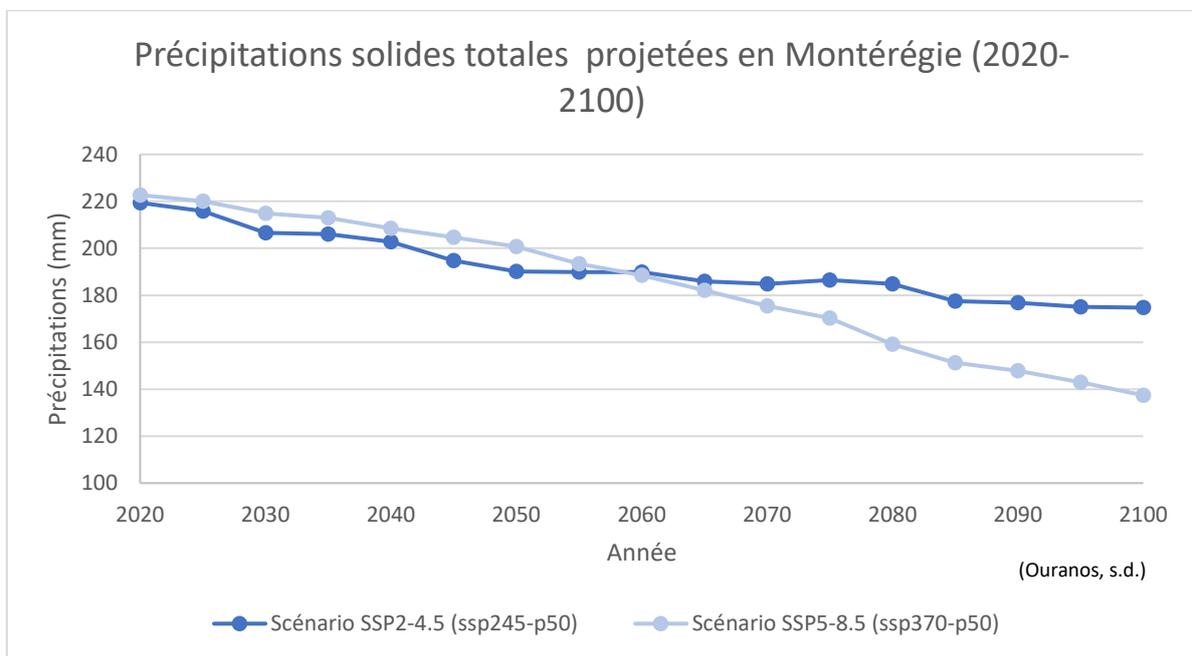


Figure 2.3.4.2 Précipitations solides totales projetées en Montérégie (2020-2100)

La figure 2.3.4.2 présente la projection des précipitations solides totales projetées pour Rigaud entre 2020 et 2100. Ces données montrent une diminution des précipitations solides dans cette région. En

particulier, en se basant sur le scénario modéré SSP2-4.5, on observe une diminution d'environ 45 mm entre l'année 2020 et l'horizon 2100. Pour le scénario SSP5-8.5, on prévoit une diminution de 85 mm.

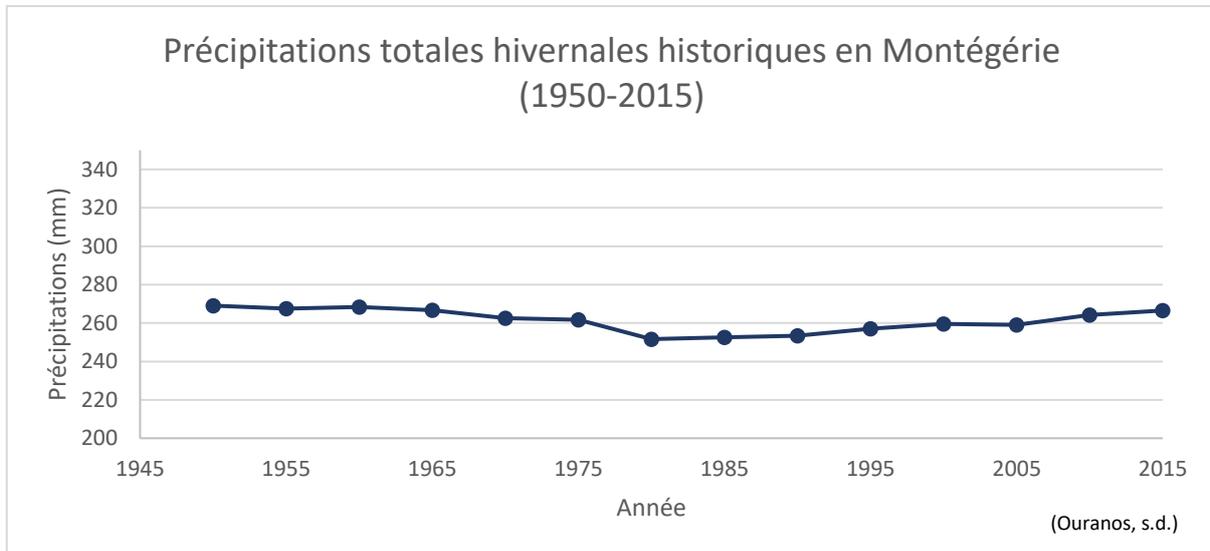


Figure 2.3.4.3 Précipitations totales hivernales historiques en Montégérie (1950-2015)

La Figure 2.3.4.3 présente l'évolution historique des précipitations totales hivernales historiques en Montégérie entre 1950 et 2014. C'est-à-dire la quantité totale de précipitation, incluant la pluie et la neige combinées lors de la saison hivernale qui comprend les mois de décembre, janvier et février. Les données indiquent que, bien qu'il y ait eu des variations d'année en année, aucun changement significatif n'a été observé sur la durée de cette période.

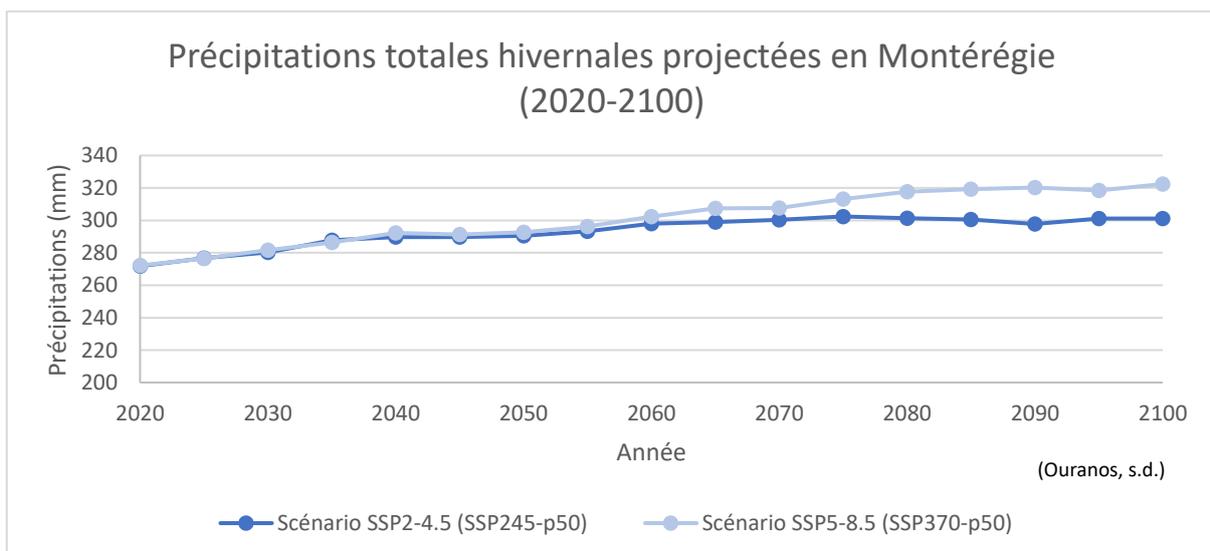


Figure 2.3.4.4 Précipitations totales hivernales projetées en Montégérie (2020-2100)

La figure 2.3.4.4 présente la projection des précipitations totales hivernales projetées pour la Montégérie entre 2020 et 2100. C'est-à-dire la quantité totale de précipitation, incluant la pluie et la

neige combinées lors de la saison hivernale qui comprend les mois de décembre, janvier et février. La saison hivernale analysée dans le cadre de cette section comprend les mois de décembre, janvier et février. Ces données montrent une tendance à l'augmentation des précipitations dans cette région. En particulier, en se basant sur le scénario modéré SSP2-4.5, on observe une augmentation d'environ 30 mm entre l'année 2020 et l'horizon 2100. Pour le scénario SSP5-8.5, on prévoit une hausse de 50 mm, ce qui représente une augmentation d'environ 18% sur la même période.

2.3.5 Impacts

Les principaux impacts de la hausse des précipitations sont en lien avec les aléas climatiques présentés plus haut. Notamment, il est question ici des glissements de terrain, de la neige abondante ainsi que de la pluie intense et des inondations.

Une accumulation excessive de neige, ne permettant pas un entretien rapide, peut avoir des conséquences sur les toitures et les structures en cas de chute de neige abondante. Cela peut également affecter la sécurité des routes et entraver les opérations de déneigement, entraînant des problèmes de mobilité (De Freitas et al., 1975).

Des pluies intenses peuvent provoquer des inondations, augmentant ainsi les risques pour la sécurité des personnes et des biens matériels. Elles peuvent également perturber le réseau de collecte des eaux pluviales et usées et affecter la sécurité sur les routes avec une accumulation d'eau sur les chaussées (Ouranos, s.d.).

Les glissements de terrain peuvent survenir subitement, mettant en danger la sécurité des personnes et des biens matériels, sans signe précurseur (Winter et al., 2016).

2.4 Séisme

Résumé - Séisme

La ville de Rigaud est située géographiquement dans la zone sismique de l'Ouest du Québec. Cette zone possède une activité sismique particulièrement élevée où un séisme est ressenti à chaque cinq jours. Toutefois, la magnitude de ces séismes est trop faible pour que ces derniers causent des dommages aux infrastructures à Rigaud.

La ville de Rigaud est sur le territoire de la zone sismique de l'ouest du Québec. Cette zone est dans la vallée de l'Outaouais située entre le Témiscamingue, Montréal et les Laurentides. Les régions urbaines de Montréal et d'Ottawa-Gatineau font partie de cette zone (ministère de la Sécurité publique du Québec, 2023). Les causes de l'activité sismique de cette région ne sont pas déterminées. En effet, la région se situe au sein d'une plaque tectonique stable. Contrairement aux zones situées aux extrémités des plaques tectoniques où la fréquence et l'ampleur des séismes sont directement liées aux mouvements de ces plaques. Or, les séismes ressentis près dans la zone sismique de l'ouest du Québec se produiraient dans les faiblesses de la croûte terrestre. On estime qu'un séisme se produirait chaque cinquième jour dans cette zone sismique. Dans l'est du Canada, on estime que sur un cycle de 10 ans, trois séismes dépassent la valeur de cinq sur l'échelle de Richter. Cette valeur représente le seuil pour qu'un séisme puisse endommager les infrastructures environnantes (Ressources Naturelles Canada a, 2021). (Voir annexe 7 pour la distribution des séismes sur la zone sismique de l'ouest du Québec)

Dans un rayon de 50 km de Rigaud, 96 séismes ont été recensés depuis 1986, soit le début de l'enregistrement de l'activité sismique de la région à l'étude. Aucun séisme n'excède une valeur de 3 sur l'échelle de Richter, ce qui représente le seuil où une personne pourrait ressentir le sol trembler dans une zone ayant une densité similaire à Rigaud (Séismes Canada, 2023).

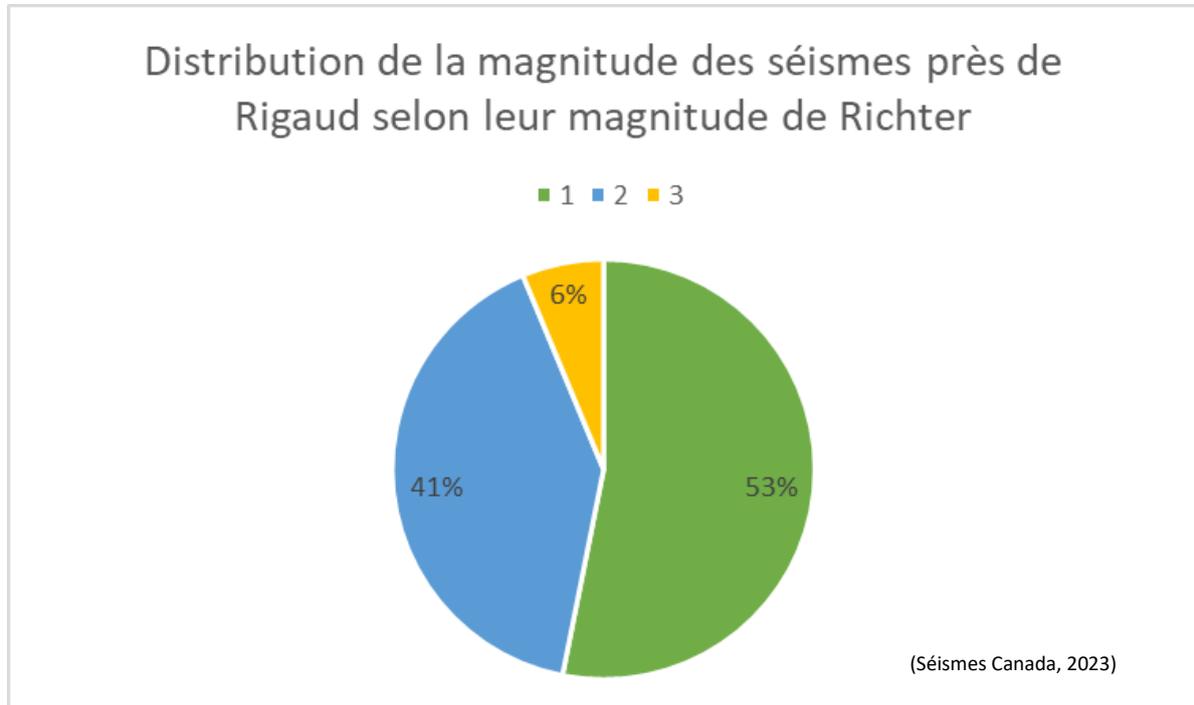


Figure 2.4.1 : Distribution de la magnitude des séismes près de Rigaud selon leur magnitude de Richter

Or, en se basant sur l'historique des séismes de la région, le risque sismique global est élevé en raison de la forte occurrence de séismes ressentis dans la zone sismique de l'ouest du Québec. Toutefois, la probabilité qu'un séisme puisse causer des dommages aux infrastructures municipales est faible puisqu'aucun séisme mesuré aux alentours de Rigaud n'a dépassé la valeur de 3 sur l'échelle de Richter depuis 1986 (Ressources Naturelles Canada b, 2021.) (voir annexe 8 pour la Carte de l'aléa sismique du Code national du bâtiment du Canada 2020, cette carte informe du risque sismique du Canada).

Il est à noter que les changements climatiques n'ont pas d'incidence sur l'occurrence des séismes. L'intégration des séismes a été effectuée à la demande de Rigaud dans le but d'explorer les méthodes d'adaptation de cet aléa (Buis, 2019).

2.5 Feux de forêt

Résumé – Feux de forêt

À Rigaud, les projections concernant la superficie annuelle brûlée par de grands feux ainsi que le nombre de grands feux annuels demeurent les mêmes d'ici 2100 peu importe le scénario d'émissions de GES. Toutefois, la ville peut subir des inconvénients liés à la fumée des feux de forêt ailleurs au Québec en raison des concentrations élevées de particules fines. La mauvaise qualité de l'air peut entraîner des effets néfastes sur la santé des personnes vulnérables.

Les changements climatiques entraîneront des effets importants sur les feux de forêt au Canada. Il est prévu que les changements climatiques augmenteront les trois principaux facteurs qui influencent les feux de forêt, soit la présence de combustible sèche, des éclairs et un temps sec et venteux. (Atlas Climatique, s.d.) La superficie annuelle des forêts brûlées et le nombre de feux supérieur à 200 hectares au Canada ne font qu'augmenter depuis le début des suivis de données en 1959, et selon les prévisions, la tendance continue d'augmenter. Dans la majorité des régions canadiennes, il est prévu que la superficie annuelle brûlée soit deux fois plus élevée et que le nombre de grands feux soit une fois et demie plus élevé d'ici 2100. Ces projections sont présentées dans les figures 2.5.1 et 2.5.2. (Gouvernement du Canada, 2020)

La figure 2.5.1 présente la superficie annuelle brûlée au cours de la période de référence, c'est-à-dire de 1981 à 2010, et projetée à court terme (2011-2040), à moyen terme (2041-2070) et à long terme (2071-2100), selon le scénario 2.6, qui correspond à réduction rapide des émissions de GES et pour le long terme (2071-2100), selon le scénario 8.5, qui fait référence à une augmentation continue des émissions de GES. La superficie annuelle brûlée correspond à la surface moyenne brûlée annuellement au Canada par des feux de plus de 200 hectares (ha). (Gouvernement du Canada, 2020)

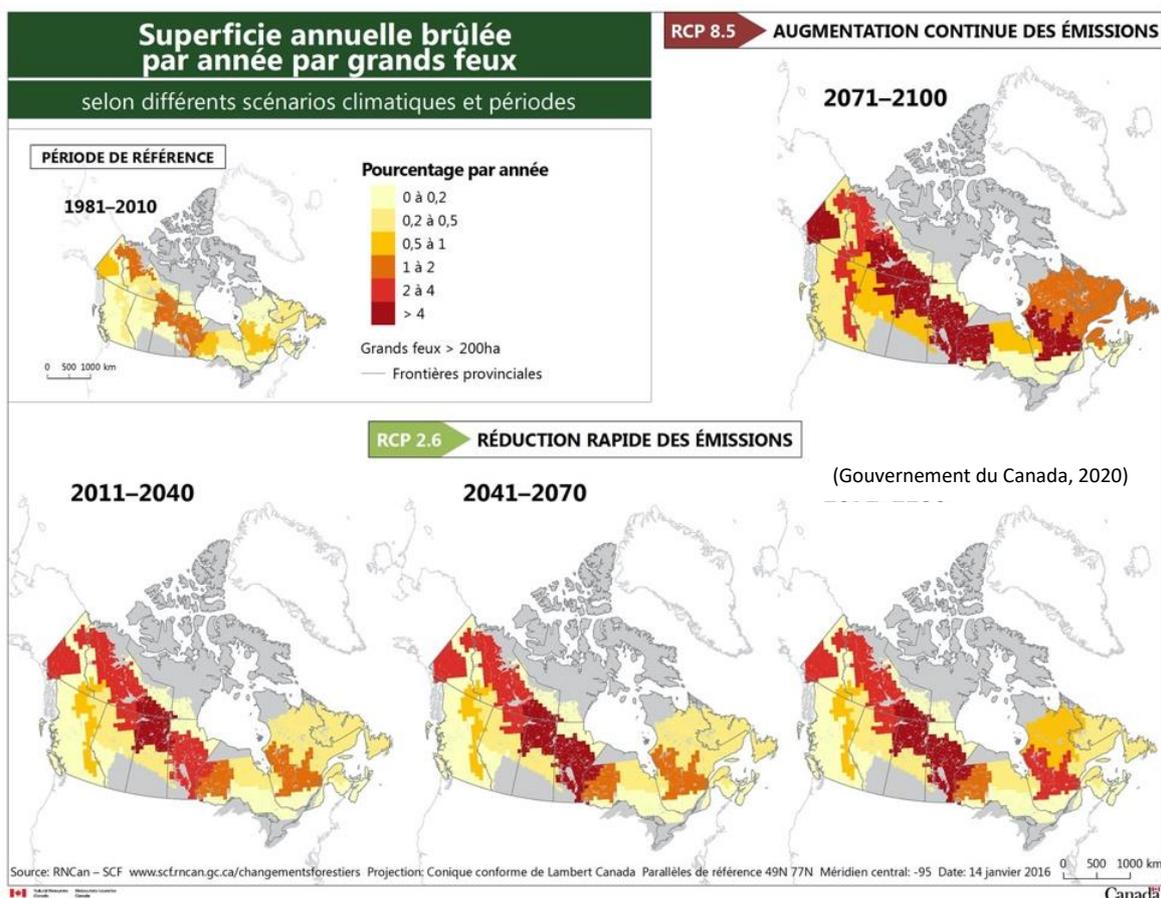


Figure 2.5.1 Superficie annuelle brûlée par année par de grands feux d'ici 2100 selon RCP 2,6 et RCP 8,5

Malgré une tendance générale à la hausse partout au Canada, il est possible de constater que pour les deux scénarios, c'est-à-dire pour une réduction rapide et une augmentation continue des émissions de GES, la superficie annuelle brûlée par de grands feux demeure la même à Rigaud, c'est-à-dire de 0 à 0,2%.

Ensuite, la figure 2.5.1 correspond au nombre de grands feux survenu au Canada (>200 ha) au cours de la période de référence, c'est-à-dire de 1981 à 2010, et projeté à court terme (2011-2040), à moyen

terme (2041-2070) et à long terme (2071-2100,) selon le scénario 2.6, qui correspond à une réduction rapide des émissions de GES et, pour le long terme (2071-2100), selon le RCP 8.5, qui fait référence à une augmentation continue des émissions de GES. Le nombre de grands feux résulte de la somme annuelle du nombre de feux de plus de 200 ha survenant par unité de 100 000 ha. (Gouvernement du Canada, 2020)

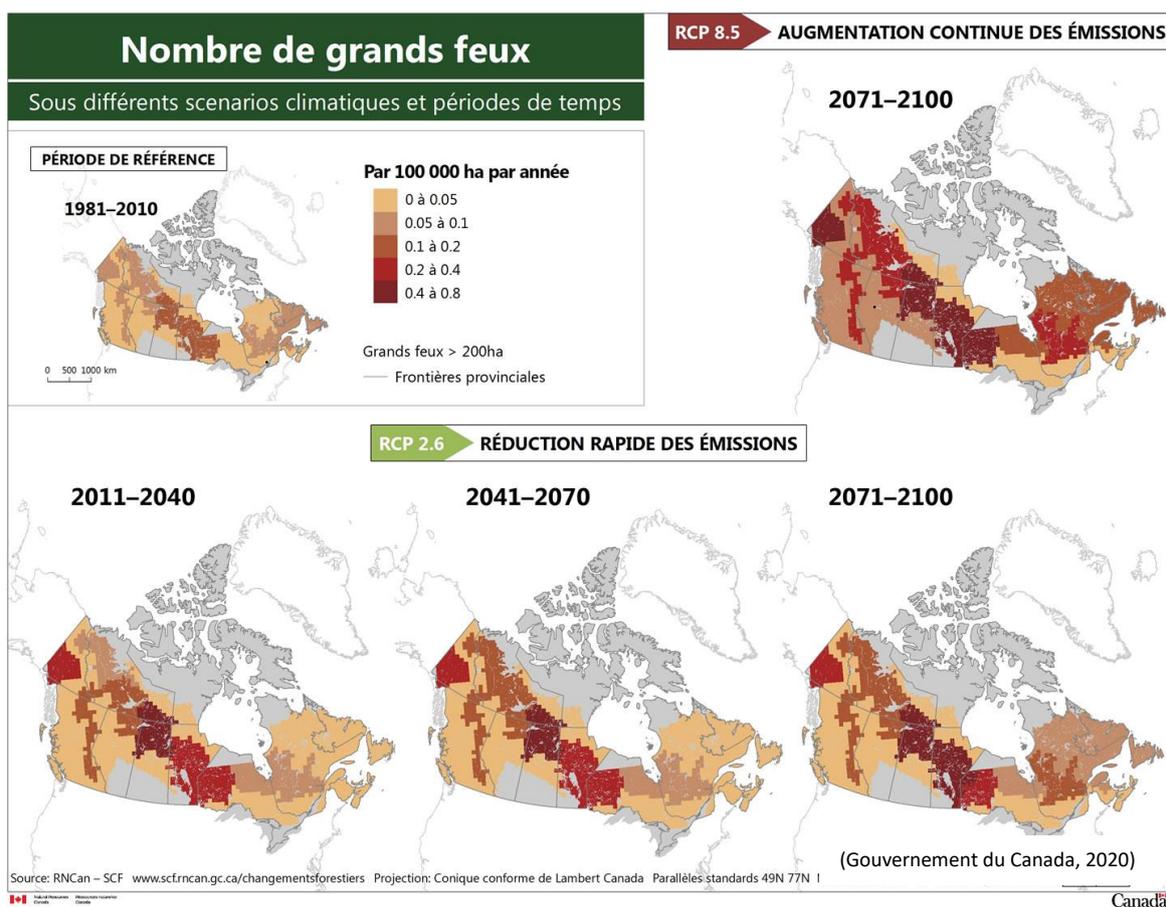


Figure 2.5.2 : Nombre de grands feux (>200 ha) d’ici 2100 selon RCP 2,6 et RCP 8,5

La figure 2.5.2 démontre que le nombre de grands feux à Rigaud, peu importe le scénario d’émissions, ne semble pas changer d’ici 2100. Le nombre de grands feux annuel par 100 000 ha demeure de 0 à 0,05.

2.5.1 Impacts

Bien que Rigaud ne semble pas affecter par l’augmentation de la superficie brûlée ou du nombre annuel de feux de forêt d’ici 2100, la ville subit tout de même des inconvénients liés à la fumée des feux de forêt. À l’été 2023, Environnement Canada a émis des avertissements de smog en précisant que des concentrations élevées de particules fines entraînent une mauvaise qualité de l’air, en raison

des feux de forêt au Québec (Pilon, 2023). La fumée des feux de forêt contient des polluants qui peuvent avoir des effets néfastes sur la santé. Ces effets sur la santé peuvent être amplifiés chez les personnes vulnérables tels que les personnes âgées, les enfants souffrant d’asthme ou de problèmes cardiaques. Voici un tableau qui résume les différents polluants potentiels associés aux feux de forêt et leurs effets sur la santé. (MELCCFP, 2023)

Tableau 2.5.1 : Effets de différents polluants associés aux émissions des feux de forêt

Polluant	Abréviation	Effets
Particules fines	PM _{2,5}	Peuvent affecter les systèmes respiratoire et cardiovasculaire (irritation, inflammation, arythmie, etc.) ¹ .
Carbone noir	BC	Peut affecter les systèmes respiratoire et cardiovasculaire, en plus d’être associé à certains cas de cancer ² .
Oxydes d’azote	NO _x	Peuvent causer de l’inflammation pulmonaire et augmenter certains symptômes respiratoires ¹ .
Monoxyde de carbone	CO	Peut causer des maux de tête, des étourdissements, des nausées, une aggravation des symptômes cardiaques et une baisse de la performance athlétique ¹ .
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	HAP	Certains HAP sont considérés comme mutagènes ou cancérigènes ³ .
Composés organiques volatils	COV	Peuvent causer une irritation des voies respiratoires, des maux de tête et des nausées. Certains COV sont aussi cancérigènes ⁴ .
Dioxines et furanes	PCDD/PCDF	Sont des cancérigènes probables ⁵ .
1- INSPQ 2- EPA – Black Carbon research 3- EPA – PAHs Factsheets		4- EPA - VOC 5- EPA – Dioxins and furans

(Tiré de : MELCCFP, 2023)

3. MATRICE D’ANALYSE DE RISQUES ET DE LA VULNÉRABILITÉ

Dans la présente section, la matrice ainsi que ces différentes composantes sont détaillées. De plus, la méthodologie est également décrite.

3.1 Méthodologie

Cette section explique les principaux paramètres méthodologiques employés en ce qui a trait à la sélection de l’outil d’analyse, aux ajustements apportés à ce dernier et à la conception des indicateurs de probabilité, gravité, capacité d’adaptation, vulnérabilité et risques.

3.1.1 L'outil d'analyse

La matrice des risques représente le résultat de l'analyse des risques climatologiques pour la ville de Rigaud selon les systèmes bâti, social et environnemental. La probabilité a été établie selon les recherches scientifiques effectuées afin d'établir le portrait climatique de la ville. Les résultats de gravité, quant à eux, ont été établis grâce à la littérature scientifique et en collaboration avec la ville de Rigaud. Enfin, la capacité d'adaptation a été établie par la ville de Rigaud. Les personnes suivantes ont été consultées :

- Gino Lalli, ing., M.Ing., chargé de projets aménagement et développement, ville de Rigaud.
- Claudy St-Onge, directrice adjointe par intérim, ville de Rigaud.

3.1.2 Probabilité

Définition : La probabilité (P) est la fréquence d'occurrence estimée d'un aléa climatique (Enviro-accès, 2013)

La méthodologie utilisée pour la probabilité est inspirée du Plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville de Sherbrooke (2013). Le pointage de 0 (faible probabilité) à 7 (forte probabilité) est déterminé à l'aide des recherches scientifiques et des projections climatiques répertoriées dans les sections précédentes. Voici un tableau présentant les critères déterminant les pointages.

Tableau 3.1.2.1 : Échelle de probabilité

Pointage	Définition
0	Négligeable ou non applicable (0 fois en 100 ans).
1	Peu probable ou improbable (1 fois dans 100 ans).
2	Lointaine (2 à 5 fois dans 100 ans).
3	Occasionnelle (10 fois dans 100 ans).
4	Modérée ou possible (tous les 5 ans).
5	Souvent (tous les 2 ans).
6	Très probable (à chaque année).
7	Certaine ou hautement probable (plus d'une fois par année).

Le pointage obtenu pour en fonction de l'aléa climatique est le même pour l'ensemble des variables des différents systèmes composant la matrice (bâti, social, environnemental), puisque le portrait climatique est une variable indépendante.

3.1.3 Gravité

Définition : La gravité fait référence à l'ampleur de l'impact négatif des différents aléas sur les divers systèmes, soit bâti, social et environnemental (Enviro-accès, 2013)

La méthodologie utilisée pour la gravité est inspirée du Plan d’adaptation aux changements climatiques de la ville de Sherbrooke (Enviro-accès, 2013). L’échelle de gravité est également estimée sur une échelle de 0% (faible) à 70% (forte). Les résultats ont été établis par les membres de l’équipe avec les connaissances acquises lors des recherches scientifiques et des discussions. Le tableau suivant présente les définitions pour chacun de ces pointages.

Tableau 3.1.3.1 : Échelle de gravité

Pointage	Définition
0	Négligeable ou non applicable, peu ou pas de coût, peu ou pas d’impact opérationnel, pas élevé dans la priorité des citoyens.
1	Impact très faible, rare ou improbable, coûts faibles, faible impact opérationnel, faible importance dans les priorités des citoyens.
2	Impact faible ou marginal, coûts faibles à moyens prévus au budget, faible impact opérationnel, visibilité, mais faible importance dans les priorités des citoyens.
3	Impact occasionnel réversible, coûts moyens prévus au budget, impact opérationnel gérable, visibilité (couverture de presse locale), dans les priorités moyennes des citoyens.
4	Impact modéré réversible, coûts moyens prévus au budget, impact opérationnel significatif (réorganisation temporaire), visibilité (couverture de presse locale), dans les priorités moyennes des citoyens.
5	Impact significatif, très probable et régulier, mais réversible, coût moyen à élevé avec impact sur budget (redistribution ou révision), impact opérationnel important, visibilité certaine (couverture de presse régionale), dans les priorités moyennes à élevés des citoyens.
6	Impact majeur, critique, possiblement irréversible, coûts élevés et non prévus au budget, impact opérationnel très important, visibilité certaine (couverture de presse nationale), dans les priorités élevées des citoyens.
7	Impact et pertes extrêmes, possiblement irréversibles, coûts élevés et non prévus au budget, deviennent la priorité opérationnelle, visibilité (couverture de presse nationale), dans les priorités élevées des citoyens.

3.1.4 Capacité d’adaptation

Définition : La capacité d’adaptation (C) est la « faculté d’ajustement des systèmes, des institutions, des êtres humains et d’autres organismes leur permettant de se prémunir contre d’éventuels dommages, de tirer parti des possibilités ou de réagir aux conséquences » (GIEC, 2018).

La méthodologie utilisée pour la capacité d’adaptation est inspirée du Plan d’adaptation aux changements climatiques de la ville de Sherbrooke (Enviro-accès, 2013). Elle est estimée en % de la gravité (G) sur une échelle de 0% (aucune) à 70% (en place et structurée, usage fréquent de méthodes d’adaptation). Le tableau suivant présente les définitions pour chacun de ces pointages :

Tableau 3.1.4.1 : Capacité de réagir

Note (%)	Capacité de réagir
0	Aucune
10	Très faible ou limitée, recours à support externe, jamais utilisée
20	Très faible ou limitée, à l'interne, jamais utilisée
30	Faible et peu organisée ou structurée
40	En place et structurée, mais peu/pas utilisée
50	En place et structurée, utilisée à l'occasion
60	En place et structurée, preuve de fonctionnalité faite
70	En place et structurée, usage fréquent, moyen optimisé

Les résultats des variables dans les différents systèmes ont été introduits dans la matrice par la ville de Rigaud, puisqu'elle est détentrice de ce savoir. L'équipe d'étudiants a également analysé les pourcentages proposés par la ville, concluant une concordance adéquate avec la littérature scientifique. Après consultation avec la ville, l'équipe a réajusté quelques pourcentages significatifs dans la matrice.

3.1.5 Vulnérabilité

Définition : La vulnérabilité est décrite par le GIEC (2018) comme étant la « propension ou prédisposition à subir des dommages. La notion de vulnérabilité englobe divers concepts et éléments, tels que la sensibilité ou la fragilité et l'incapacité de faire face et de s'adapter. »

La vulnérabilité (V) dans la matrice est établie selon la simple équation suivante :

$$V = G - C$$

Donc, la vulnérabilité est égale à la gravité moins la capacité d'adaptation. Ensuite, cette variable palliée à la probabilité d'occurrence permettra d'obtenir le risque pour la ville de Rigaud.

3.1.6 Risque

Le risque est également défini selon le GIEC (2018) :

« Dans le contexte de l'évaluation des effets des changements climatiques, le terme risque fait souvent référence aux conséquences néfastes éventuelles d'aléas d'origine climatique ou des interventions d'adaptation ou d'atténuation mises en œuvre pour faire face à de tels aléas sur la vie, la santé et le bien-être des personnes, les moyens de subsistance, les écosystèmes et les espèces, les biens

économiques, sociaux et culturels, les services (y compris les services écosystémiques) et les éléments d'infrastructure. »

Il est déterminé à l'aide de l'interaction entre la probabilité d'occurrence (P) et la vulnérabilité (V). L'équation suivante permet d'établir le portrait :

$$R = P \cdot V$$

Donc, le risque est la probabilité d'occurrence (P) multipliée par la vulnérabilité (V).

Le risque est ensuite établi pour chacune des variables des différents systèmes selon le pointage obtenu. Ce pointage est divisé en 3 catégories, soit un risque faible, moyen, moyen-élevé ou élevé selon les seuils suivants :

Seuil	Risque
<19	Faible
20-25	Moyen
25-30	Moyen-élevé
>30	Élevé

3.2 Portée de la matrice

La matrice prend en compte plusieurs sous-systèmes qui ne sont pas sous la responsabilité de la ville de Rigaud. Par exemple, les terres agricoles du territoire sont des terrains privés qui appartiennent strictement aux agriculteurs. Les services de gestion de matières résiduelles sont offerts par la MRC de Vaudreuil-Soulanges. De plus, les infrastructures d'approvisionnement en électricité et de télécommunications n'appartiennent pas à la ville malgré leur position sur le territoire de Rigaud. Aussi, les ponts sont la propriété du ministère des Transports du Québec, ce qui réduit également la capacité d'agir de la ville par rapport à ces composantes de la matrice. Toutefois, ces éléments sont maintenus dans l'appréciation des risques, l'analyse des risques, ainsi que les recommandations. Effectivement, la population rigaudienne est tout autant affectée par les changements climatiques même si les éléments à risques sont présentement hors de portée de la ville. Dans une optique de gouvernance et de pérennité, la réglementation est sujette à des changements à travers le temps, de même que la possession des propriétés. Il est possible que la ville de Rigaud prenne possession des terrains agricoles dans le futur ou qu'elle finisse par hériter de la responsabilité des ponts par exemple.

Or, des opportunités de collaboration pour augmenter la résilience de Rigaud peuvent également se tracer à la suite de ces analyses (avec Hydro-Québec ou les entreprises de télécommunication par exemple). Alors, pour ces raisons, la présence de ces éléments dans les parties suivantes du plan d'adaptation aux changements climatiques est justifiée.

3.3 Glossaire de la matrice des risques

(Définitions tirées majoritairement du Plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville de Trois-Rivières créé par SNC Lavalin en 2013)

Activités sociales, culturelles et sportives : Activités intérieures ou extérieures de nature sociale, culturelle ou sportive dont la faisabilité et/ou les bénéfices peuvent être significativement réduits par des conditions climatiques difficiles.

Capacité d'adaptation : La capacité d'adaptation (C) est la « faculté d'ajustement des systèmes, des institutions, des êtres humains et d'autres organismes leur permettant de se prémunir contre d'éventuels dommages, de tirer parti des possibilités ou de réagir aux conséquences » (GIEC, 2018).

Capacité de la chaussée : Capacité de la chaussée de permettre une circulation sécuritaire et efficace des véhicules motorisés, piétons et autres moyens de transport employant habituellement celle-ci.

Capacité de la station de pompage (réseau de collecte des eaux pluviales et usées) : Décrit la capacité de la station de pompage d'acheminer efficacement les eaux usées à l'usine de traitement.

Capacité de la station de pompage (système d'approvisionnement en eau) : Capacité de la station de pompage de pomper les quantités nécessaires d'eau avec les ressources humaines, physiques et monétaires habituelles.

Capacité de la station de purification de l'eau : Capacité de la station de purification de l'eau de produire les quantités nécessaires d'eau potable avec les ressources humaines, physiques et monétaires habituelles.

Capacité des services de collecte de gestion des matières résiduelles : Capacité des services municipaux d'offrir le système de collecte et gestion de matières résiduelles.

Capacité des services de déneigement : Capacité des services municipaux à offrir le service de déneigement et de disposition de la neige sur le territoire sans importuner les activités de transport sur le territoire.

Capacité des services d'urgences : Capacité des services d'urgences de répondre aux demandes de la population.

Capacité des stations de traitement des eaux usées : Décrit la capacité, en aval, du système de collecte des eaux pluviales et usées de procéder au traitement efficace des charges hydriques sans déversements ou utilisation des ouvrages de surverse.

Capacité des toits : Capacité des toitures de résister aux facteurs climatiques décrits. L'échelle de gravité prend en compte la possibilité que la capacité des toits soit simplement excédée (menant à un bris) ou qu'une plus grande charge d'entretien soit nécessaire (déneigement fréquent, usure anormale, etc.)

Capacité du réseau de collecte : Décrit la capacité, en amont, du système de collecte des eaux pluviales et usées de procéder à l'acheminement efficace et sans refoulements des charges hydriques jusqu'à l'usine de traitement des eaux usées.

Capacité du système de puits : Capacité des systèmes de puits de fournir une quantité habituelle d'eau potable.

Conception structurale : Capacité des structures de résister aux facteurs climatiques décrits. L'échelle de gravité prend en compte la possibilité que la conception s'avère inadéquate et ne résiste pas ou qu'une plus grande charge d'entretien soit nécessaire.

Croissance/récoltes : Vitesse et amplitude de croissance et qualité des récoltes.

Disponibilité en eau potable : Découlant des éléments précédents, décrit la disponibilité de l'eau potable en quantité suffisante à ce qu'un rationnement ne soit pas nécessaire d'une quelconque façon que ce soit.

Enveloppe thermique de climatisation : Décrit la capacité d'un lieu de conserver une température adéquate (en deçà de 25 degrés Celsius) grâce à son enveloppe thermique et son système de climatisation.

Érosion des berges : Recul des délimitations des berges par rapport au scénario de référence.

Faible neige : Faibles précipitations solides pour les jours où la moyenne de température est sous 0 degré Celsius (Ouranos, s.d.).

Glissement de terrain : Glissements de terrain et affaissements sur les bandes riveraines ou autres dénivellations.

Gravité : La gravité fait référence à l'ampleur de l'impact négatif des différents aléas sur les divers systèmes, soit bâti, social et environnemental (Enviro-accès, 2013).

Infrastructures d'alimentation électriques : Capacité des infrastructures d'alimentation électrique présentes sur le territoire de la municipalité de transmettre sans interruption et avec une charge d'entretien normal l'électricité aux demeures, bâtiments et infrastructures.

Infrastructures de télécommunications : Capacité des infrastructures de télécommunications présentes sur le territoire de la municipalité d'assurer, sans interruption et avec une charge d'entretien normal, les communications intra et intermunicipales.

Inondation : Les inondations sont des événements météorologiques ou hydrologiques au cours desquels des zones terrestres sont recouvertes d'eau, généralement en raison d'une augmentation soudaine du niveau des cours d'eau, de l'accumulation d'eau de pluie intense, de la fonte des neiges, ou d'autres facteurs. (GIEC, 2022)

Insectes nuisibles : Infestations dépassant les amplitudes normales.

Isolement social : Caractérise les difficultés pour la population (et en particulier les personnes âgées et/ou à mobilité réduite) de bénéficier du support des services non essentiels qui sont réputés influencer leur bien-être.

Journée chaude : Une journée chaude est répertoriée dans le cas de cette étude lorsque la température maximale journalière est supérieure à 30 degrés Celsius (Données climatiques Canada, s.d.).

Mobilité de la population : Capacité des citoyens de se déplacer à leur guise en employant leurs propres moyens (motorisés ou non) et/ou le transport en commun.

Morbidité : Par rapport au scénario de référence, l'occurrence supplémentaire de maladies directement ou indirectement liées aux conditions météorologiques.

Mortalité : Par rapport au scénario de référence, l'occurrence supplémentaire de décès reliés directement ou indirectement aux conditions météorologiques.

Neige abondante : La neige abondante fait référence à une accumulation significative de neige, généralement au sol, résultant de précipitations hivernales soutenues sur une courte période (Ouranos, s.d.).

Période de repos des terres pendant l'hiver : Régénération des terres en minéraux et nutriments par rapport au scénario de référence.

Pluie intense : Les pluies intenses se réfèrent à des précipitations atmosphériques importantes qui surviennent sur une courte période (GIEC, 2022).

Ponts : Aisance d'usage des ponts, intégrité physique et, à l'extrême, possibilité d'utilisation.

Préparation des terres et semences : Capacité des agriculteurs de préparer adéquatement leurs terres et d'ensemencer de façon efficace.

Probabilité : La probabilité (P) est la fréquence d'occurrence estimée d'un aléa climatique (Environnement Canada, 2013).

Risque : Le potentiel de conséquences néfastes lorsqu'un élément de valeur est en jeu et lorsque la survenance et le degré d'un résultat sont incertains. Dans le contexte de l'évaluation des impacts climatiques, le terme risque est souvent utilisé pour désigner les conséquences néfastes potentielles d'un aléa lié au climat, ou de réponses d'adaptation ou d'atténuation à un tel aléa, sur les vies, les moyens de subsistance, la santé et le bien-être. — l'être, les écosystèmes et les espèces, les actifs économiques, sociaux et culturels, les services (y compris les services écosystémiques) et les infrastructures Le risque résulte de l'interaction de la vulnérabilité (du système affecté), de son exposition au fil du temps (au danger), ainsi que du danger (lié au climat) et de la probabilité de son apparition.

Santé de la faune : Capacité de la faune de pourvoir adéquatement à ses besoins vitaux durant toute l'année.

Santé de la flore : Santé des végétaux par rapport au scénario de référence.

Stress social et mental : Charge de stress supplémentaire associée directement ou indirectement aux événements climatiques.

Vague de chaleur : Une vague de chaleur est lorsqu'il y a une succession de journées chaudes pour plus de 3 jours consécutifs (Ouranos, s.d.).

Voie de circulation : Aisance d'usage d'une voie de circulation (indépendante de la condition physique de la chaussée, qui est dans ce cas réputée correcte).

Vulnérabilité : La prédisposition à être affecté négativement. La vulnérabilité englobe plusieurs éléments, notamment la sensibilité ou la susceptibilité aux dommages et le manque de capacité à faire face aux conséquences et s'adapter.

3.4 Matrice d'analyse de risques

MATRICE D'ANALYSE DE RISQUES		Augmentation des températures										Augmentation des précipitations														
		Vague de chaleur					Faible neige					Pluies intenses					Inondations					Neige abondante				
		P	G	C	V	R	P	G	C	V	R	P	G	C	V	R	P	G	C	V	R	P	G	C	V	R
Système bâti																										
1.1	Immeubles																									
	Capacité des toits	7	0	0	0	0	5	0	0	0	0	6	3	0	0	18	5	0	0	0	0	5	5	60	3	10
	Conception structurale	7	0	0	0	0	5	0	0	0	0	6	3	0	0	18	5	7	0	0	35	5	2	10	0.2	9
	Enveloppe thermique de climatisation	7	5	30	1.5	24.5	5	0	0	0	0	6	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
1.2	Infrastructures de transport																									
	Capacité de la chaussée	7	0	20	0	0	5	0	40	0	0	6	6	10	0.6	32.4	5	5	40	2	15	5	5	60	3	10
	Voie de circulation	7	0	0	0	0	5	0	0	0	0	6	6	10	0.6	32.4	5	5	10	0.5	22.5	5	5	60	3	10
	Ponts (ex: pont Rigaud-De Cavagnal)	7	0	0	0	0	5	0	40	0	0	6	5	10	0.5	27	5	0	10	0	0	5	5	60	3	10
1.3	Système d'approvisionnement en eau																									
	Capacité de la station de purification de l'eau	7	1	40	0.4	4.2	5	0	0	0	0	6	5	60	3	12	5	6	0	0	30	5	0	0	0	0
	Capacité de la station de pompage	7	0	50	0	0	5	0	0	0	0	6	3	40	1.2	10.8	5	6	0	0	30	5	0	0	0	0

	Disponibilité en eau potable	7	3	70	2.1	6.3	5	0	0	0	0	0	6	2	0	0	12	5	6	40	2.4	18	5	0	0	0	0
	Capacité du système de puits	7	3	50	1.5	10.5	5	5	0	0	0	25	6	2	40	0.8	7.2	5	6	0	0	30	5	0	0	0	0
1.4	Réseau de collecte des eaux pluviales et usées																										
	Capacité des stations de traitement des eaux usées	7	2	0	0	14	5	0	0	0	0	0	6	3	0	0	18	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	Capacité de la station de pompage	7	2	50	1	7	5	0	0	0	0	0	6	6	40	2.4	21.6	5	6	0	0	30	5	0	0	0	0
	Capacité du réseau de collecte	7	2	0	0	14	5	0	0	0	0	0	6	6	0	0	36	5	6	0	0	30	5	0	0	0	0
1.5	Réseau d'approvisionnement en électricité																										
	Infrastructures d'alimentation électriques	7	3	0	0	21	5	0	0	0	0	0	6	1	0	0	6	5	6	0	0	30	5	3	0	0	15
	Infrastructures de télécommunications	7	2	0	0	14	5	0	0	0	0	0	6	1	0	0	6	5	4	0	0	20	5	0	0	0	0
Système social																											
2.1	Services municipaux																										
	Capacité des services de déneigement	7	0	0	0	0	5	0	60	0	0	0	6	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	4	60	2.4	8
	Capacité des services de collecte de gestion des matières résiduelles	7	3	0	0	21	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	5	6	0	0	30	5	3	0	0	15
	Capacité des services d'urgences	7	5	60	3	14	5	0	60	0	0	0	6	5	60	3	12	5	6	60	3.6	12	5	4	60	2.4	8

3.5 Faits saillants des résultats d'analyse des risques

Le tableau suivant présente les faits saillants des risques climatiques de la ville, classé selon les risques élevés ou moyens. L'analyse des résultats de ces risques est présentée à la section 4.

Tableau 3.5.1 : Faits saillants des résultats de l'analyse des risques

Risque	Aléa climatique	Sous- système
Risques élevés	Pluies intenses	Capacité de la chaussée
		Voie de circulation
		Capacité du réseau de collecte
		Préparation des terres et semences
	Inondations	Conception structurale
Risques moyens- élevés (entre 30 et 25)	Vagues de chaleur	Mortalité
	Faible neige	Capacité du système de puits
		Période de repos des terres pendant l'hiver
	Pluies intenses	Pont
		Croissance/récoltes
		Érosion des berges
	Inondations	Capacité de la station de purification de l'eau
		Capacité de la station de pompage
		Capacité du système de puits
		Capacité du réseau de collecte
		Capacité des services de collecte de gestion des matières résiduelles
		Préparation des terres et semences
		Croissance/récoltes
Neige abondante	Mobilité de la population	

4. APPRÉCIATION DES RISQUES

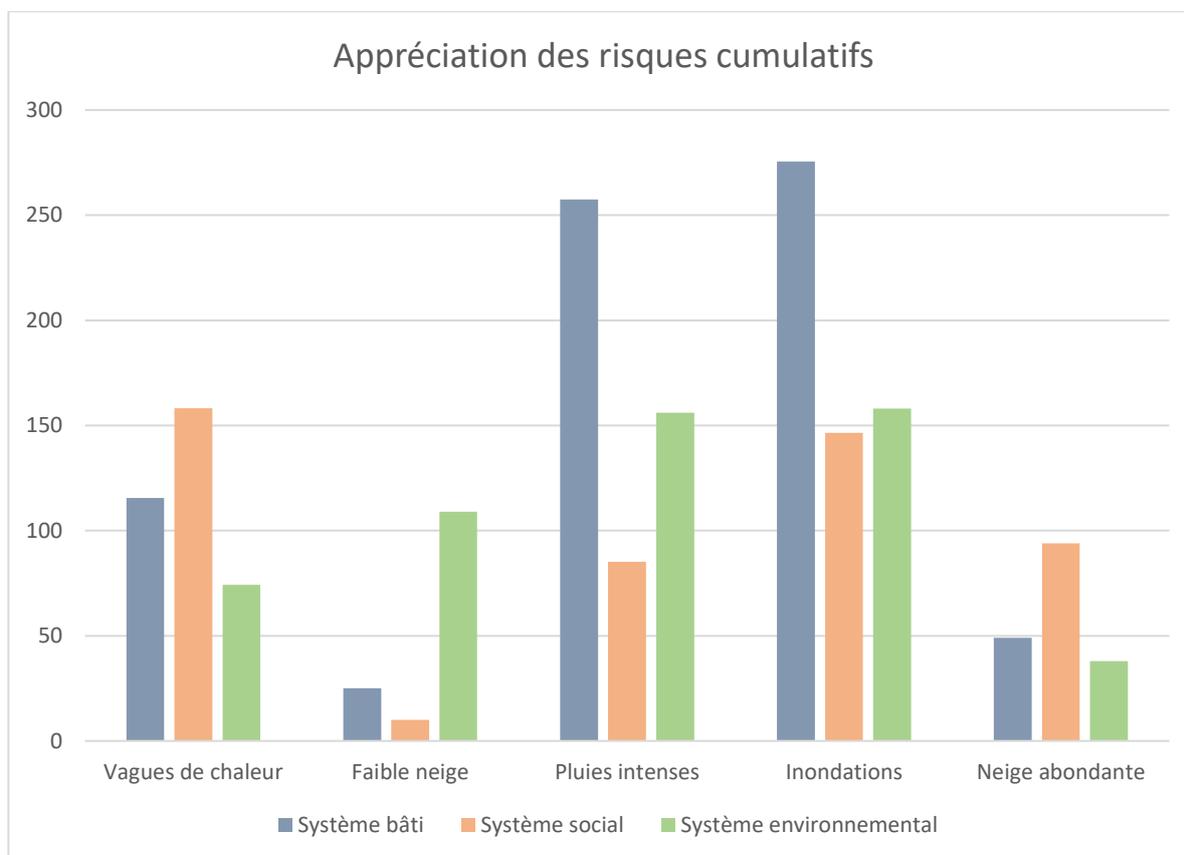


Figure 4.0.1 Appréciation des risques climatiques cumulatifs à Rigaud

L'appréciation des risques a comme principal objectif d'élever les impacts potentiels des changements climatiques sur la population de Rigaud. La figure 4.0.1 illustre la somme des risques climatiques sur les différents systèmes de la ville de Rigaud. La matrice de risque montre que l'augmentation de l'intensité des précipitations, de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur entraînera des conséquences importantes sur les systèmes évalués.

4.1 Vagues de chaleur

Comme il a été observé dans le portrait climatique de la ville de Rigaud, les vagues de chaleur sont projetées à devenir plus courantes. On estime que l'occurrence de cet aléa sera d'occurrence annuelle sera de 1,5 vague de chaleur en 2050 et entre 3 et 5 vagues de chaleur en 2100. Cette probabilité d'occurrence élevée justifie la valeur de 7/7 attribués à la probabilité dans la matrice.

Tableau 4.1.1 Sommaire des impacts des vagues de chaleur sur les différents systèmes

Système	Sous-système	Impact
Bâti	Immeubles	Les vagues de chaleur entraîneront une pression sur le système de climatisation, occasionnant une augmentation de la consommation d'électricité. Cela accentue également la vulnérabilité des populations sensibles ne disposant pas de méthodes efficaces pour se rafraîchir.
	Réseau d'approvisionnement en électricité	L'augmentation de l'utilisation des climatiseurs et d'appareils électriques peut compliquer la gestion du réseau électrique et engendrer une surcharge du réseau ainsi que des pannes d'électricité. Cela augmente également les coûts de consommation d'électricité.
Social	Services municipaux	Les vagues de chaleur compromettent la capacité de collecte et de gestion des déchets, accentuant les désagréments liés aux mauvaises odeurs et favorisant la multiplication des mouches.
	Santé publique	Les risques de mortalité augmentent lors des vagues de chaleur. Les populations sensibles à cet aléa telles que les personnes âgées, les personnes atteintes de maladies respiratoires ou cardiovasculaires, ainsi que les travailleurs extérieurs s'exposent à des problèmes de santé graves.
	Qualité de vie	Le risque d'isolement social est anticipé, car la chaleur intense incite la population à rester à l'intérieur durant les vagues de chaleur plutôt que de participer aux activités sociales extérieures.
Environnemental	Agriculture	Les vagues de chaleur affectent la disponibilité en eau pour les écosystèmes, contraignant certaines espèces fauniques et floristiques à modifier leurs habitudes alimentaires et leur mode de vie pour s'adapter.
	Faune et flore	Les températures chaudes créent des conditions favorables pour la prolifération d'insectes ravageurs, impactant la santé des forêts et la productivité des récoltes.

4.1.1 Impacts système bâti

Aucun impact à risque élevé n'est répertorié sur le système bâti. Les vagues de chaleur ne causent pas de risque important sur les infrastructures. Toutefois, les vagues de chaleur entraîneront quelques risques moyens sur le système bâti tel que l'enveloppe de climatisation des immeubles et le système d'approvisionnement en électricité. En effet, certains bâtiments possèdent une capacité d'isolation moindre et cela peut augmenter les pressions sur le système de climatisation. Également, une mauvaise isolation peut réduire la capacité du système de climatisation à fournir de l'air frais. (INSPQ, 2005). Aussi, la climatisation consomme de l'électricité. Donc, l'augmentation de l'utilisation des climatiseurs peut compliquer la gestion du réseau électrique et engendrer des coûts significatifs en

consommation d'électricité (Gouvernement du Canada, 2018). La surcharge du réseau ainsi que les pannes d'électricité engendrent des risques pour la population de Rigaud, particulièrement auprès des services de santé à Rigaud, les services d'urgences et les entreprises. (Gouvernement du Canada, 2018).

4.1.2 Impacts système social

Les vagues de chaleur présentent des risques significatifs pour le système social de Rigaud, en particulier au niveau des services municipaux. Plus précisément, au niveau de la gestion des matières résiduelles. Les vagues de chaleur compromettent la capacité de collecte et de gestion des déchets, accentuant les désagréments liés aux mauvaises odeurs et favorisant la multiplication des mouches (Gouvernement du Canada, 2013). Par conséquent, en raison de ces nuisances, il est probable que la demande de services augmente, entraînant une nécessité d'accroître la fréquence des collectes. Cela impliquerait un renforcement des opérations logistiques avec l'utilisation de davantage de camions et de personnel.

Ensuite, l'accroissement de la fréquence des vagues de chaleur engendre plusieurs risques liés à la santé publique. Plus spécifiquement, des risques sont observés en termes de morbidité, de mortalité, ainsi que pour le stress mental et social, ainsi que l'isolement social. Les populations sensibles à la chaleur, telles que les personnes âgées, celles atteintes de maladies respiratoires ou cardiovasculaires, les travailleurs extérieurs, etc., réagissent de manière importante aux vagues de chaleur. Ainsi, des problèmes de santé à long terme sont à anticiper pour certains, notamment des coups de chaleur, l'aggravation des maladies chroniques respiratoires et vasculaires, ainsi que des malaises accentués par la déshydratation (Kenny et al., 2018). De plus, la chaleur peut influencer la santé mentale et la dynamique communautaire. Une augmentation des cas de troubles de l'humeur, de troubles anxieux, de démence, et de détresse psychologique a été observée durant les vagues de chaleur. L'impact de la chaleur sur les interactions sociales peut se traduire par une augmentation de l'irritabilité et de l'agression. Les périodes de chaleur sont associées à une hausse de la violence familiale et des crimes violents (Anderson, 2001; Löhms, 2018). Enfin, le risque d'isolement social est anticipé, car la chaleur intense incite la population à rester à l'intérieur durant les vagues de chaleur plutôt que de participer aux activités sociales extérieures.

4.1.3 Impacts système environnemental

Les vagues de chaleur résultant de la hausse de la température moyenne peuvent provoquer des changements dans le système environnemental. Premièrement, la hausse de température peut

influencer la disponibilité en eau pour les écosystèmes, obligeant certaines espèces fauniques et floristiques à modifier leur alimentation et leur train de vie afin de s’y adapter. Par exemple, pour les plantes, cela implique une altération possible de leur croissance (GIEC, 2022). Aussi, l’évaporation peut provoquer le phénomène de sécheresse pour certains plans d’eau ainsi que compromettre le rendement agricole. De plus, l’augmentation de la durée de la période chaude procure une fenêtre supplémentaire pour la prolifération d’insectes nuisibles (ravageurs) pouvant impacter la santé des forêts ainsi que la productivité des récoltes (GIEC, 2022).

4.2 Faible neige

La baisse des précipitations solides est étroitement liée à l’élévation des températures décrite dans le portrait climatique. Ce phénomène se traduira par une réduction de l’accumulation de neige au sol. La valeur de 5/7 pour la probabilité d’occurrence a été accordée, ce qui correspond à une fréquence d’aléa bisannuelle.

Tableau 4.2.1 Sommaire des impacts de la faible neige sur les différents systèmes

Système	Sous-système	Impact
Bâti	Système d’approvisionnement en eau	Une recharge de la nappe phréatique déficiente vu l’importance de l’eau de fonte des neiges pour la quantité et qualité des eaux souterraines.
Environnemental	Agriculture	Augmenter le potentiel d’érosion des champs durant la période hivernale.
	Stabilité des sols	Augmenter le potentiel d’érosion des berges durant la période hivernale.

4.2.1 Impacts système bâti

Les faibles accumulations de neige au sol peuvent entraîner une recharge de la nappe phréatique déficiente vu l’importance de l’eau de fonte des neiges pour la quantité et qualité des eaux souterraines (Nygren et al., 2020).

4.2.2 Impacts système social

Elle peut également rendre certaines activités hivernales plus complexes, entraînant ainsi une légère détérioration de la qualité de vie des citoyens.

4.2.3 Impacts système environnemental

La faible accumulation de neige au sol a des effets significatifs sur les écosystèmes, augmentant le potentiel d’érosion des berges et des champs durant la période hivernale. Un plus faible couvert de

neige expose davantage les berges aux forts vents, lesquels s'érodent ainsi plus rapidement (Yang et al., 2022). Une augmentation de l'érosion des champs diminue leur capacité de production agricole (Montgomery et al., 2007). Un plus faible couvert de neige lors de la période hivernale fragilise aussi la santé de certaines espèces végétales qui survivent grâce à la protection offerte par le couvert de neige contre le gel impactant de même la faune (Contosta et al., 2019).

4.3 Pluies intenses

Les projections climatiques indiquent que les jours de pluies intenses seront plus fréquents et que la quantité de précipitations augmentera également. Ainsi, la valeur de 6/7 a été attribuée pour la probabilité d'occurrence de cet aléa.

Tableau 4.3.1 Sommaire des impacts des pluies intenses sur les différents systèmes

Système	Sous-système	Impact
Bâti	Infrastructures de transport	Les pluies torrentielles augmentent le risque de dommages aux infrastructures routières de Rigaud. Des routes endommagées entraîneraient des dangers pour la sécurité des conducteurs et des coûts financiers accrus liés à l'entretien.
		La capacité de la voie chaussée serait fortement compromise, même si les routes sont en bon état. Cela entraînerait une réduction de la facilité d'utilisation des routes, accentuant les risques pour les usagers.
	Réseau de collecte des eaux pluviales et usées	Les risques sont majeurs concernant la capacité des stations de pompage et du réseau de collecte d'eau. Une surcharge due à des pluies intenses pourrait entraîner des refoulements, provoquant des inondations et endommageant rapidement les conduites d'égouts.
Social	Services municipaux	Les épisodes de pluies diluviennes entraînent une augmentation significative des appels aux services d'urgence. Les travailleurs sont confrontés à une charge de travail supplémentaire, ce qui peut compromettre leur efficacité. La probabilité d'appels non prioritaires augmente pendant ces périodes, contribuant à la surcharge des services d'urgences.
Environnemental	Stabilité des sols	Les pluies diluviennes augmentent le risque d'érosion des berges, entraînant un écoulement accru d'eau sur les sols. Cet écoulement transporte des particules de sol vers les cours d'eau, avec des conséquences néfastes sur la qualité environnementale et la diffusion de contaminants dans l'écosystème.
	Agricultures	Les pluies intenses peuvent retarder les périodes de semis, forcer la réapplication de semences, et entraver divers travaux agricoles tels que la récolte. Ces contraintes opérationnelles ont un impact direct sur la productivité des exploitations agricoles.

4.3.1 Impacts système bâti

Les pluies diluviennes causeront des risques significatifs sur le système bâti. Les principaux éléments de la ville de Rigaud qui seront affectés sont les infrastructures routières et le réseau de collecte des eaux pluviales et usées. Les infrastructures routières de Rigaud seront plus à risques de dommages causés par les pluies torrentielles. Dans le cas où les routes seraient en mauvais état, le risque pour la sécurité des conducteurs et les risques financiers quant à l'entretien de la voirie seront plus importants. De plus, les risques liés à la capacité de la voie chaussée seront élevés, ce qui signifie que la facilité d'utilisation des routes, et ce, supposée en bon état, sera réduite (SNC Lavalin, 2013). En ce qui concerne le réseau de collecte des eaux pluviales et usées, les principaux risques à prendre en considération seront au niveau de la capacité des stations de pompage et de la capacité du réseau de collecte d'eau. Ces éléments font référence à la capacité d'opérer ces segments adéquatement dans l'éventualité d'épisodes de pluies intenses. Les conséquences que cet aléa pourrait causer sur ces réseaux seraient dû à la sollicitation accrue de ces infrastructures dû à une quantité d'eau supérieure à la quantité d'eau qu'elles peuvent supporter. Donc, cela causerait des refoulements qui créeront des inondations tout en endommageant plus rapidement les conduites d'égouts (Ville de Montréal, 2017). Alors, les impacts à anticiper seront au niveau de l'entretien plus fréquent de ces infrastructures dû aux pluies qui dégraderont les rues et le réseau d'égouts et de collecte des eaux ainsi qu'au niveau de la sécurité de la population de Rigaud sur la voirie.

4.3.2 Impacts système social

Le système social est moins à risque par rapport aux pluies intenses. Le principal risque concerne les services d'urgences. De manière générale, les services d'urgences reçoivent plus d'appels et les travailleurs sont assujettis à une charge de travail supplémentaire lors d'épisodes de pluies diluviennes. De plus, les services d'urgences sont plus susceptibles de recevoir des appels non prioritaires, ce qui augmente la charge de travail des personnes œuvrant dans ce domaine. Les travailleurs des services d'urgences doivent également intervenir plus fréquemment durant ces aléas pour gérer la circulation routière, bris d'infrastructures, détresse psychologique de la population et autres. Donc, les services d'urgences risquent d'être moins efficaces durant les périodes de pluies intenses (SNC Lavalin, 2013).

4.3.3 Impacts système environnemental

Plusieurs risques sur le système environnemental sont à prévoir en raison des pluies intenses. Les principaux éléments affectés sont l'agriculture et la stabilité des sols. En effet, l'agriculture est plus à risque face aux pluies intenses puisque cet aléa a un impact important sur les semis et

l'ensemencement des champs. Les pluies intenses peuvent repousser la période de semis et parfois forcer les agriculteurs à remettre des semences sur leurs terres en raison du lessivage et de l'érosion des terres agricoles. Également, les périodes de pluies intenses peuvent empêcher certains travaux dans les champs, tels que la récolte (Enviro-accès, 2013). Bien que la ville de Rigaud ne gère pas directement les terres agricoles, les agriculteurs rigaudiens s'exposent à des pertes financières importantes. À un niveau macro, cet aléa sur les opérations agricoles québécoises peuvent éroder la sécurité alimentaire du territoire. La stabilité des sols sera impactée par les pluies diluviennes puisque celles-ci vont augmenter le risque d'érosion des berges. L'augmentation de l'intensité de la pluie va causer un écoulement de l'eau plus important sur les sols. Cet écoulement va transporter les particules de sols vers les cours d'eau. L'érosion a des conséquences importantes sur l'environnement, notamment au niveau de la qualité de l'eau et la diffusion de contaminants dans l'écosystème (Environnement et Changements climatiques Canada, 2016).

4.4 Inondations

Les inondations sont des aléas qui ont causé beaucoup de dommages aux infrastructures sur le territoire de la ville de Rigaud. Les projections climatiques par rapport aux inondations estiment également une augmentation des phénomènes de crues printanières et d'inondations causées par le ruissellement excessif des précipitations. La valeur de 5/7 pour la probabilité d'occurrence a été accordée, ce qui correspond à une fréquence d'aléa bisannuelle.

Tableau 4.4.1 Sommaire des impacts des inondations sur les différents systèmes

Système	Sous-système	Impact
Bâti	Immeubles	Les inondations entraînent une dégradation des structures, notamment lorsque les sous-sols des résidences sont inondés. Cette situation peut causer des dommages importants aux bâtiments, mettant en péril l'intégrité de la conception structurale.
	Infrastructures de transport	Les voies de circulation sont directement affectées par les inondations, nécessitant leur fermeture pendant ces périodes. Les inondations du printemps 2023 ont déjà entraîné la submersion de plusieurs chemins, entraînant des fermetures temporaires pour éviter des problèmes liés au moteur des véhicules.
	Système d'approvisionnement en eau	De manière analogue à la description antérieure, les risques majeurs liés aux inondations se concentrent sur la capacité des stations de pompage et du réseau de collecte d'eau. Une surcharge résultant de pluies intenses pourrait déclencher des refoulements, induisant des inondations et accélérant les dommages aux conduites d'égouts.
	Réseau de collecte des eaux pluviales et usées	Les inondations augmentent le risque de dysfonctionnement du réseau de collecte des eaux pluviales et usées. Les conduites d'égouts peuvent être endommagées, entraînant des risques de contamination

		des eaux usées. Les inondations peuvent provoquer des refoulements, conduisant à des inondations et à des déversements d'eaux usées dans l'environnement.
	Réseau d'approvisionnement en électricité	Les infrastructures d'alimentation en électricité sont vulnérables aux inondations, pouvant endommager le réseau de commodités souterraines, y compris l'électricité. Cela représente un risque majeur pour la continuité des services essentiels.
Social	Services municipaux	Lors des inondations, la circulation est limitée et les services de collecte des matières résiduelles sont fortement impactés. L'inaccessibilité des résidences en raison des chemins inondés crée un risque sanitaire, compromettant la gestion adéquate des déchets.
	Santé publique	Les inondations génèrent un stress social et mental significatif. Les pertes matérielles importantes pendant ces événements extrêmes peuvent provoquer des épisodes de détresse psychologique dans la population. De plus, les inondations, en tant que situations d'urgence, contribuent au stress mental général de la population.
	Qualité de vie	Les inondations posent un risque pour la mobilité de la population, notamment si les chemins sont inondés, entraînant l'isolement des habitants. Cette situation accroît le risque d'isolement, entravant la libre circulation des individus.
Environnemental	Stabilité des sols	Les inondations compromettent la stabilité des sols, augmentant le risque de glissements de terrain. Les crues printanières de 2019 dans le sud du Québec ont rapporté environ 50 glissements de terrain, soulignant la sévérité de ces événements. De plus, l'érosion des berges se produit lors des inondations, avec un ruissellement excessif transportant des particules de sols depuis la rivière.
	Agriculture	Les inondations, tout comme les pluies intenses, exercent des pressions sur l'agriculture. La période d'ensemencement des champs est compromise, entravant les pratiques agricoles. Les champs inondés présentent des obstacles majeurs pour les opérations agricoles telles que la récolte et la croissance naturelle des végétaux.

4.4.1 Impacts système bâti

Le risque des inondations sur le système bâti est le plus important de la ville de Rigaud. Les principaux éléments affectés sont la conception structurale, la voirie, les composantes du système d'approvisionnement en eau et du réseau de collecte des eaux pluviales et usées ainsi que les infrastructures d'alimentation en électricité. Les impacts sur la conception structurale reflètent de la dégradation des structures durant les inondations. Par exemple, si les sous-sols de plusieurs résidences s'inondent, cela va causer des dommages aux bâtiments (SNC Lavalin, 2013). Les voies de circulation sont affectées par les inondations puisqu'elles doivent être fermées lors des inondations. Lors des inondations du printemps 2023, plusieurs chemins étaient submergés et fermés pour éviter des dommages aux moteurs des véhicules (Ville de Rigaud, 2023). Pour ce qui est des systèmes d'approvisionnement en eau, les inondations engendrent des risques significatifs pour la qualité de

l'eau souterraine, exposant cette ressource à une possible contamination provenant à la fois des eaux de surface et des installations septiques situées à proximité (Services de Sécurité Incendie de Montréal, s.d). Ensuite, le réseau de collecte des eaux pluviales est assujéti à des risques similaires aux risques illustrés dans la section 4.3.1. Dans le cas des infrastructures d'alimentation en électricité, celles-ci peuvent endommager le réseau de commodités souterraines, dont l'électricité (Ville de Montréal, 2017).

4.4.2 Impacts système social

Les principaux risques liés aux inondations à Rigaud sont par rapport aux services de collecte de gestion des matières résiduelles, le stress social et mental de la population ainsi que la mobilité de la population. Durant des événements d'inondations qui limitent l'accès à la circulation, les impacts sur les services de collecte et de gestion des matières résiduelles seront impactés. Si les véhicules qui ramassent les matières résiduelles n'ont pas accès aux résidences puisque les chemins sont inondés, cela crée un risque sanitaire. Similairement, la mobilité de la population est à risque si les chemins sont inondés et que la population est isolée. Les inondations augmentent le risque d'isolation à ce sens. Les inondations créent également du stress social et mental. La population assujéti à des pertes matérielles importantes lors de ces événements météorologiques extrêmes peut causer des épisodes de détresse psychologiques (Ville de Montréal, 2017). Également, les inondations sont des situations urgentes qui peuvent engendrer du stress à la population assujéti (Enviro-accès, 2013).

4.4.3 Impacts système environnemental

Les risques appréhendés les plus importants sur le système environnemental sont par rapport aux inondations. Tout comme les pluies intenses, les principales composantes affectées par les inondations sont l'agriculture et la stabilité des sols. La période d'ensemencement des champs peut être compromise si les terres agricoles sont inondées. Dans le même ordre d'idées, les champs inondés empêchent les opérations agricoles comme la récolte et la croissance naturelle des végétaux. Enfin, la stabilité des sols est compromise lors des inondations. Durant les crues printanières du sud du Québec de 2019, environ 50 glissements de terrain avaient été rapportés (La Presse Canadienne, 27 avril 2019). De plus, l'érosion des berges s'effectue lors des inondations. Le ruissellement excessif de l'eau et l'eau de la rivière qui sort de son lit transportent les particules de sols.

4.5 Neige abondante

Comme présenté dans le portrait climatique, malgré une diminution des quantités de précipitations solides, une augmentation de l'intensité des chutes de neige est prévue. En effet, la quantité de

précipitations par événement devrait augmenter d'environ 10 % pour les chutes de neige. Une probabilité d'occurrence de 5/7 a donc été attribuée.

Tableau 4.5.1 Sommaire des impacts de la neige abondante sur les différents systèmes

Système	Sous-système	Impact
Social	Qualité de vie	Les neiges abondantes peuvent entraîner une circulation routière difficile et restreindre la mobilité de la population.

4.5.1 Impacts système bâti

Très peu d'impacts sont anticipés face aux neiges abondantes à Rigaud. En ce qui concerne le système bâti, aucun risque élevé ou moyen n'a été identifié en raison de la capacité d'adaptation élevée de la ville. Bien que les risques soient tous faibles, quelques systèmes peuvent tout de même être impactés, notamment la capacité des toits. Ces derniers peuvent être plus à risque vis-à-vis l'accumulation rapide de neige, pouvant entraîner un risque d'affaissement et d'effondrement, ce qui pourrait nécessiter un entretien de déneigement plus fréquent (Régie du bâtiment du Québec, 2023). La capacité de la chaussée, les voies de circulation ainsi que les ponts sont également des éléments du sous-système « infrastructure et transport » qui peuvent être affectés en cas de neige abondante, puisque la visibilité peut être réduite et l'état des routes peut être dangereux (Environnement et Changement climatique Canada, 2017). Or, la capacité d'adaptation de la ville est élevée, ce qui fait en sorte que le risque est faible.

4.5.2 Impacts système social

Sur le système social, un seul risque moyen a été identifié, soit la mobilité de la population. Les accumulations rapides de neige peuvent rendre la circulation difficile et réduire la visibilité autant pour les automobilistes, les piétons, les véhicules motorisés et autres et ainsi restreindre la capacité des citoyens de se déplacer à leur guise en employant leurs propres moyens. (Environnement et Changement climatique Canada, 2017).

4.5.3 Impacts système environnemental

Enfin, sur le système environnemental, les risques d'une neige abondante vis-à-vis les différents systèmes sont faibles.

ANALYSES DES RISQUES

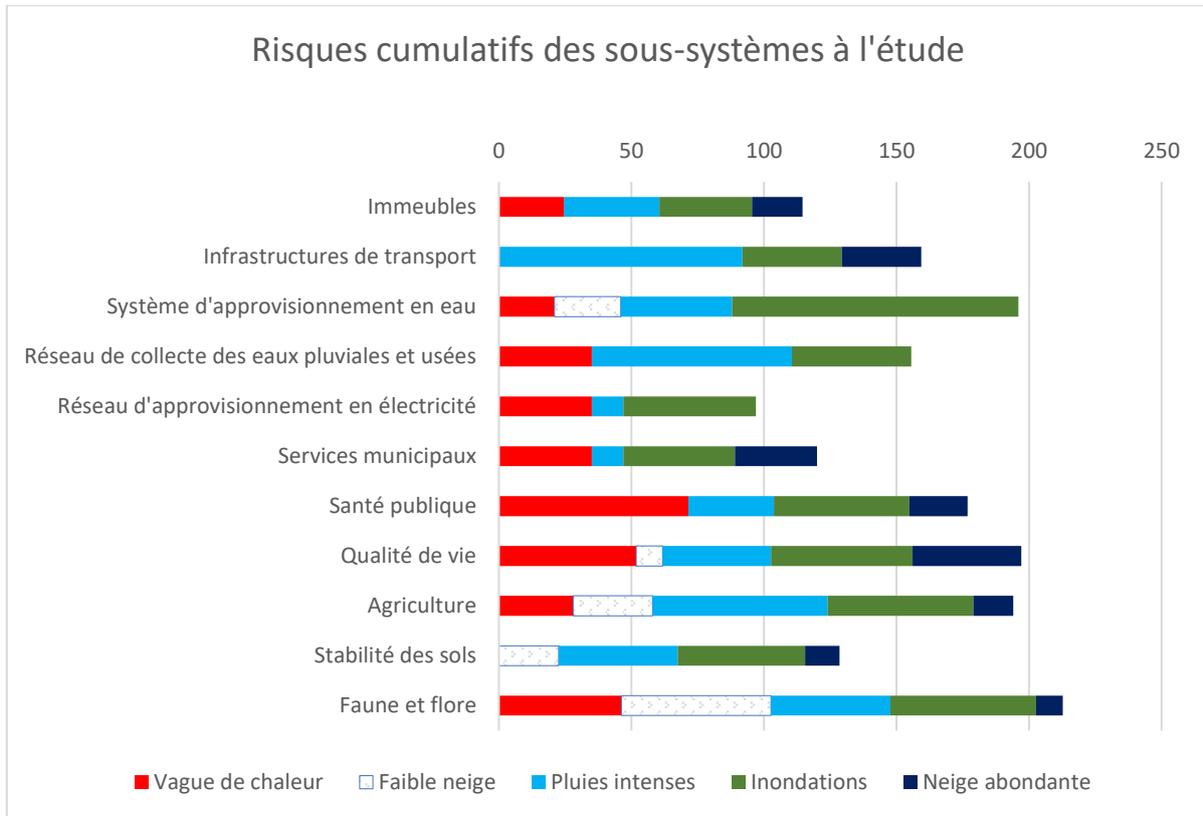


Figure 5.0.1 Risques cumulatifs des sous-systèmes à l'étude

La figure 5.0.1 montre les principaux systèmes affectés par les aléas à l'étude. Les éléments les plus à risques sur le territoire de Rigaud sont le faune et la flore, la qualité de vie, le système d'approvisionnement en eau, la santé publique, les infrastructures de transports ainsi que le réseau de collecte des eaux pluviales et usées. Ensuite, les sous-systèmes présents dans la matrice ont en moyenne trois éléments qui évaluent le risque de ces derniers. Cependant, certains systèmes ont quatre éléments ainsi que deux éléments, ce qui fait en sorte que certains affichent un risque plus élevé ou plus faible que d'autres dû au nombre d'éléments additionnés. Par exemple, le sous-système d'approvisionnement en eau est formé de quatre éléments tandis que les infrastructures de transports ne possèdent que deux éléments. L'analyse des risques montre que les sous-systèmes ayant seulement deux éléments représenteraient un risque plus faible, notamment le réseau d'approvisionnement en électricité et la stabilité des sols. À l'inverse, l'approvisionnement en eau, qui est l'unique sous-système possédant quatre éléments, représenterait un des sous-systèmes les plus à risque à Rigaud. Alors, il est important de prendre en compte de cette particularité de l'analyse des risques et de prêter de l'importance aux aléas qui ont des valeurs plus élevées au sein des sous-systèmes. Entre autres, les infrastructures de transport qui sont grandement impactées par les pluies intenses.

5.1 Risques pondérés

Comme il a été mentionné dans la section précédente, l'addition des risques peut surreprésenter les risques qui sont affectés par un plus grand nombre d'aléas, et ce, malgré le fait qu'il ne s'agit que d'une addition de risques faibles. Dans l'objectif de mieux représenter les risques climatiques élevés et modérés à Rigaud, une analyse de risques pondérés a été effectuée. La pondération est la suivante, où R_p représente le risque pondéré, R représente le risque et P représente la pondération :

$$R_p = \sum R \times P$$
$$P = \begin{cases} 0 & \text{si } R < 12 \\ 1 & \text{si } 12 \leq R < 20 \\ 1.25 & \text{si } 20 \leq R < 30 \\ 1,75 & \text{si } 30 \leq R \end{cases}$$

Cette analyse permet de mettre en évidence l'intensité des risques et cela permet de donner plus de signifiante aux risques modérés et élevés. De cette façon, les risques qui entraîneront plus d'impacts sur la population rigaudienne sont plus apparents que les risques affectés par plus d'aléas. Cette analyse a été inspirée par le plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville de Trois-Rivières (2013).

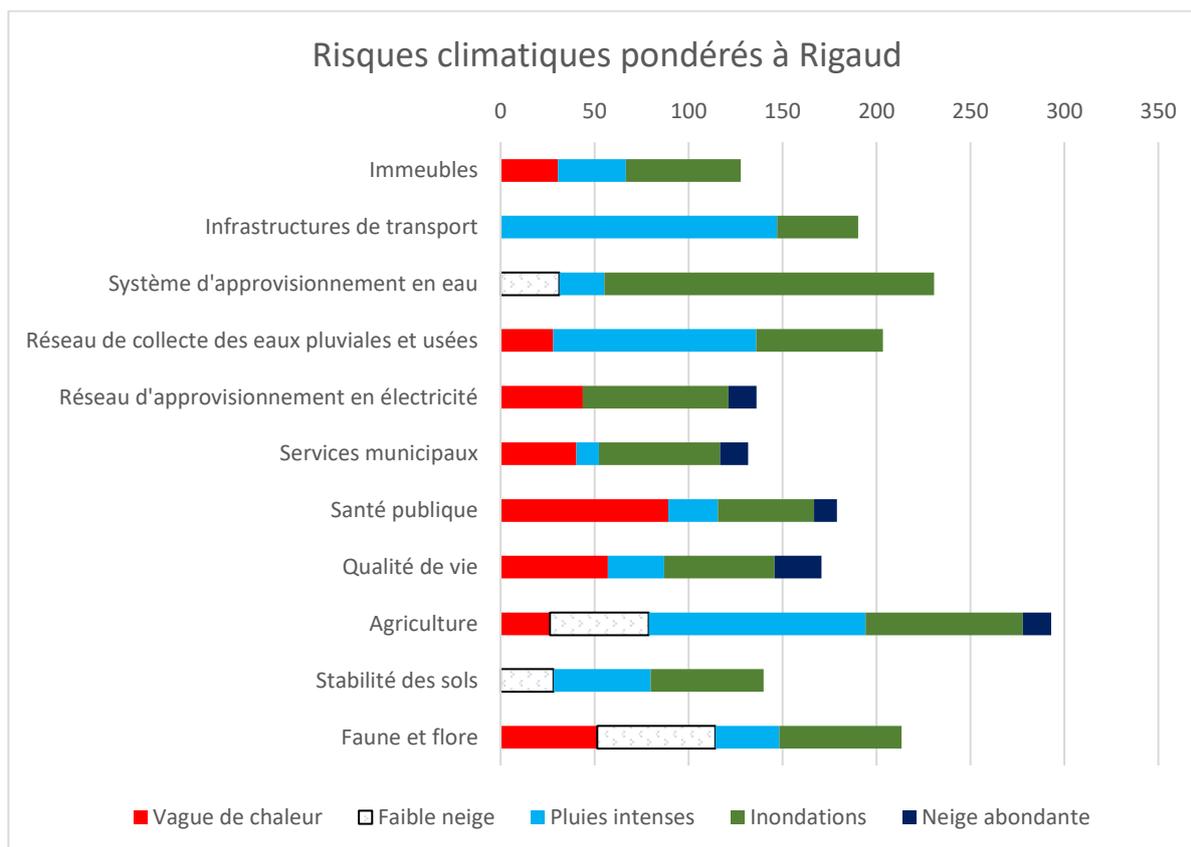


Figure 5.1.1 Risques climatiques pondérés des sous-systèmes à Rigaud

La figure 5.1.1 expose l'importance de plusieurs risques en fonction des aléas. Tout d'abord, plusieurs aléas entraînent des risques intenses sur les sous-systèmes. La majorité des sous-systèmes sont affectés par les inondations de manières importantes, notamment le système d'approvisionnement en eau, l'agriculture, le réseau d'approvisionnement en électricité et le réseau de collecte des eaux pluviales et usées. Pour l'aléa des pluies intenses, les risques importants sont par rapport aux infrastructures de transport, le réseau de collecte des eaux pluviales et usées ainsi que l'agriculture. En ce qui à trait les vagues de chaleur, les impacts sont principalement perçus sur le système social au niveau de la santé publique et la qualité de vie. La neige faible entraine des risques au niveau du système environnemental, tandis que la neige abondante ne représente pas de risque important à Rigaud. Donc, l'analyse pondérée des risques de Rigaud permet d'établir un portrait des principaux risques à adresser au niveau des mesures d'adaptation, voici une liste des risques considérés comme élevés selon l'analyse :

- Agriculture ;
- Système d'approvisionnement en eau ;
- Faune et flore ;
- Réseau de collecte des eaux pluviales et usées ;

- Infrastructure de transport ;
- Santé publique ;
- Qualité de vie.

6. RECOMMANDATIONS

Tout d’abord, il faut noter que cette partie est une addition au mandat initial. Elle sert donc uniquement à entamer la réflexion quant aux pistes de solutions possibles. Pour ce faire, définissons les types de mesures utilisés en adaptation aux changements climatiques.

6.1 Mesures sans regrets

Définition : Les mesures sans regrets sont qualifiées comme étant des « mesures dont les avantages tels que l’amélioration du rendement ou la réduction de la pollution sur le plan local ou régional (mais non les avantages apportés par l’atténuation des effets du changement climatique) sont au moins égaux aux coûts qu’elles entraînent. » (Office québécois de la langue française, s.d.)

6.2 Les infrastructures grises

Définition : Les infrastructures grises réfèrent aux « infrastructure traditionnelle (ou traditionnellement construite), comme les usines d’épuration des eaux usées, les digues, les conduites et les levées. L’infrastructure grise est traditionnellement l’option la plus courante dans la lutte contre les dangers climatiques ». Ce type d’infrastructure s’adapte moins bien face aux conséquences des changements climatiques, tels que l’augmentation des précipitations extrêmes et a une durée de vie limitée. (ICF, 2018)

6.3 Les infrastructures vertes

Définition : Les infrastructures vertes, quant à elles, réfèrent à l’ensemble des systèmes naturels, tels que le boisé et les cours d’eau, ainsi qu’aux systèmes aménagés, tels que les parcs et les plates-bandes (Union des municipalités du Québec, 2022). C’est un terme générique qui regroupe les moyens d’action afin de faire face à différents défis, notamment les changements climatiques et la gestion des risques naturels. Les infrastructures vertes peuvent offrir des services écosystémiques, des services pour le bien-être de la population, par exemple la captation de GES, la rétention des eaux pluviales, le contrôle de l’érosion, etc. et peuvent être adaptées à l’échelle locale, régionale ou paysagère. (Rodriguez, 2020)

6.4 Les co-bénéfices

Définition : Les co-bénéfices sont décrits par le GIEC (2019) comme étant des « effets positifs qu’une politique ou une mesure visant un objectif donné pourrait avoir sur d’autres objectifs, augmentant ainsi les avantages globaux pour la société ou l’environnement. »

Le tableau suivant présente quelques solutions sans regret pour la ville de Rigaud selon les différents aléas climatiques.

Tableau 6.4.1 Sommaire de mesures d’adaptation pouvant être appliquées à Rigaud

Aléa	Système	Risque	Piste de solution
Vagues de chaleur	Bâti	Enveloppe thermique	Végétalisation urbaine et mise en place d’une stratégie de verdissement (toits, murs extérieurs) permettent d’obtenir un effet rafraîchissant, réduisant la dépendance à la climatisation (Zheng et al., 2020). Surfaces extérieures pâles réfléchissant les rayons solaires plutôt que les absorber comme les surfaces foncées (Carnielo et Zinzi, 2013). Cibler les bons secteurs d’intervention (voir carte îlots de chaleur urbains à l’annexe 3).
	Social	Morbidité et mortalité	Continuer l’accès aux salles climatisées lors de canicule. Sensibilisation (promouvoir l’hydratation, prudence dans les déplacements, etc.). (INSPQ, 2021b) Assurer la non-contingence des services de secourisme municipaux et régionaux. (SNC Lavalin, 2013)
		Activités sociales, culturelles et sportives	Privilégier les endroits intérieurs climatisés et les endroits extérieurs végétalisés tels que les parcs. (INSPQ, 2023)
	Environnemental	Croissance/récoltes	Sensibilisation à certaines pratiques agricoles auprès des agriculteurs. (SNC Lavalin, 2013)
Faible neige	Environnemental	Érosion des berges	La végétalisation des berges permet de ralentir l’érosion des berges en enracinant la terre. (INSPQ, 2021a)
Pluies intenses	Bâti	Capacité du réseau de collecte	L’adoption d’infrastructures est nécessaire pour compléter le drainage urbain des infrastructures grises traditionnelles, par exemple les toits verts, les trottoirs perméables et les jardins pluviaux (Chen et al., 2021).

	Environnemental	Érosion des berges	Reboisement et conservation des forêts, tampons riverains, reconnexion des rivières aux plaines inondables (infrastructure verte) et renforcement des pentes (infrastructure grise) (ICF, 2018).
Inondations	Bâti	Système d'approvisionnement en eau et réseau de collecte des eaux pluviales et usées	Des mesures de gestion des eaux pluviales, par exemple des bassins de rétention, et la perméabilisation du milieu urbain (verdissage) permettent de diminuer la charge du système d'assainissement des eaux et favoriser l'absorption des eaux pluviales. (INSPQ, 2021a)
	Environnemental	Érosion des berges	La végétalisation des berges, la restauration des milieux naturels et humides et la reforestation permettent d'atténuer l'effet des inondations. La reforestation de 20% à 40% des berges permet de réduire la magnitude du débit de pointe de la rivière jusqu'à 19%. (INSPQ, 2021a)
		Glissement de terrain	Cartographie des zones exposées aux glissements de terrain et l'imposition de restrictions concernant les constructions permises et système d'alerte préventif en tenant compte des seuils de résistance physique du sol et des prévisions météorologiques (INSPQ, 2021a).
	Social	Stress social et mental	Recevoir un soutien social pendant et après les inondations diminuerait durablement les effets psychologiques et physiques des inondations (INSPQ, 2021a).

Pour clore, les mesures d'adaptation proposées face aux divers aléas climatiques intègrent des solutions sans regrets pour les éléments des systèmes bâti, social et environnemental. De manière générale, les recommandations de végétaliser les berges face aux faibles neiges et à l'érosion des berges démontrent l'efficacité des infrastructures vertes pour diminuer les impacts des risques climatiques et augmenter la résilience des différents systèmes. L'approche mixte d'infrastructures vertes et grises suggérées, notamment les toits verts, les trottoirs perméables et les jardins pluviaux, pourraient s'avérer efficace pour améliorer le drainage et ainsi faire face aux pluies intenses et aux inondations. De plus, sur le plan social, la sensibilisation, l'accès aux espaces climatisés lors des vagues de chaleur ainsi que le soutien social pourraient contribuer à diminuer les impacts des différents aléas sur la population.

Ces pistes de solutions permettraient à la ville de réduire ses risques liés aux changements climatiques et améliorer sa capacité d'adaptation. En considérant les co-bénéfices des mesures d'adaptation proposées, Rigaud peut non seulement atténuer les risques climatiques, mais également améliorer le bien-être social et environnemental de ses citoyens.

RÉFÉRENCES

- Anderson, Craig. (2001). "Heat and violence." *Current Directions in Psychological Science*. Volume 10 Issue 1. pgs:33-38Atlas Climatique. (s.d.). Les incendies de forêt et le changement climatique. <https://atlasclimatique.ca/les-incendies-de-foret-et-le-changement-climatique>
- Bindoff, N.L., Stott, P.A., AchutaRao, K.M., Allen, M.R., Gillett, N., Gutzler, D., Hansingo, K., Hegerl, G., Hu, Y., Jain, S., Mokhov, I.I., Overland, J., Perlwitz, J., Sebbari, R. et Zhang, X. (2013). Détection et attribution des changements climatiques : de l'échelle mondiale à régionale », dans *Changements climatiques 2013: les éléments scientifiques, Contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, États-Unis, pp. 867–952. Version anglaise doi:10.1017/CBO9781107415324.008
- Buis, A. (2019). Can Climate Affect Earthquakes, Or Are the Connections Shaky? *NASA Global Climate Change*. <https://climate.nasa.gov/news/2926/can-climate-affect-earthquakes-or-are-the-connections-shaky/>
- Bush, E. et Lemmen, D.S. (2019). Rapport sur le climat changeant du Canada, gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 446 p.
- Carnielo, E. Zinzi, M. (2013). Optical and thermal characterisation of cool asphalts to mitigate urban temperatures and building cooling demand. *Building and Environment*, 60. 56-65.
- Centre climatique des Prairies. (2019a). Cycles de gel/dégel. https://atlasclimatique.ca/carte/canada/freezethaw_2030_85#z=3&lat=63.35&lng=-82.97
- Centre climatique des Prairies. (2019b). Durée moyenne des vagues de chaleur. https://atlasclimatique.ca/map/canada/hwlen_2030_85
- Centre climatique des Prairies. (2019c). Nombre de vagues de chaleur. https://atlasclimatique.ca/carte/canada/hwnum_2030_85#z=3&lat=63.35&lng=-82.97
- Centre d'archives de Vaudreuil-Soulanges. (s.d.). Tragédies à Rigaud. <https://www.archivesvs.org/histo/rubriques-historiques/tragedies.html?page=histo/rubriqueshistoriques/tragedies.html>
- Chen, W., Wang, W., Huang, G., Wang, Z., Lai, C. et Yang, Z. (2021). The capacity of grey infrastructure in urban flood management: A comprehensive analysis of grey infrastructure and the green-grey approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 54. <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.usherbrooke.ca/science/article/pii/S221242092100011X#bib16>
- Cleland, S. Steinhardt, W. Neas, L. West, J. et Rappold, A. (2023). Urban heat island impacts on heat-related cardiovascular morbidity: A time series analysis of older adults in US metropolitan areas. *Environment International*, 178. 108005.

- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J. et Wehner, M. (2013). Changement climatique à long terme: projections, engagements et irréversibilité, dans *Changements climatiques 2013: les éléments scientifiques*, Contribution du Groupe de travail I au Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (éd.), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, New York, États-Unis, pp. 1029-1136. Version anglaise doi:10.1017/CBO9781107415324.008
- Contosta, A. R., Casson, N. J., Garlick, S., Nelson, S. J., Ayres, M. P., Burakowski, E. A., Campbell, J., Creed, I., Eimers, C., Evans, C., Fernandez, I., Fuss, C., Huntington, T., Patel, K., Sanders-DeMott, R., Son, K., Templer, P., & Thornbrugh, C. (2019). Northern forest winters have lost cold, snowy conditions that are important for ecosystems and human communities. *Ecological applications* : a publication of the Ecological Society of America, 29(7), e01974. <https://doi.org/10.1002/eap.1974>
- De Freitas, C. R. (1975). Estimation of the Disruptive Impact of Snowfalls in Urban Areas. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 14(6), 1166-1173. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1975\)014<1166:EOTDIO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1975)014<1166:EOTDIO>2.0.CO;2)
- Diffenbaugh, N. Scherer, M. Ashfaq, M. (2013). Response of snow-dependent hydrologic extremes to continued global warming. *Nat Clim Chang*, 3. 379-384.
- Données Climatiques Canada. (2023). Données historiques modélisées. <https://donneesclimatiques.ca/ressource/donnees-historiques-modelisees/>
- Données climatiques Canada. (s.d.). Rigaud. https://donneesclimatiques.ca/explorer/emplacement/?loc=EQFAO&location-select-temperature=tx_max&location-select-precipitation=r1mm&location-select-autres=frost_days
- Enviro-accès. (2013). Plan d'adaptation aux changements climatiques : Ville de Sherbrooke. Programme Climat municipalités https://www.phareclimat.com/uploads/initiative/365/365_document.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2016). Pollution de l'eau : érosion et sédimentation. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-aperçu/pollution-causes-effects/erosion-sedimentation.html>
- Environnement et Changement climatique Canada. (2017). Dangers de l'hiver. <https://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=46FBA88B-1&wbdisable=false>
- Faucher, O. (2023, 18 août). Feux de forêt au Québec: une surface plus grande que le Costa Rica réduite en cendres... et qui brûle encore. *Le Journal de Montréal*. <https://www.journaldemontreal.com/2023/08/31/feux-de-foret-au-quebec-une-surface-plus-grande-que-le-costa-rica-reduite-en-cendres-et-qui-brule-encore>

- Gachon, P., Dueymes, G., Benoit, C., Raphoz, M. et Boyer-Villemaire, U. (2018). *Appréciation et traitement du risque – Aléas géologiques et hydrométéorologiques dans le secteur de Rigaud-sur-le-Lac pour le chemin du Bas-de-la-Rivière à Rigaud*. Rapport rédigé pour le compte de la Ville de Rigaud. Chaire sur les risques hydrométéorologiques dans le contexte des changements climatiques, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, Canada, 85 p.
- Gouvernement du Canada. (2009). *Changements climatiques et santé – Bulletin sur l’adaptation*. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/changement-climatique-sante/changements-climatiques-sante-bulletin-adaptation-numero-1-novembre-2009-revise-novembre-2010-sante-canada-2009.html>
- Gouvernement du Canada. (2013). *Mouches infestant les habitations*. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/conseils-pour-contrrole-parasites/mouches-infestant-habitations.html>
- Gouvernement du Canada. (2017). *Faits marquants régionaux de 2010*. <https://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=2552BDB2-1>
- Gouvernement du Canada. (2018). *Pannes de courant*. <https://www.preparez-vous.gc.ca/cnt/hzd/pwrtgs-fr.aspx>
- Gouvernement du Canada. (2020). *Régime des feux*. <https://ressources-naturelles.canada.ca/changements-climatiques/impacts-adaptation/changements-climatiques/indicateurs-des-changements-fore/regime-feux/17781>
- Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat [GIEC]. (2018). *Annexe I : Glossaire*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_french.pdf
- Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat [GIEC]. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf
- Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat [GIEC]. (2021). *Les bases scientifiques physiques: Résumé à l'intention des décideurs*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_French.pdf?fclid=IwAR3yuc9efukKHiVbO3VhXk8mFo6N_HldoMg1sc1LIXbHclZ109_Nt2a9fdQ
- ICF. (2018). *Pratiques exemplaires et ressources relatives à l’infrastructure naturelle résistante au climat (Numéro de rapport : PN 1582)*. https://ccme.ca/fr/res/natural_infrastructure_report_fr.pdf
- Institut national de la santé publique du Québec [INSPQ]. (2005). *Vague de chaleur et climatisation, revue bibliographique*. <https://www.inspq.qc.ca/bise/vague-de-chaleur-et-climatisation-revue-bibliographique>
- Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]. (2021a). *Les aléas affectés par les changements climatiques : effets sur la santé, vulnérabilités et mesures d’adaptation (synthèse des connaissances)*. <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2771-aleas-changements-climatiques-effets-sante-vulnerabilite-adaptation.pdf>

- Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]. (2021b). Mesures de lutte contre les îlots de chaleur urbains : mise à jour 2021. <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2839-mesures-lutte-ilots-chaleur-urbains.pdf>
- Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]. (2023). Géoportail de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/geomatique/geoportail>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2018). Annex I: Glossary. Dans: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (p. 541-562). <https://doi.org/10.1017/9781009157940.008>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2023). Climate Change 2023 Synthesis Report: Summary for Policymakers. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Kenny, G.P. Wilson, T.E. Flouris, A.D. Fuji, N. (2018). Heat exhaustion. *Handb Clin Neurol*, 157. 505-529.
- La Presse Canadienne. (27 avril 2019). Inondations: glissements de terrains et ponts fermés. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/actualites/2019-04-27/inondations-glissements-de-terrains-et-ponts-fermes>
- Lajoie, P, Stobbe, P. (1951). Études des sols des comtés de Soulanges et de Vaudreuil dans la Province de Québec. https://sis.agr.gc.ca/siscan/publications/surveys/pq/pq53/pq53_report.pdf
- Littell, J. Peterson, D. Riley, K. Liu, Y. Luce, C. (2016). A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. *Glob Chang Biol*, 22(7). 2353-69.
- Löhmus, Mare. (2018). "Possible Biological Mechanisms Linking Mental Health and Heat—A Contemplative Review." *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://pdfs.semanticscholar.org/09f6/92a58bb5afff105b70ea2e70e5c783523ce8.pdf>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs [MELCCFP]. (2023). *Faits saillants*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/faits-saillants/index.htm>
- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs [MELCCFP]. (2023). *Feux de forêt*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/air/feux-foret/index.htm>
- Ministère de la Sécurité publique du Québec. (2023). Tremblement de terre. <https://www.quebec.ca/securite-situations-urgence/urgences-sinistres-risques-naturels/quoi-faire-avant-pendant-apres-urgence-sinistre/tremblement-terre>
- Mohajerani, A. Bakaric, J. et Jeffrey-Bailey, T. (2017). The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *J Environ Manage*. 197, 522-538.

- Montgomery D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(33), 13268–13272.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0611508104>
- MRC Vaudreuil-Soulanges. (2019). Les attentes de la MRC de Vaudreuil-Soulanges en gestion des risques d'inondation adressé au groupe d'action interministériel sur les inondations. (Mémoire). MRC de Vaudreuil-Soulanges, Qc, Canada.
<https://pointefortune.ca/app/uploads/2019/08/M%C3%89MOIRE-Attentes-MRCVS-ZI-2019-06-06.pdf>
- Nygren, M., Giese, M., Kløve, B., Haaf, E., Rossi, P. M., & Barthel, R. (2020). Changes in seasonality of groundwater level fluctuations in a temperate-cold climate transition zone. *Journal of Hydrology X*, 8, 100062. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2020.100062>
- Office québécois de la langue française. (2023). Îlot de chaleur urbain.
<https://vitrlinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/17487321/ilot-de-chaleur-urbain>
- Office québécois de la langue française. (s.d.). Mesures sans regrets.
<https://vitrlinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/26515673/mesures-sans-regrets>
- Ouranos. (2010). Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques.
https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/documentation/plan_adaptation_changement_climatique.pdf
- Ouranos. (2020). Adaptation aux changements climatiques : défis et perspectives pour la région de la Montérégie.
https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/amenagement_territoire/lutte_contre_changements_climatiques/fiches_syntheses_regionales/FIC_Ouranos_Monteregie.pdf
- Ouranos. (2023). Sources de données et méthodologie. <https://www.ouranos.ca/fr/portraits-climatiques>
- Ouranos. (s.d.). Comprendre la science de l'adaptation. <https://www.ouranos.ca/fr/attenuation-adaptation>
- Pilon, M-C. (2023, 5 juin). Un avertissement de smog dans la région pour cet après-midi.
<https://www.neomedia.com/vaudreuil-soulanges/actualites/environnement/488251/un-avertissement-de-smog-dans-la-region-pour-cet-apres-midi>
- Poitu, J. (2013). Composition atmosphérique et bilan radiatif. *Reflets de la physique*, 33.
- Radio-Canada. (2018, 6 août). Les intempéries ont privé d'électricité des milliers de foyers. *Radio-Canada*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1116780/quebec-outatouais-meteo-environnement-canada-pannes-electricite>
- Régie du bâtiment du Québec. (2023). L'accumulation de neige et de glace : comment éviter les problèmes. <https://www.rbq.gouv.qc.ca/vous-etes/proprietaire-ou-exploitant/votre-devoir-envers-la-securite-du-public/laccumulation-de-neige-et-de-glace-comment-eviter-les-problemes/>
- Ressources Naturelles Canada a. (2021). Les zones sismiques dans l'Est du Canada. Consulté 25 septembre 2023, à l'adresse <https://www.seismescanada.rncan.gc.ca/zones/eastcan-fr.php>

- Ressources Naturelles Canada b. (2021). Cartes de l'aléa sismique du Code national du bâtiment du Canada 2020. Consulté 25 septembre 2023, à l'adresse <https://www.seismescanada.rncan.gc.ca/hazard-alea/zoning-zonage/NBCC2020maps- fr.php>
- Richer, B. (2021, 27 juin). Avertissement de chaleur dans la région. *Néomédia*. <https://www.neomedia.com/vaudreuil-soulanges/actualites/environnement/430327/avertissement-de-chaleur-dans-la-region>
- Rigaud. (2023, 4 mai). Communiqué de Presse. https://www.ville.rigaud.qc.ca/wp-content/uploads/2023/05/2023-05-04_Inondations_crue-printaniere_Mise-a-jour-4-mai-1.pdf
- Rodriguez, B.O. (2020). *Les infrastructures vertes et les synergies possibles pour favoriser l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Qc, Canada. https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/17243/Osorio_Rodriguez_Beatriz_menv_2020.pdf?Sequence=1&isallowed=y
- Séismes Canada. (2023). Recherche de séismes dans la base de données. <https://www.seismescanada.rncan.gc.ca/stndon/NEDB-BNDS/bulletin-fr.php?display=1&endtime=2023-09-25T23%3A59%3A59&eventtype=L&latitude=45.466&limit=4001&longitude=-74.277&maxdepth=1000&maxlatitude=90&maxlongitude=180&maxmagnitude=10&maxradius=0.22522522522522523&mindepth=-5&minlatitude=-90&minlongitude=-180&minmagnitude=-5&minradius=0&onlyfelt=0&starttime=1900-01-01T00%3A00%3A00>
- Service de Sécurité Incendie de Montréal. (s.d). Quoi faire après une inondation. https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND_AHC_FR/MEDIA/DOCUMENTS/25116%20-%20BR_BROCHURE%20INONDATION%20FR.PDF
- SNC Lavalin. (2013). Rapport final – Révision 2 : Plan d'adaptation aux changements climatiques de la Ville de Trois-Rivières. Numéro 606418. 100 pages.
- Thivierge, C. (2021). *Gouvernance régionale et stratégies d'adaptation aux inondations en contexte de changements climatiques: une étude de cas, la MRC de Vaudreuil-Soulanges* (Mémoire de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Qc, Canada. https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/18829/thivierge_caroline_MEnv_2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Union des municipalités du Québec. (2022). Le pouvoir des infrastructures municipales pour le climat. <https://pourleclimat.ca/actualite/le-pouvoir-des-infrastructures-grises-et-vertes>
- Ville de Montréal. (2017). Plan d'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal 2015-2020. https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/enviro_fr/media/documents/paccam_2015-2020_lesconstats.pdf
- Ville de Rigaud. (2015). Règlement de Zonage 275-2010 de la Ville de Rigaud. <https://www.ville.rigaud.qc.ca/wp-content/uploads/2018/08/275-2010-Annexe-D-Contraintes-amenagement.pdf>

- Ville de Rigaud. (2023). Inondations : mises à jour du mardi 2 mai 2023.
<https://www.ville.rigaud.qc.ca/inondations-mises-a-jour-du-mardi-2-mai-2023/>
- Ville de Sherbrooke. (2013). Plan d'adaptation aux changements climatiques 2013-2023.
https://www.phareclimat.com/uploads/initiative/365/365_document.pdf
- Voelkel, J. Hellman, D. Sakuma, R. et Shandas, V. (2018). Assessing Vulnerability to Urban Heat: A Study of Disproportionate Heat Exposure and Access to Refuge by Socio-Demographic Status in Portland, Oregon. *Int J Environ Res Public Health*, 15(4). 640.
- Wan, H., Zhang, X., Zwiers, F. et Min, S.-K. (2014). Attributing Northern high-latitude precipitation change over the period 1966-2005 to human influence, *Climate Dynamics*, vol. 45, pp. 1713-1726. doi: 10.1007/s00383-014-2423-y
- Winter, M. G., Shearer, B., Palmer, D., Peeling, D., Harmer, C., & Sharpe, J. (2016). The Economic Impact of Landslides and Floods on the Road Network. *Procedia Engineering*, 143, 1425-1434.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.168>
- Yang, G., Sun, R., Jing, Y., Xiong, M., Li, J., & Chen, L. (2022). Global assessment of wind erosion based on a spatially distributed RWEQ model. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 46(1), 28-42. <https://doi.org/10.1177/03091333211030608>
- Yusa, A. Berry, P. Cheng, J. Ogden, N. Bonsal, B. Stewart, R. Waldick, R. (2015). Climate Change, Drought and Human Health in Canada. *Int J Environ Res Public Health*, 12(7). 8359-412.
- Zheng, Y. Weng, Q. (2020). Modeling the Effect of Green Roof Systems and Photovoltaic Panels for Building Energy Savings to Mitigate Climate Change. *Remote Sens*, 12. 2402.

ANNEXE 1 Sommaire des projections

Sommaire des projections climatiques du territoire de la ville de Rigaud						
Variable	Projection 2020-2100	Aléa	Projection 2020-2100	Explication sommaire	Impact	Section du rapport
Température	↑	Vague de chaleur	↑	On prévoit une augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur en raison de l'augmentation de la température moyenne annuelle projetée.	La hausse des vagues de chaleur entraîne la hausse des îlots de chaleur, et ces derniers peuvent avoir des effets néfastes sur les populations vulnérables, telles que les personnes âgées et les personnes souffrant de problèmes respiratoires.	2.2
		Sécheresse	=	La projection pour le nombre annuel de périodes de sécheresse dans le sud du Québec prévoit le maintien du taux actuel.	La sécheresse peut entraîner des effets néfastes sur la santé humaine, tels que les maladies respiratoires, ainsi que sur les cultures agricoles. Les sécheresses peuvent aussi accentuer la vulnérabilité aux incendies de forêt.	
		Jours de gel	↓	On prévoit une baisse des jours de gel en raison de l'augmentation de la température moyenne annuelle projetée.	La diminution des jours de gel peut avoir des répercussions sur le réseau hydrologique local.	
		Cycles de gel/dégel	↓	Il est anticipé que les cycles de gel/dégel diminueront annuellement.	La diminution des cycles de gel/dégel peut avoir des impacts positifs sur les infrastructures, puisque les dommages matériels en sont réduits.	
		Faible neige	↓	On prévoit une réduction de la quantité de neige hivernale en raison de l'augmentation de la température moyenne annuelle projetée.	La faible neige pourrait augmenter le stress hydrique sur les écosystèmes et diminuer la capacité isolante de la neige.	

Précipitations	↑	Pluies intenses (Inondations)	↑	On prévoit une augmentation de la fréquence et de l'intensité des inondations éclair et des débordements de lit en raison de l'augmentation des précipitations annuelles projetées.	Des pluies intenses peuvent entraîner des inondations, augmentant ainsi les risques pour la santé des personnes et des biens matériels. Le réseau de collecte des eaux pluviales et usées peut également être atteint, entraînant des accumulations d'eau sur les routes et la chaussée.	2.3
		Glissement de terrain	↑	Le risque de glissement de terrain augmente lorsque les sols sont gorgés d'eau, donc une augmentation de l'intensité et de la fréquence accroît la probabilité.	Les glissements de terrain peuvent survenir subitement, mettant en danger la sécurité des personnes et des biens matériels.	
		Neige abondante	↑	On prévoit une augmentation de l'intensité des précipitations. Par conséquent, même si la quantité totale de précipitations solides diminue, il est possible d'observer des chutes de neige abondantes pendant la période hivernale.	Une accumulation rapide de neige peut avoir des conséquences sur les toitures et sur les structures. La sécurité des routes ainsi que les opérations de déneigement peuvent être compromises, entraînant ainsi des problèmes de mobilité.	
Séisme	=	∅		Les changements climatiques n'ont pas d'incidence sur les séismes. En plus, aucun séisme mesuré à Rigaud n'a dépassé 3 sur l'échelle de Richter depuis 1986.	La probabilité qu'un séisme puisse causer des dommages aux infrastructures municipales est faible.	2.4

Phénomène météorologique	∅	Feux de forêt	=	Les projections concernant la superficie annuelle brûlée par de grands feux ainsi que le nombre de grands feux annuels prévoit le maintien du taux actuel.	La fumée des feux de forêt contient des polluants qui peuvent avoir des effets néfastes sur la santé.	2.5
---------------------------------	---	---------------	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

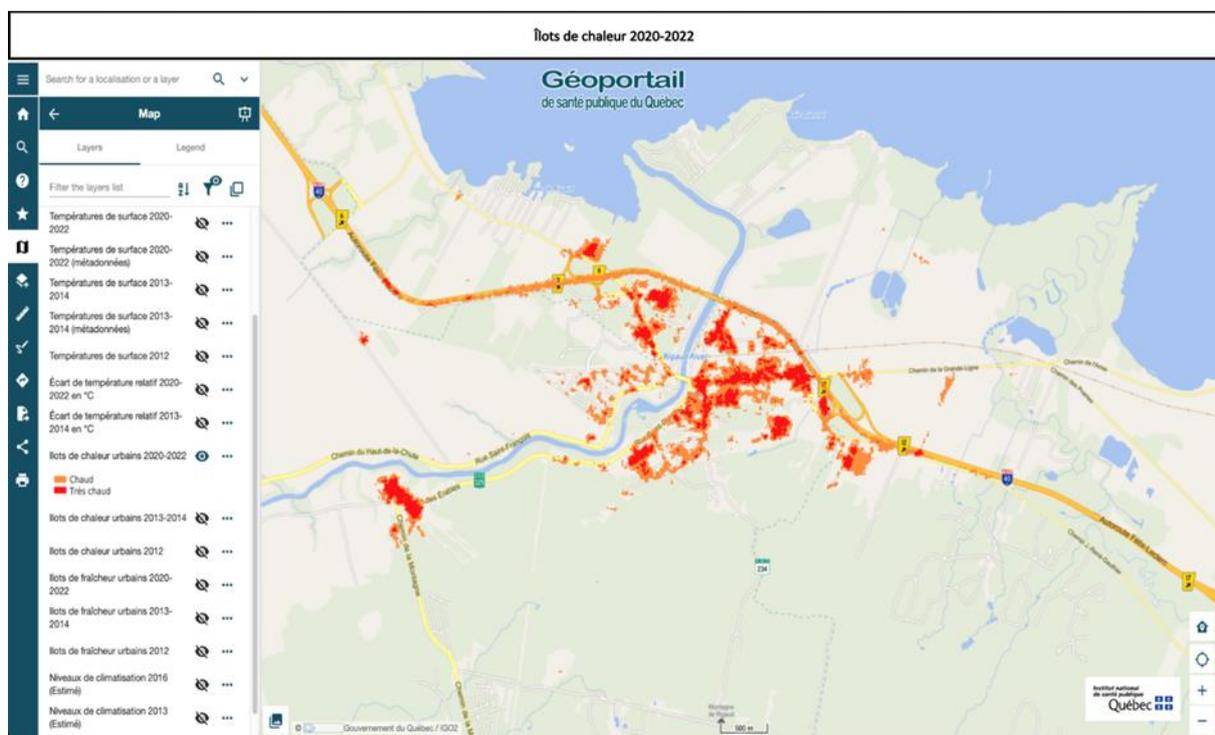
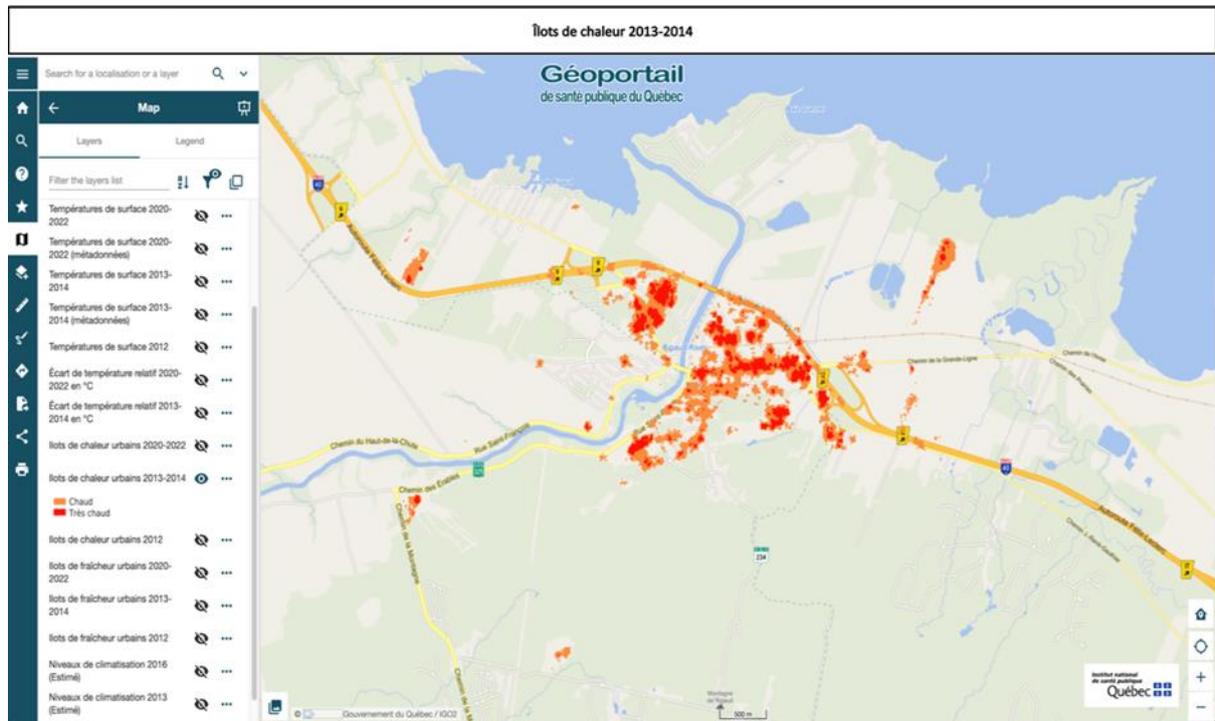
Légende	
↑	Augmentation
↓	Diminution
=	Aucun changement significatif
∅	Aucun aléa climatique associé à la variable

ANNEXE 2 Sommaire des risques

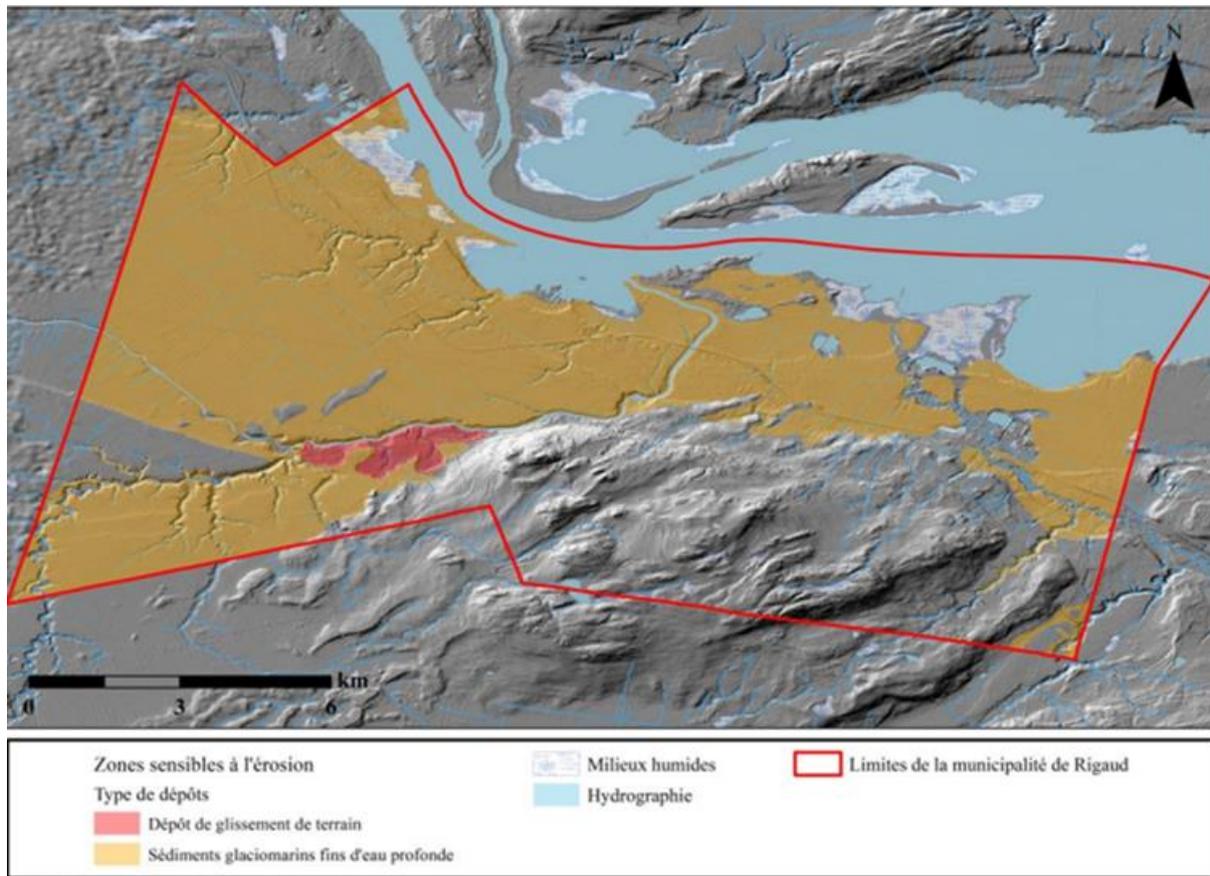
Sommaire des risques climatiques clés à la ville de Rigaud			
Aléa	Sous-système	Impact	Section du rapport
Vague de chaleur	Immeubles	Les vagues de chaleur entraîneront une pression sur le système de climatisation, occasionnant une augmentation de la consommation d'électricité. Cela accentue également la vulnérabilité des populations sensibles ne disposant pas de méthodes efficaces pour se rafraîchir.	4.1
	Santé publique	Les risques de mortalité augmentent lors des vagues de chaleur. Les populations sensibles à cet aléa telles que les personnes âgées, les personnes atteintes de maladies respiratoires ou cardiovasculaires, ainsi que les travailleurs extérieurs s'exposent à des problèmes de santé graves.	
Faible neige	Système d'approvisionnement en eau	Une recharge de la nappe phréatique déficiente vu l'importance de l'eau de fonte des neiges pour la quantité et qualité des eaux souterraines.	4.2
	Agriculture	Augmenter le potentiel d'érosion des champs durant la période hivernale.	
Pluies intenses	Infrastructures de transport	Les pluies torrentielles accroissent la probabilité de causer des dommages aux infrastructures routières de Rigaud. Des routes endommagées poseraient des risques pour la sécurité des conducteurs et entraîneraient des coûts financiers supplémentaires liés à l'entretien. Même en présence de routes en bon état, la capacité de la voie chaussée serait fortement compromise, induisant ainsi une diminution de la facilité d'utilisation des routes et accentuant les risques pour les usagers.	4.3
	Réseau de collecte des eaux pluviales et usées	Les principales préoccupations résident dans la capacité des stations de pompage et du réseau de collecte d'eau. Une surcharge due à des pluies intenses pourrait induire des refoulements, déclenchant des inondations et provoquant des dommages rapides aux conduites d'égouts.	

	Agriculture	Les pluies diluviennes présentent des risques significatifs pour l'agriculture, perturbant particulièrement les semis et l'ensemencement des champs. Les retards et le lessivage des terres agricoles imposent des contraintes aux agriculteurs, entraînant potentiellement d'importantes pertes financières.	
	Stabilité des sols	Les pluies diluviennes accroissent la probabilité d'érosion des berges, conduisant à un écoulement accru d'eau sur les sols. Cet écoulement transporte des particules de sol vers les cours d'eau, engendrant des conséquences préjudiciables sur la qualité environnementale et la propagation de contaminants dans l'écosystème.	
Inondations	Immeubles	Les inondations induisent une détérioration des structures, notamment lorsque les sous-sols des résidences sont submergés. Cette situation peut causer d'importants dommages aux bâtiments, mettant en péril l'intégrité de la conception structurale.	4.4
	Système d'approvisionnement en eau	Les inondations génèrent des risques significatifs pour la qualité de l'eau souterraine. Cette ressource est exposée à une possible contamination provenant à la fois des eaux de surface et des installations septiques situées à proximité.	
	Réseau de collecte des eaux pluviales et usées	Les inondations suscitent des pressions majeures quant à la capacité des stations de pompage et du réseau de collecte d'eau. Une surcharge due aux inondations pourrait entraîner des refoulements, déclenchant des inondations et provoquant des dommages rapides aux conduites d'égouts.	
	Réseau d'approvisionnement en électricité	Les infrastructures d'alimentation en électricité sont vulnérables face aux inondations, pouvant endommager le réseau de commodités souterraines, y compris l'électricité. Cela représente un risque majeur pour la continuité des services essentiels.	

ANNEXE 3 Cartes des îlots de chaleur de Rigaud de 2013-2014 et 2020-2022 (Institut national de Santé Publique du Québec, 2023)



ANNEXE 4 Carte des zones sensibles à l'érosion (Gachon et al., 2018)



Système de coordonnées projetées : NAD 1983 MTM 8

Projection : Transverse Mercator

Sources des données : © Gouvernement du Québec, © Gouvernement du Canada

Auteure : Clémence Benoit, UQAM

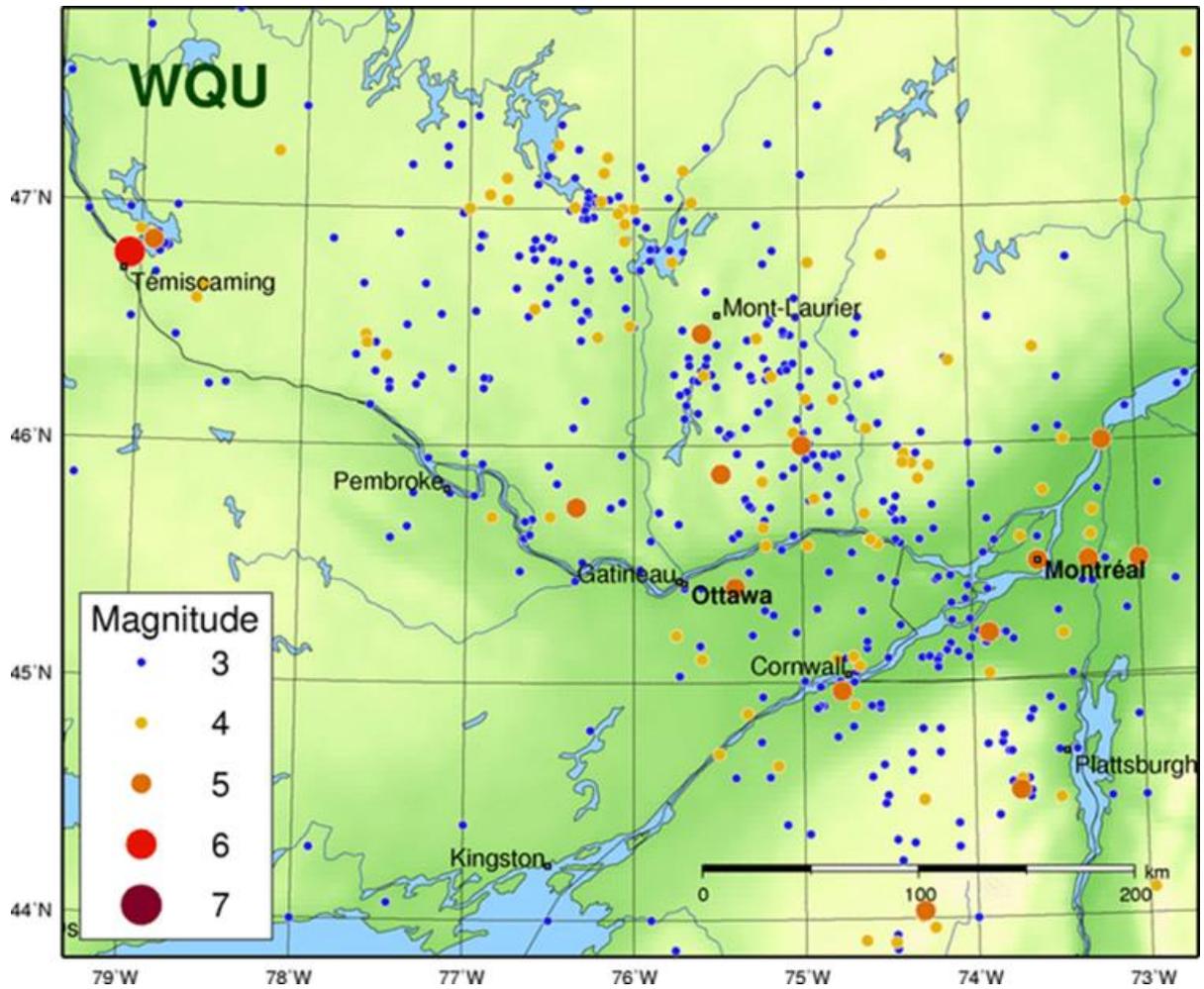
Chaire de recherche UQAM sur les risques hydrométéorologiques liés aux changements climatiques

ANNEXE 6 : Les zones inondables de Rigaud (Géo-inondations, 2021)



Annexe 1 Les zones inondables (quadrillé rouge) sur le territoire de Rigaud (Ligne rouge pleine)

ANNEXE 7 Carte des séismes dans la zone sismique de l'ouest du Québec (Ressources Naturelles Canada a, 2021)



**ANNEXE 8 Carte de l'aléa sismique du Code national du bâtiment du Canada 2020
(Ressources Naturelles Canada b, 2021)**

