OURANOS

Une nouvelle méthode pour évaluer les risques climatiques des bâtiments faisant partie d'un grand parc immobilier

Rapport final

Février 2021

INSPQ INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

Québec

Une nouvelle méthode pour évaluer les risques climatiques des bâtiments faisant partie d'un grand parc immobilier

Rapport final

Février 2021

RESPONSABLES DE LA RECHERCHE :
Catherine Dubois

Numéro du projet Ouranos: 551016

Titre du projet Ouranos: Élaboration d'une méthodologie d'évaluation du parc immobilier institutionnel de la Société québécoise des infrastructures (SQI) afin d'en déterminer les vulnérabilités face aux risques climatiques

Le projet a été financé par Ouranos et l'INSPQ via le Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.

Citation suggérée : Dubois, C. (2021). *Une nouvelle méthode pour évaluer les risques climatiques des bâtiments faisant partie d'un grand parc immobilier.* Société québécoise des infrastructures (SQI). Rapport de recherche - Ouranos. Montréal. 27 p. + annexes

Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent pas Ouranos ni ses membres. Toute utilisation ultérieure du document sera au seul risque de l'utilisateur sans la responsabilité ou la poursuite juridique des auteurs.

Table des matières

1. Introduction 2

2. Contexte/objectifs 2

3. Cadre théorique 3

4. Méthodologie 7

5. Résultats 13

6. Analyse et discussion 21

7. Conclusion et recommandations 22

8. Références 23

9.Annexes 28

9.1 Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques 29

9.2 Synthèse des connaissances produite par Ouranos 38

9.3 Outil d'évaluation des risques climatiques encourus par un bâtiment 67

9.3.1 Évaluation des risques climatiques du Palais de justice de Ville-Marie 97

1. Introduction

Les changements climatiques représentent un sujet de préoccupations grandissantes au Québec. Les vagues de chaleur, les inondations, les cycles de gel et de dégel hivernaux, les tempêtes de neige et de verglas, les vents violents ainsi que les tornades ont des répercussions importantes sur les bâtiments, leurs propriétaires et leurs occupants. Ils peuvent en effet provoquer des pertes et des dommages matériels, des pannes, un vieillissement prématuré de certaines composantes, un ralentissement, voire un arrêt des opérations ou compromettre le confort, la santé ou la sécurité des occupants.

La Société québécoise des infrastructures (SQI), dont la mission est notamment de développer, de maintenir et de gérer un parc immobilier au bénéfice de ministères et d'organismes publics, reconnaît que les changements climatiques ont, et auront, un impact grandissant sur son parc. Aussi, de manière à préserver ce patrimoine bâti collectif, la SQI a démarré, en avril 2019, le Projet VACCIn (Vulnérabilité des bAtiments aux Changements ClImatiques). Ce projet bénéficie du soutien financier du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques, entre autres, via le volet Santé. Les travaux sont également réalisés en collaboration avec Ouranos et l'INSPQ.

2. Contexte/objectifs

L'objectif principal du Projet VACCIn consiste à développer une méthode d'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques des immeubles dont la SQI est propriétaire. Ces immeubles, au nombre de 350, ont été construits à différentes époques (1810-2019). Ils occupent des fonctions variées dont plusieurs sont en lien avec le maintien de la santé et de la sécurité publique. À titre d'exemple, le parc compte 77 centres de transport, 61 postes locaux de la Sûreté du Québec, 43 Palais de justice, 14 établissements de détention, 11 postes régionaux de la Sûreté du Québec et 2 laboratoires nationaux. En outre, ces immeubles sont répartis sur l'ensemble du territoire québécois ce qui les expose à des conditions climatiques variées (Figure 1).

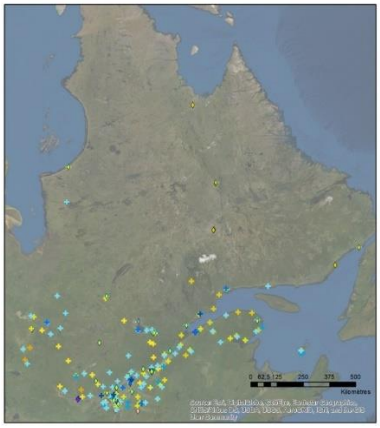


Figure 1 : Carte du parc immobilier de la SQI

Le Projet poursuit également les objectifs suivants :

- Développer une méthodologie reproductible d'évaluation de la vulnérabilité du parc immobilier et de ses occupants
- Prioriser les immeubles à évaluer selon leur mission
- Appliquer cette méthodologie aux immeubles considérés comme prioritaires afin de valider la méthodologie
- Mettre à la disposition d'autres propriétaires une boite à outils qui leur permettra de reproduire cette démarche
- Élaborer une stratégie de diffusion portant sur la démarche et les outils produits.

3. Cadre théorique[1]

Le projet VACCIn s'appuie sur trois concepts clés : le risque, la vulnérabilité et la résilience aux changements climatiques. Ces concepts généraux sont utilisés dans de nombreux domaines, mais c'est la manière dont ils se transposent à la réalité des infrastructures et des bâtiments qui est ici mise de l'avant.

3.1 Risque climatique

L'évaluation du risque climatique est l'approche préconisée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour « *étayer la prise de décisions dans le contexte du changement climatique* » (GIEC, 2014, p. 14). Pour le GIEC, le risque correspond aux conséquences éventuelles et incertaines d'un événement climatique sur quelque chose ayant une valeur. Dans ce cadre, le risque dépend de trois composantes : la présence d'un aléa (danger), l'exposition d'éléments de valeur à ce danger comme des bâtiments ou des personnes et le degré de vulnérabilité de ces éléments (Figure 2).

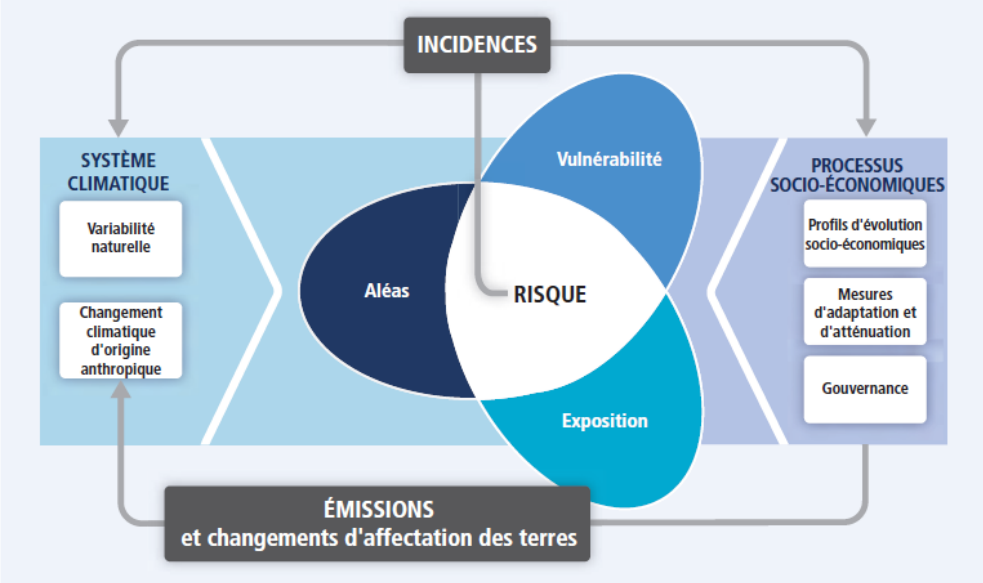


Figure 2 : Composantes et facteurs déterminants du risque

Source : GIEC (2014, 3)

La Figure 2 positionne également le risque au carrefour d'interactions entre le système climatique mondial (gauche) et des processus de nature socio-économiques (droite). La mise en œuvre de mesures d'atténuation, mesures qui diminuent les émissions de gaz à effet de serre (droite), réduit en effet les risques à l'échelle mondiale parce qu'elles ont pour effet de limiter la vitesse et l'ampleur des changements climatiques d'origine anthropique (gauche). Elles agissent donc sur la composante « aléas ». Les mesures d'adaptation (droite) réduisent quant à elles localement les risques en agissant sur les composantes « exposition » ou « vulnérabilité ». Plus précisément, les mesures visant la

[1] *Les sections 3 et 4 sont des extraits du document intitulé « Les fondements théoriques et méthodologiques du Projet VACCIn » transmis aux membres du comité de suivi en juin 2020.*

réduction de l'exposition d'un bâtiment à un danger donné se traduisent par sa relocalisation ou par des interventions sur le site. Celles dont l'objectif est plutôt de diminuer la vulnérabilité du bâtiment se matérialisent plutôt par des actions directes sur lui. L'augmentation de la performance thermique de l'enveloppe, la surélévation d'appareils ou d'équipements ou le renforcement d'éléments structuraux en sont quelques exemples. Les trois composantes sont intimement liées. Aussi toute action visant la diminution d'un risque climatique ne devrait pas se faire au détriment de l'une ou l'autre des composantes.

L'évaluation du risque dans le contexte des changements climatiques est particulière. Dans de nombreux domaines, le risque est quantifiable : il est le produit de la probabilité d'occurrence d'un aléa et de la gravité des conséquences potentielles (Brundell *et al.*, 2011; Ingénieurs Canada, 2011; ISO, 2018). Or, le risque climatique est souvent caractérisé par des incertitudes plus ou moins grandes. Il est en effet impossible de connaître aujourd'hui et hors de tout doute : i) la gravité et la chronologie des changements climatiques à venir et ii) l'efficacité des mesures d'adaptation qui pourraient être mise en œuvre à court et à moyen terme pour diminuer l'exposition ou la vulnérabilité. C'est d'ailleurs pour cette raison que le GIEC ne traduit pas les résultats de son analyse des principaux risques climatiques en termes probabilistes. Il ne fournit pas non plus d'orientations ou de lignes directrices sur la façon de les évaluer (GIZ and EURAC, 2017). Pour ces raisons, plusieurs méthodes d'évaluation du risque climatique (cf. section 4. Méthodologie) privilégient une approche qualitative dans laquelle les risques sont classés du plus faible au plus élevé.

3.2 Vulnérabilité

Le concept de la vulnérabilité a évolué entre le quatrième [AR4] et le cinquième rapport [AR5] du GIEC. Initialement, la vulnérabilité était en effet utilisée pour caractériser ce que mesure aujourd'hui le risque climatique. Cette situation explique donc les modifications importantes apportées à la définition des notions de vulnérabilité et d'exposition entre les deux rapports (Figure 3). Dans l'AR4, la vulnérabilité correspond à « *la mesure dans laquelle un système est sensible — ou incapable de faire face — aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes* » (GIEC, 2007, p. 89). Dans ce cadre, la vulnérabilité dépend de la nature, de l'ampleur, du rythme de l'évolution et de la variation du climat (exposition), de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation (Figure 3). Dans l'AR5, la vulnérabilité est définie comme étant « *la propension ou prédisposition à subir des dommages* » (GIEC, 2014). Dans ce nouveau cadre, la vulnérabilité est fonction des caractéristiques intrinsèques d'un système : sa sensibilité, sa capacité de faire face et de s'adapter. Le danger et l'exposition, qui lui sont extrinsèques, sont traités indépendamment (Figure 3).

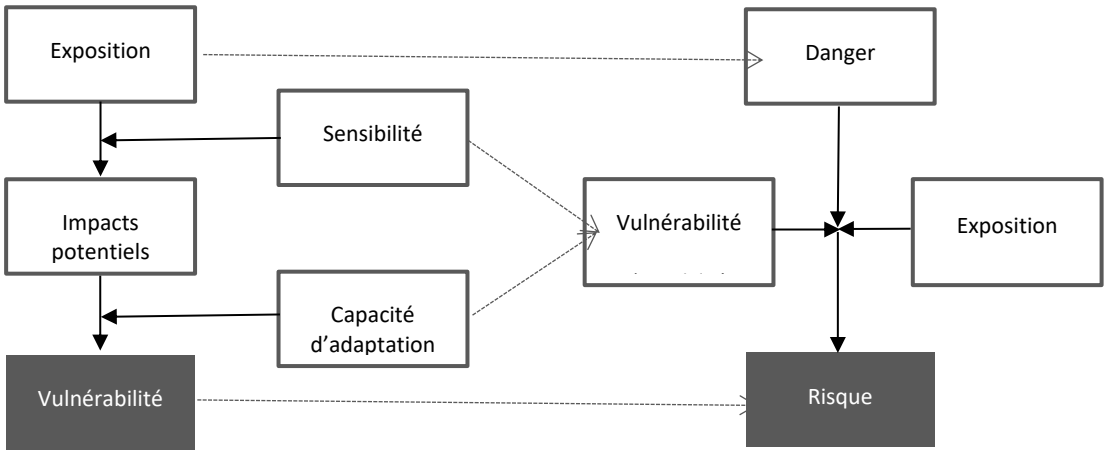


Figure 3 : Évolution du cadre conceptuel du GIEC entre l'AR4 (2007) et l'AR5 (2014)

Transposée à la réalité du bâtiment, la vulnérabilité telle que la définit l'AR5 prend différentes formes. Par exemple, un immeuble dont les équipements essentiels sont localisés au sous-sol sera considéré comme vulnérable au danger d'inondation. Cette situation pourrait en effet entraîner des pannes, des dommages matériels et un ralentissement des opérations. En revanche, celui doté d'un système de chauffage d'appoint sera beaucoup moins vulnérable aux tempêtes de verglas parce qu'il est capable de garder ses occupants sous des conditions relativement confortables malgré une panne de courant.

Le Ministère de la Sécurité publique du Québec (2009) propose toutefois d'intégrer un quatrième élément pour caractériser la vulnérabilité d'un bâtiment, soit sa « *valeur ou importance stratégique ».* Cette dernière a pour effet d'augmenter la vulnérabilité (Moudrak and Feltmate, 2019b) comme le soutient la citation suivante :

> *L'exposition à la manifestation d'un aléa d'éléments d'un milieu ayant une importance stratégique particulière, tels que des infrastructures essentielles, des activités économiques vitales ou des bâtiments ou des sites patrimoniaux de grande valeur, est évidemment susceptible d'en accroître le niveau de vulnérabilité* (Ministère de la Sécurité publique du Québec, 2009, p. 10).

Par conséquent, dans le cadre du projet VACCIn, si deux immeubles avaient une sensibilité et des capacités semblables à l'égard d'un danger climatique donné, celui dont la valeur ou l'importance stratégique est la plus grande serait jugé d'emblée plus vulnérable, entre autres, par l'attribution d'un indice de vulnérabilité plus élevé (cf. section 5.1).

3.3 Résilience

Le concept de la résilience, contrairement à celui de la vulnérabilité, ne fait pas partie des composantes du risque climatique telles que les définit le GIEC (Figure 2). Pourtant il est fréquemment rencontré dans la littérature portant sur les impacts des changements climatiques. Cette section permettra de mettre en perspective les notions de résilience et de vulnérabilité et de l'inscrire au sein du cadre conceptuel du risque climatique.

En général, la résilience est utilisée pour caractériser la manière dont réagissent les systèmes naturels ou humains à la manifestation d'une perturbation ou d'un choc donné. À l'instar de la vulnérabilité, il existe de nombreuses définitions de la résilience (Lemmen *et al.*, 2008; Ministère de la Sécurité publique du Québec, 2009; GIEC, 2014; Proag, 2014; Enterprise Green Communities, 2015; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2017; Tien *et al.*, 2018). Cependant, ces définitions renvoient toutes aux trois notions suivantes : i) un système qui se trouve dans un état d'équilibre initial, ii) un choc qui compromet cet équilibre et iii) la capacité qu'a le système ou non de résister, de s'adapter ou de se réorganiser pour retrouver un état d'équilibre (Figure 4).

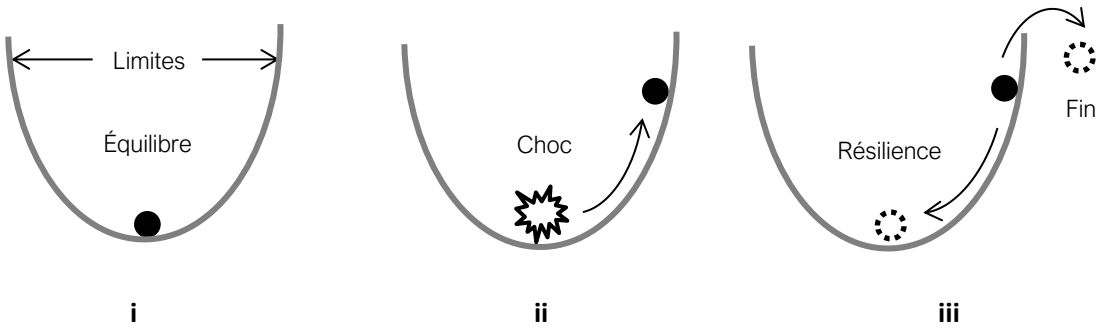


Figure 4 : Les trois stades de la résilience

Source : Inspiré du *Stockholm Resilience Centre (2015)*

Au niveau de l'architecture, « *un bâtiment résilient en est un qui demeure en fonction avant, pendant et après une perturbation sans encourir de dommages sérieux ou permanents* » (Kesik and O'Brien, 2017; Laperrière, 2019). Il est aussi capable de maintenir ses occupants en sécurité jusqu'à ce que la situation revienne à la normale (BOMA Canada, 2019). Plus précisément, la résilience des bâtiments dépend de leur capacité de : i) résister, ii) de minimiser, iii) de se remettre ou iv) de s'adapter à un événement météorologique extrême (Tien *et al.*, 2018).

En définitive, puisque la résilience correspond essentiellement aux différentes capacités d'un système et que les capacités de faire face et de s'adapter sont des sous-composantes de la vulnérabilité, alors la résilience peut être considérée, du moins en partie, comme l'une des sous-composantes de la vulnérabilité (Figure 3). C'est d'ailleurs ce qui explique dans la pratique le chevauchement des deux concepts sous forme de corrélation négative (Fritzche *et al.*, 2015). À mesure que la résilience augmente (capacités d'un système), la propension à subir des dommages (vulnérabilité) diminue (Adger, 2006; Proag, 2014).

4. Méthodologie

Neuf méthodes existantes d'évaluation du risque, de la vulnérabilité et de la résilience aux changements climatiques ont été analysées (Tableau 1). L'objectif principal de cette revue est de mettre en exergue différentes approches avec leurs avantages et leurs inconvénients, pour cibler les caractéristiques qui devraient se retrouver dans la méthode d'évaluation du risque climatique développée à la SQI.

Les méthodes d'évaluation comprennent 4 guides, 2 outils-diagnostics et 3 référentiels provenant d'Europe, des États-Unis, du Canada et de l'Australie. Le Profil de vulnérabilité type des immeubles aux changements climatiques (PVTI), développé précédemment par le Ministère de la Santé et des Services sociaux et la Société québécoise des infrastructures avec le soutien d'Ouranos et de l'Institut national de santé publique (Saucier and Drolet, 2017), n'a pas été inclus à cette étape parce que son approche essentiellement théorique ne permet pas d'évaluer un bâtiment en particulier.

Les neuf méthodes analysées ont été développées pour être utilisées à différentes échelles spatiales, allant d'une région à un bâtiment. Elles se destinent aussi à différents publics : des organismes publics et communautaires, des concepteurs (architectes et ingénieurs) et enfin des propriétaires et des gestionnaires immobiliers (La plupart de ces méthodes sont en libre accès à l'exception du Protocole d'ingénierie du CVIIP qui requière la signature préalable d'une entente avec les organismes responsables et le référentiel LEED qui exige une licence gérée par le Conseil du bâtiment durable du Canada.

Chaque méthode a été examinée de manière à faire ressortir : i) l'objectif, ii) le cadre conceptuel, iii) les principales étapes de sa démarche, iv) les outils et les données requises ainsi que vi) le type de résultats produits. Pour éviter les redondances, les résultats sont présentés en fonction du type de méthode : les guides, les outils-diagnostics et les référentiels. Certaines méthodes ont aussi vu leur terminologie adaptée en fonction de leur cadre conceptuel. C'est le cas des méthodes qui s'inscrivent dans le cadre d'une évaluation de la vulnérabilité telle que le définit l'AR4 (cf. section 3.2) et dont les principales étapes de la démarche ont été traduites pour répondre au contexte de l'évaluation du risque climatique préconisée dans l'AR5 (cf. section 3.1). Cette uniformisation de la terminologie facilite la comparaison et l'analyse des méthodes.

Tableau 1). La plupart de ces méthodes sont en libre accès à l'exception du Protocole d'ingénierie du CVIIP qui requière la signature préalable d'une entente avec les organismes responsables et le référentiel LEED qui exige une licence gérée par le Conseil du bâtiment durable du Canada.

Chaque méthode a été examinée de manière à faire ressortir : i) l'objectif, ii) le cadre conceptuel, iii) les principales étapes de sa démarche, iv) les outils et les données requises ainsi que vi) le type de résultats produits. Pour éviter les redondances, les résultats sont présentés en fonction du type de méthode : les guides, les outils-diagnostics et les référentiels. Certaines méthodes ont aussi vu leur terminologie adaptée en fonction de leur cadre conceptuel. C'est le cas des méthodes qui s'inscrivent dans le cadre d'une évaluation de la vulnérabilité telle que le définit l'AR4 (cf. section 3.2) et dont les principales étapes de la démarche ont été traduites pour répondre au contexte de l'évaluation du risque climatique préconisée dans l'AR5 (cf. section 3.1). Cette uniformisation de la terminologie facilite la comparaison et l'analyse des méthodes.

Tableau 1 : Méthodes d'évaluation existantes analysées

Méthodes		Origine[2]	Échelle[3]	Acteurs[4]
Guides	GIZ, EURAC, 2017. *Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Bonn. Fritzche, K. et coll., 2015. *Guide de référence sur la vulnérabilité. Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Bonn, Allemagne.	Euro.	Rég.	OP/C
	Urban Land Institute, 2015. *A Guide for Assessing Climate Change Risk*. Washington, DC.	É.U.	Muni.	OP/C
	Ingénieurs Canada, 2011. P*rotocole d'ingénierie du CVIIP pour l'évaluation de la vulnérabilité des infrastructures et l'adaptation au changement climatique* (No. Version 10 beta). Conseil canadien des ingénieurs.	Can.	Infra. Bât.	P/G
	Ouranos, 2010. *Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques. Guide destiné au milieu municipal québécois*. Montréal (Québec).	Can.	Muni.	OP/C
Outils	Insurance Council of Australia, 2017. *Building Resilience Rating Tool*. URL https : //www.resilient.property/ (accessed 7.17.19).	Aus.	Bât.	P/G
	Moudrak, N., Feltmate, B., 2019. *Weathering the Storm: Developing a Canadian Standard for Flood-Resilient Existing Communities*. Prepared for SCA and NRCC. Intact Centre on Climate Adaptation, University of Waterloo.	Can.	Muni.	OP/C
Référentiels	Institute for Sustainable Infrastructure, 2018. *Envision — Sustainable Infrastructure Framework — Version 3*. Washington, DC.	É.U.	Infra.	Conc.
	GIB Foundation, 2018. *SuRe®—The Standard for Sustainable and Resilient Infrastructure. Version 1.1*. Global Infrastructure Basel Foundation, Switzerland.	Euro.	Infra. Bât.	Conc.
	U.S. Green Building Council, 2016. *Guide de référence LEED v4 pour la conception et construction de bâtiments — crédits pilotes sur la résilience*. Washington DC.	É.U.	Bât.	Conc.

[2] Origine : Europe (Euro.), États-Unis (É.U.), Canada (Can.) ou Australie (Aus.).
[3] Échelle : Régionale (Rég.), Municipale (Muni.), Infrastructures (Infra.), Bâtiments (Bât.).
[4] Acteurs : Organisme public ou communautaire (OP/C), Concepteurs (Conc.), Propriétaires ou gestionnaires immobiliers (P/G).

4.1 Les guides

Les 4 guides analysés poursuivent le même objectif qui est d'offrir une méthodologie pouvant être suivie pas à pas pour analyser les risques associés aux changements climatiques. Tous s'inscrivent également dans une démarche d'adaptation : qu'il s'agisse de la création d'un premier plan (Ouranos, 2010), de la priorisation des stratégies à mettre en œuvre (Ingénieurs Canada, 2011; Urban Land Institute, 2015) ou du suivi de leur performance (Fritzche *et al.*, 2015; GIZ and EURAC, 2017).

Les 4 guides se basent cependant sur des cadres conceptuels différents. Ils se reportent tantôt au risque climatique [AR5] (GIEC, 2014), à la vulnérabilité [AR4] (GIEC, 2007) ou à la vulnérabilité de l'ingénierie (Ingénieurs Canada, 2018). La majorité d'entre eux préconise d'apprécier qualitativement les risques. Seul le « Guide for Assessing Climate Change Risk » (Urban Land Institute, 2015) exige de les quantifier. Par conséquent, les résultats de la plupart des évaluations donnent lieu à des classes de risque (Ouranos, 2010; GIZ and EURAC, 2017) ou à un profil de risque (Ingénieurs Canada, 2011) allant par exemple de « très faible » à « très élevé ».

La démarche et les termes employés varient d'un guide à l'autre, mais en substance, ils se ressemblent. Ils procèdent tous au départ à une identification des dangers climatiques passés et futurs, à un inventaire de leurs impacts directs et indirects et à un examen des vulnérabilités du système à l'étude (région, municipalité ou infrastructure). Plus l'échelle d'évaluation est petite, plus les instructions et le type de données à se procurer sont précis. Par exemple, le « Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque » (GIZ and EURAC, 2017), dont l'échelle d'application est régionale, exige la collecte de données de nature climatique, physique et socio-économique sans les détailler outre mesure. À l'opposé, le « Protocole d'ingénierie du CVIIP » (Ingénieurs Canada, 2011) qui est conçu pour les infrastructures publiques demande des plans, des cartes, des photographies, des rapports d'inspection et des entrevues. Les quatre guides ont aussi recours à la consultation d'experts à un moment ou l'autre de leur démarche. Trois d'entre eux suggèrent de les consulter pour bien circonscrire le problème — Quels impacts ? Où ? Quand ? Dans quelle mesure ? Pour quelles raisons ? — et pour poser un diagnostic de risque ou de vulnérabilité. Ici encore, le « Guide for Assessing Climate Change Risk » (Urban Land Institute, 2015) se distingue du lot, car il requiert seulement leur participation au moment d'évaluer les coûts des dommages induits par les changements climatiques. Trois des quatre guides concluent enfin leur démarche sur une étape de priorisation des risques de manière à cibler les secteurs, actifs, éléments d'infrastructures ou groupes de personnes requérant à court terme le déploiement de mesures d'adaptation.

C'est dans la manière d'apprécier les risques et de les matérialiser que les différences entre les méthodes apparaissent plus évidentes. Le « Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque » (GIZ and EURAC, 2017) a recours à des chaines d'impacts pour produire des indicateurs composites de risque. Le « Guide for Assessing Climate Change Risk » (Urban Land Institute, 2015) utilise plutôt des courbes de risque pour évaluer le coût des dommages. Enfin, le « Protocole d'ingénierie du CVIIP » (Ingénieurs Canada, 2011) et le « Guide destiné au milieu municipal québécois » (Ouranos, 2010) se servent d'échelles numériques et sémantiques pour évaluer la probabilité d'occurrence d'un danger et la gravité des impacts en vue d'établir un profil de risques.

4.2 Les outils-diagnostic

Les outils-diagnostic s'adressent à des usagers non experts et produisent assez rapidement des résultats sommaires. Le « *Building Resilience Rating Tool »* (Insurance Council of Australia, 2017) est une page web destinée aux propriétaires d'immeubles résidentiels australiens qui leur permet d'évaluer les risques de pertes et de dommages provoqués par des feux de forêt, des inondations, des tempêtes de verglas, des vents violents ou des ouragans. Le « *Canadian Standard for Flood-Resilient Existing Communities »* (Moudrak and Feltmate, 2019b) est à la fois un outil et un guide s'adressant aux municipalités désirant évaluer les risques d'inondation de quartiers résidentiels existants.

Les fondements théoriques de ces méthodes ne sont pas clairement définis étant donné leur nature opérationnelle. Ils peuvent cependant être déduits. Dans le cas du « *Building Resilience Rating Tool* », l'usager doit répondre à une série de questions à choix de réponses qui, selon toute vraisemblance, évaluent le risque comme le définit l'AR5. La plupart des questions sont en effet accompagnées de brèves explications qui permettent de les lier au concept d'exposition ou de la vulnérabilité. À titre d'exemple, l'outil explique que la densité urbaine du lieu de résidence détermine son degré de protection ou d'exposition aux vents forts et aux cyclones. De même, il précise que la forme et la complexité géométriques du toit d'une résidence influencent sa capacité de faire face à des conditions météorologiques extrêmes. Le « *Building Resilience Rating Tool »* approche d'ailleurs la vulnérabilité comme le font le « *Protocole du CVIIP* » (Ingénieurs Canada, 2011) et le « *Profil de vulnérabilité type des immeubles* » (Saucier and Drolet, 2017), c'est-à-dire en ne considérant que les caractéristiques physiques d'un bâtiment.

Les deux outils-diagnostic proposent d'évaluer sommairement, ou de manière plus approfondie les risques. L'option 1 du « *Building Resilience Rating Tool* » génère en effet un rapport de risque en se basant sur quatre questions. Cette approche typologique permet à l'outil de déduire un ensemble de caractéristiques physiques sans que le propriétaire d'une résidence ait besoin de les saisir. L'option 2, plus exhaustive, a recours à 38 questions pour produire le rapport de risque. Du côté du « *Canadian Standard for Flood-Resilient Existing Communities »,* le niveau de base utilise un nombre variable d'indicateurs selon le type d'inondation considéré. L'outil fait en effet la distinction entre les inondations provoquées par : i) le débordement d'un cours d'eau, ii) un ruissellement excessif, iii) un refoulement d'égout ou iv) la défaillance du système de drainage des fondations. L'évaluation requiert d'avoir une base de données urbaines à disposition, car les indicateurs qui permettent de décrire le territoire, la population, les immeubles et les réseaux d'égout sanitaires et pluviaux se mesurent à l'échelle d'une municipalité ou d'un quartier. L'outil suggère de recourir aux niveaux intermédiaire et avancé pour confirmer les résultats produits par le niveau de base. Ces niveaux emploient des données et outils spécialisés comme des modèles hydrauliques, des études géotechniques et des analyses d'impacts.

Les outils-diagnostic produisent des résultats du même type. Dans un premier temps, ils ciblent les éléments les plus à risque. Dans un deuxième, ils invitent les usagers à explorer des mesures leur permettant d'augmenter leur résilience. Plus précisément, le « *Building Resilience Rating Tool* » calcule les économies qui pourraient être réalisées au niveau des primes d'assurance habitation si une résidence intégrait certaines des mesures suggérées. De son côté, le « *Canadian Standard for Flood-Resilient Existing Communities* » fournit aux municipalités des exemples : i) de lignes directrices, ii) de programmes d'exploitation et de maintenance des infrastructures, iii) d'actions visant la mobilisation

citoyenne et iv) de mesures techniques pour réduire les risques d'inondation. Ces mesures sont notamment détaillées en matière d'investissements relatifs (faibles, modérés, élevés) et de facilité de mise en œuvre (simple, modérée, complexe). Autrement, les deux outils suivent des démarches et font appel à des données différentes pour produire ce type de résultats.

4.3 Les référentiels

Les trois référentiels suivants ont été analysés : « *Envision* » (Institute for Sustainable Infrastructure, 2018), « *LEED* » (U.S. Green Building Council, 2016) et « *SuRe* » (GIB Foundation, 2018). Ces derniers s'adressent principalement aux concepteurs de projet afin de leur permettre d'évaluer l'impact de leurs décisions sur la société, l'économie et l'environnement, les trois piliers du développement durable. À cette fin, les référentiels exigent qu'une tierce personne homologue la performance du projet. Celle-ci dépend de la réalisation d'un certain nombre de critères ou de crédits auxquels sont associés des niveaux de certification : certifié, argent, or ou platine pour « *Envision* » et « *LEED* », bronze, argent ou or pour « *SuRe* ».

Les trois référentiels abordent l'enjeu des changements climatiques. Tous incluent en effet des critères visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports, des infrastructures ou des bâtiments. Certains comprennent également des crédits pour la mise en œuvre de stratégies d'adaptation visant par exemple la gestion des eaux pluviales ou l'atténuation des îlots de chaleur urbains. Cependant, le nombre de critères abordant les concepts du risque, de la vulnérabilité ou de la résilience aux changements climatiques demeure limité. La revue des méthodes existantes d'évaluation s'est concentrée sur ceux-ci.

Le référentiel américain « *Envision : the Sustainable Infrastructure Framework* » a été développé pour accompagner les concepteurs de nouveaux projets d'infrastructures publiques (centrales d'énergie, ponts et chaussées, usines de traitement d'eau, réseaux de communication, etc.). Des 64 crédits qu'il compte, 4 ont été analysés. Le référentiel européen *« SuRe: The Standard for Sustainable and Resilient Infrastructure* » a été conçu pour évaluer une gamme étendue de projets d'infrastructures et de bâtiments allant de rénovations majeures à de nouvelles constructions. Deux critères sur un total de 61 ont été inclus à la revue des méthodes. Enfin, le référentiel américain « *LEED: Leadership in Energy and Environmental Design* » se décline en plusieurs versions selon l'échelle et le type de projet. C'est la version 4 pour la conception et la construction de nouveaux bâtiments (LEED NC-V4) qui a été utilisée pour les fins de l'analyse. Des 68 crédits existants, aucun n'aborde directement les concepts de risque, de résilience ou de vulnérabilité aux changements climatiques. Il existe cependant trois « crédits pilotes » (IPpc98, IPpc99 et IPpc100) auxquels les équipes peuvent recourir pour combler ce manque. Ceux-ci pourraient être intégrés aux versions ultérieures du référentiel, mais ils permettent pour l'instant de reconnaître des projets pour leurs caractéristiques de construction novatrices (U.S. Green Building Council, 2016, p. 789).

À l'instar des outils-diagnostic présentés précédemment, les référentiels fournissent peu d'informations de nature conceptuelle. Ils mettent plutôt l'accent sur des solutions, des lignes directrices, des procédures, des indicateurs de performance ou des exigences techniques capables d'accompagner et d'informer le processus de design. « *Envision* » consacre un encart à la définition des concepts de danger, de vulnérabilité et de résilience aux changements climatiques. Ces derniers sont assez proches des définitions de l'AR5 à l'exception de la vulnérabilité, plus près de l'AR4 (section 1.1.2). L'information

est également disponible pour les crédits pilotes de « *LEED* » à l'intérieur du « *Resilience Workbook* », un fichier Excel conçu pour documenter les crédits IPpc98 et IPcp99. Les définitions du danger, de l'exposition, de la vulnérabilité, de la sensibilité et de la capacité d'adaptation sont conformes à l'AR5. Dans le cas du référentiel « *SuRe* », la terminologie employée et la description des étapes à franchir ne fournissent pas suffisamment d'indices pour reconnaître les concepts sur lesquels il s'appuie.

Les trois référentiels ont recours à plus d'un crédit pour évaluer le risque, la vulnérabilité ou la résilience aux changements climatiques. Certains crédits constituent des étapes préalables comme le crédit G2.3 « *Planification de la résilience* » du référentiel « *SuRe* » qui doit être réalisé avant le crédit E1.2 « *Définir et intégrer des mesures d'adaptation à court et à long terme dans le design du projet* ». D'autres chapeautent un ensemble de crédits plus spécifiques. C'est le cas du crédit 2.3 « *Évaluer le risque et la résilience »* du référentiel « *Envision* ». Ce dernier prend en partie appui sur le crédit 2.2 « *Évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques* » et sur le crédit 2.4 *« Établir des objectifs et des stratégies de résilience* ». Enfin, certains crédits sont complémentaires. Le crédit « *LEED* » IPpc100 *« Survivance passive et alimentation de secours* » qui suggère des mesures supplémentaires à celles décrites dans le crédit IPpc99 « *Design pour une résilience accrue* » en est un exemple.

Malgré les différences sur les plans de la terminologie, des exigences et du nombre de crédits impliqués, les démarches d'évaluation proposées par les trois référentiels se résument en trois grandes étapes :

1. Une évaluation des risques ou de la vulnérabilité à la lumière de dangers prioritaires,
2. L'identification de mesures permettant d'atténuer les risques, de diminuer la vulnérabilité ou d'augmenter la résilience et l'intégration de certaines d'entre elles aux différentes phases du projet,
3. Le suivi et l'évaluation de la performance des mesures mises en œuvre.

Les référentiels produisent par conséquent des résultats du même ordre. « *Envision* » est cependant le seul à considérer dans l'évaluation des risques la vulnérabilité du projet parallèlement à celle des éléments d'infrastructure et des réseaux auxquels il est lié. « *Envision* » et « *SuRe* » encouragent également le développement d'un processus pour assurer le suivi et la mise à jour des solutions intégrées au projet sur toute la durée de sa vie. Ce processus comprend notamment pour « *Envision* » le calcul des pertes et des dommages que ces solutions permettent d'éviter au cours de cette période. « *LEED* » n'exige pas de mécanisme de suivi des mesures choisies, car il s'applique principalement aux phases de programmation et de conception qui précèdent la construction d'un projet. Il demande toutefois dans certains cas de démontrer à l'aide de modèles thermiques l'efficacité de certaines mesures.

5. Résultats

La revue des méthodes existantes d'évaluation a permis d'explorer, et non de tester, des guides, outils et référentiels qui ont recours à différents moyens pour mesurer le risque ou la vulnérabilité aux changements climatiques. Certaines méthodes proposent une évaluation exhaustive des risques de manière à les prioriser. Ces dernières comprennent les guides produits par GIZ and EURAC (2017 b), The Urban Land Institute (2015) et Ouranos (2010). Le Protocole développé par Ingénieurs Canada (2011 b) et l'outil conçu par Moudrak and Feltmate (2019) en font aussi partie. D'autres méthodes proposent des évaluations simplifiées de la vulnérabilité, car ces dernières se concentrent sur l'identification de mesures de résilience. Le « *Building Resilience Rating Tool* » (Insurance Council of Australia, 2017) et les référentiels « *Envision* » (2018), « *SuRe* » (2018) et « *LEED* » (2016) appartiennent à cette catégorie. Ces différentes approches ont des répercussions sur le type et la quantité de données à renseigner, les outils requis et les résultats produits.

La revue a précédé le développement de la méthode d'évaluation des risques climatiques présentée dans cette section. Cette méthode s'inspire des meilleures pratiques recensées et qui apparaissent les plus susceptibles de répondre aux conditions avec lesquelles un gestionnaire immobilier tel que la SQI doit composer. La première de ces conditions est l'envergure et la diversité du parc immobilier (cf. section 2). La méthode doit donc être suffisamment exhaustive pour brosser un portrait réaliste des risques encourus par chaque bâtiment, mais demeurer assez générale afin de pouvoir en évaluer plusieurs à l'intérieur d'un laps de temps raisonnable. La deuxième condition est le besoin de produire des résultats qui s'inscrivent dans les opérations courantes de la SQI. La méthode se concentre par conséquent sur la production d'un indice de risques climatiques qui se veut complémentaire à l'indice d'état[5] qui est actuellement utilisé pour prioriser les projets de maintien d'actifs[6] (Secrétariat du Conseil du trésor, 2018). La troisième condition est la transférabilité de la méthode d'évaluation. La SQI s'est effectivement engagée à partager sa méthode gracieusement avec tous les acteurs de l'immobilier qui souhaiteraient entreprendre une démarche comparable (cf. section 2). Aussi, bien que les bases de données de la SQI contiennent une masse considérable d'informations pour décrire chacun de ses immeubles, tel n'est pas le cas de toutes les organisations. La méthode doit donc s'appuyer sur des données pouvant être facilement documentées. L'expertise des professionnels de la SQI qui interviennent au niveau de la conception ou de l'exploitation des immeubles pourra cependant être mise à profit, car la plupart des organisations peuvent aussi compter sur les connaissances et l'expérience de personnel qualifié. En somme, la qualité des données sera privilégiée au détriment de leur quantité.

La démarche d'évaluation des risques climatiques élaborée dans le cadre du Projet VACCIn repose sur le calcul d'indices de danger, d'exposition et de vulnérabilité qui conduisent au calcul d'indices de risques comme le propose le « *Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque »* (GIZ and EURAC, 2017). Cette approche a été privilégiée pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les indices apportent beaucoup de rigueur et de souplesse à la méthode d'évaluation. Ces derniers s'adaptent en effet aux données disponibles et permettent ensuite d'évaluer systématiquement un grand nombre de bâtiments à la lumière des mêmes critères. Deuxièmement, elle est relativement simple. Les résultats,

[5] *Lettre qui caractérise la condition physique d'un bâtiment (A à E).*

[6] *Travaux réalisés sur un bâtiment en vue d'assurer la santé et la sécurité des personnes, de poursuivre son utilisation, de réduire la probabilité de défaillance ou de contrer sa vétusté physique.*

présentés d'après les trois composantes du risque (cf. section 3) permettent de comprendre les éléments responsables du risque et d'identifier les axes d'intervention prioritaires. Cette opération est d'autant plus facile lorsque les résultats sont présentés sur un graphique radar (Figure 6). Troisièmement, le format numérique des indices permet d'inscrire le résultat des évaluations à l'intérieur de bases de données descriptives existantes. Ces résultats pourraient donc être complémentaires à l'indice d'état et ainsi contribuer à la sélection des bâtiments à prioriser dans le cadre de projets de maintiens d'actifs. Quatrièmement, le format numérique des indices peut être transposé à des échelles alphanumériques (A à E), sémantiques allant par exemple de « risque faible » à « risque élevé » ou à des échelles graphiques allant du « vert » au « rouge » pour favoriser la communication des résultats. Enfin, les indices peuvent être suivis dans le temps. Une évaluation des risques climatiques conduite à intervalles réguliers pourrait ainsi mesurer l'efficacité des mesures d'adaptation mises en œuvre. Cette possibilité est particulièrement intéressante pour un gestionnaire immobilier tel que la SQI qui exploite ses bâtiments sur de très longues périodes.

La méthode comprend quatre étapes préalables à l'évaluation des risques proprement dite. Il s'agit de : i) l'identification des dangers climatiques potentiels, ii) de la reconnaissance des indices climatiques en mesure d'évaluer ces dangers et de comprendre leur évolution dans le futur, iii) de la création d'une base de données géospatiale et iv) de la sélection de critères pour prioriser les immeubles à évaluer.

L'identification des dangers potentiels permet de restreindre l'évaluation aux événements les plus susceptibles d'affecter le parc immobilier : c'est-à-dire ceux qui l'ont déjà fait par le passé. En effet, les changements climatiques ne devraient pas exposer les bâtiments à de nouveaux phénomènes, mais plutôt se traduire par une augmentation de la fréquence ou de l'intensité des phénomènes existants (Warren and Lemmen, 2014). Pour ce faire, deux exercices ont été réalisés : i) une recension des dommages matériels passés provoqués par des phénomènes météorologiques (1996-2018) et ii) une enquête en ligne conduite auprès des douze directions immobilières de la SQI afin de déterminer les vulnérabilités passées et futures des bâtiments dont elle est la propriétaire (cf. annexe 9.1). Ces deux exercices ont permis de déterminer que les vents violents ou les tornades, les tempêtes de neige et de verglas, les inondations, les cycles de gel et de dégel ainsi que les canicules constituent les principaux dangers pour les bâtiments de la SQI.

La reconnaissance des indices climatiques disponibles pour évaluer ces dangers et prévoir leur importance à l'horizon 2041-2070 est également indispensable. Un inventaire des indices climatiques disponibles sur les plateformes d'Ouranos[7] et de Données climatiques Canada[8] a été réalisé à cette fin. Dans le cas des cycles de gel et de dégel, de la chaleur et des canicules, les indices climatiques appropriés existent et sont adéquats (Tableau 2). Parfois, des indices existent, mais demeurent approximatifs. Il s'agit en outre des précipitations maximales quotidiennes utilisées pour évaluer le danger d'inondation urbaine, alors que les précipitations maximales sur 2h seraient souhaitables. De même, les précipitations solides maximales sur une période de 24h seraient plus aptes à décrire le phénomène des tempêtes de neige que les précipitations solides annuelles totales qui sont actuellement disponibles.

Tableau 2 : Inventaire des indices climatiques disponibles

[7] https://www.ouranos.ca/portraits-climatiques/#/

[8] https://donneesclimatiques.ca/

Dangers climatiques	Indices climatiques	Qualité des indices
Cycles de gel et de dégel	• Événements de gel-dégel annuels (jours)	• Adéquat
Chaleur et canicules	• Nombre de vagues de chaleur par année • Nombre de jours où T^{o}_{max} >30^{o}C	• Adéquats
Inondations urbaines	• Précipitations maximales quotidiennes (mm)	• Approximatif
Tempêtes de neige	• Précipitations solides totales annuelles (mm)	• Approximatif
Inondations riveraines	• Cartes de zones inondables requises	• Inadéquats
Vents violents ou tornades	• Aucun indice	• s.o.
Tempêtes de verglas	• Aucun indice	• s.o.

Dans le cas des inondations riveraines, celles qui sont causées par la crue d'un cours d'eau, les indices climatiques ne représentent pas le bon moyen pour évaluer le danger étant donné l'importance de multiples facteurs d'ordre géophysiques. Seules des cartes de zones inondables à jour et qui tiendraient compte des projections climatiques apparaissent capables d'évaluer réellement ce danger. Enfin, dans le cas des vents violents, des tornades ou des tempêtes de verglas, les indices climatiques adéquats n'existent pas encore (Tableau 2). Une équipe d'experts d'Ouranos a cependant été consultée afin de colliger le maximum d'informations sur le sujet. Ces derniers ont produit une synthèse des connaissances (cf. annexe 9.2) qui met notamment en évidence les nombreuses incertitudes quant à l'évolution de ces phénomènes dans le futur.

La troisième étape conditionnelle à la réalisation de l'évaluation des risques climatiques est la création d'une base de données géospatiale. Cette base de données permet tout d'abord de situer chaque immeuble dans son contexte naturel et bâti. Elle permet aussi de centraliser les données requises par l'évaluation et qui se retrouvent actuellement à différents endroits. Ces données comprennent : des données descriptives générales et techniques, le registre des plaintes, le répertoire des immeubles patrimoniaux, des plans et autres dessins techniques et les dépenses occasionnées par des phénomènes météorologiques. La base de données géospatiale permet aussi d'intégrer des couches de données produites par d'autres ministères et organismes pour évaluer l'exposition des bâtiments à certains dangers d'origine climatique comme les inondations et les îlots de chaleur urbains. Enfin, le logiciel SIG[9] utilisé pour exploiter cette base de données offre aussi la possibilité de faire des requêtes basées sur des attributs descriptifs. Cette fonction a notamment été utilisée à l'étape de la priorisation des immeubles.

La dernière étape, consiste à sélectionner des critères pour prioriser les bâtiments à évaluer, car le parc de la SQI en compte près de 350 (cf. section 2). Quatre critères ont été retenus à cet effet. Ont été priorisés les bâtiments qui : i) jouent un rôle stratégique dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique, ii) sont reconnus pour leur valeur patrimoniale, iii) ont fait l'objet de plaintes relatives au confort au cours de l'année dernière et iv) sont caractérisés par un indice d'état de D ou E. Ces critères ont ainsi permis de cibler 12 immeubles répartis aux quatre coins du Québec.

[9] *SIG : Système d'information géographique*

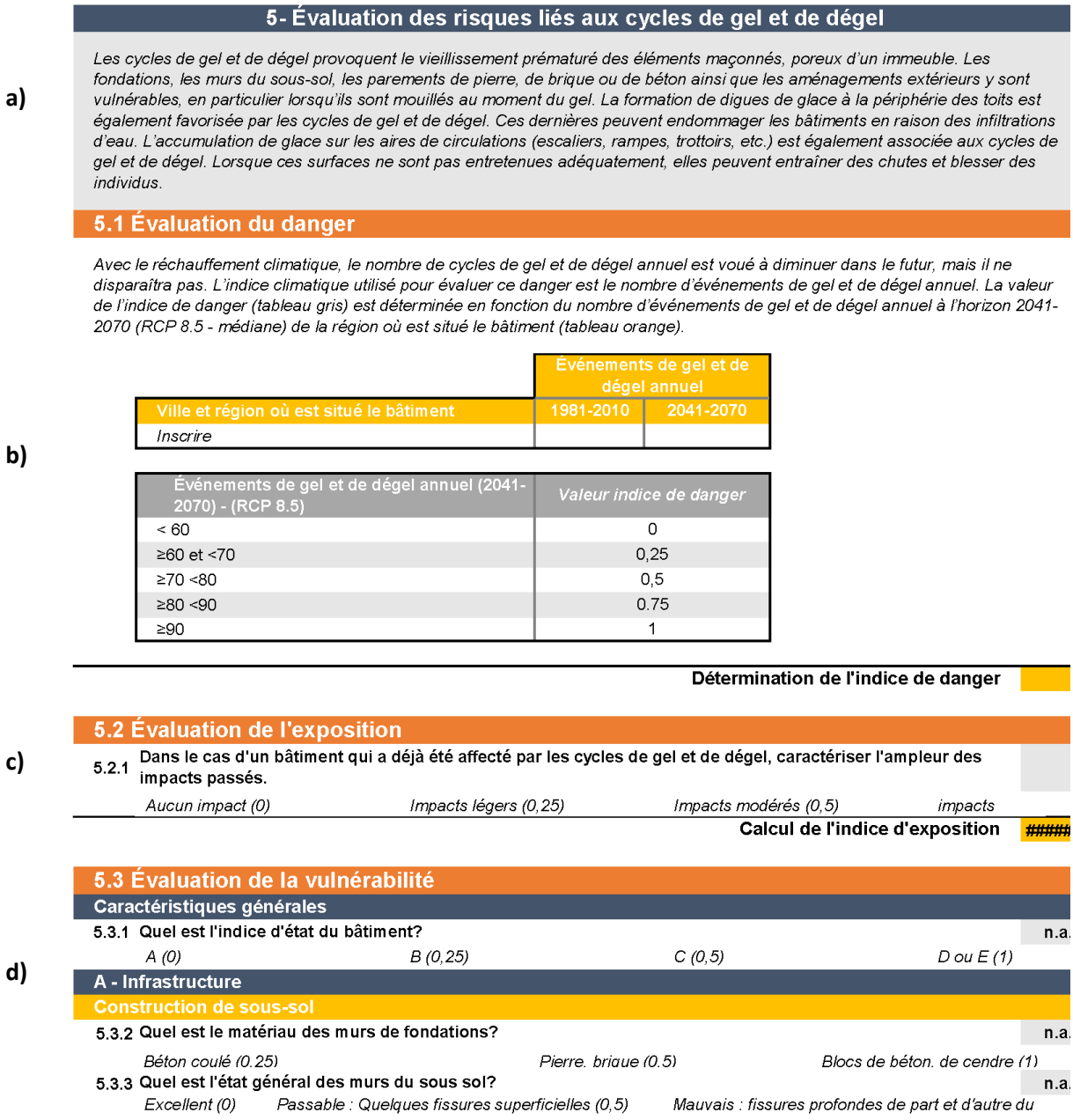
5.1 Un nouvel outil d'évaluation des risques climatiques

Le développement de la méthode d'évaluation des risques climatiques a conduit à la création d'un nouvel outil basé sur un tableur numérique (cf. annexe 9.3). Cette solution a été retenue parce qu'elle est simple, accessible dans la plupart des organisations et qu'elle peut être facilement adaptée en fonction des données disponibles. Le tableur comprend dix onglets. Le premier intitulé « fiche bâtiment » rassemble des informations sur le bâtiment et son site qui seront utilisées à divers moments de l'évaluation. Plusieurs choix de réponses sont offerts à cet effet. Les cellules contiennent également des indications pour accompagner l'utilisateur de l'outil notamment en ce qui a trait à la localisation des informations demandées : bases de données descriptives de la SQI, plans, coupes et élévations du bâtiment, plans de sécurité et de mesures d'urgence, base de données géospatiale ou photographies satellites. Les sept onglets suivants permettent de calculer les indices de risques associés aux principaux dangers d'origine climatique identifiés précédemment. Ces onglets sont tous structurés de la même façon. La première section résume les risques potentiels pour le bâtiment et ses occupants (Figure 5a). Les trois sections suivantes permettent de calculer les indices de danger (Figure 5b), d'exposition (Figure 5c) et de vulnérabilité (Figure 5d).

La détermination de l'indice de danger (Figure 5b) consiste à établir une correspondance entre la valeur d'un indice climatique préalablement identifié (par exemple le nombre d'événements de gel et de dégel annuel à l'horizon 2041-2070) et la valeur de l'indice de danger normalisé. Dans la plupart des cas, la valeur de cet indice pour une région donnée se trouve sur les plateformes d'Ouranos ou de Données climatiques Canada. L'outil comprend d'ailleurs un hyperlien à cette fin. Si par exemple ce nombre s'élevait à 75 événements de gel et de dégel annuel (tableau jaune) pour la région où est érigé le bâtiment, la valeur de l'indice de danger normalisé serait fixée à 0,5 (tableau gris).

Le calcul de l'indice d'exposition comprend entre 2 et 4 questions à choix de réponse selon les dangers évalués (Figure 5c). Ces questions cherchent à identifier les caractéristiques du site qui ont le potentiel d'amplifier les effets néfastes du danger sur le bâtiment. Ces caractéristiques comprennent par exemple le type d'environnement naturel et bâti, la topographie, la présence d'une plaine inondable et celle d'un îlot de chaleur urbain. Les choix de réponse sont associés à des valeurs comprises entre « 0 » (faible exposition) et « 1 » (exposition élevée). Ces valeurs ont été déterminées à partir de publications scientifiques. L'indice d'exposition résultant correspond à la moyenne des valeurs attribuées à chacune des questions.

Le calcul de l'indice de vulnérabilité suit le même principe (Figure 5d). Cette section comprend entre 13 et 30 questions à choix de réponse selon les dangers (cf. annexe 9.3). Ces dernières se concentrent sur les caractéristiques architecturales et techniques qui prédisposent ou non le bâtiment à subir des dommages. Les questions sont organisées d'après la classification UNIFORMAT II qui est très courante dans le domaine du bâtiment (UNIFORMAT II, 2010). L'indice de vulnérabilité est calculé en faisant la moyenne des valeurs obtenues (entre 0 et 1) à chacune des questions.



a)

5- Évaluation des risques liés aux cycles de gel et de dégel

Les cycles de gel et de dégel provoquent le vieillissement prématuré des éléments maçonnés, poreux d'un immeuble. Les fondations, les murs du sous-sol, les parements de pierre, de brique ou de béton ainsi que les aménagements extérieurs y sont vulnérables, en particulier lorsqu'ils sont mouillés au moment du gel. La formation de digues de glace à la périphérie des toits est également favorisée par les cycles de gel et de dégel. Ces dernières peuvent endommager les bâtiments en raison des infiltrations d'eau. L'accumulation de glace sur les aires de circulations (escaliers, rampes, trottoirs, etc.) est également associée aux cycles de gel et de dégel. Lorsque ces surfaces ne sont pas entretenues adéquatement, elles peuvent entraîner des chutes et blesser des individus.

5.1 Évaluation du danger

Avec le réchauffement climatique, le nombre de cycles de gel et de dégel annuel est voué à diminuer dans le futur, mais il ne disparaîtra pas. L'indice climatique utilisé pour évaluer ce danger est le nombre d'événements de gel et de dégel annuel. La valeur de l'indice de danger (tableau gris) est déterminée en fonction du nombre d'événements de gel et de dégel annuel à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5 - médiane) de la région où est situé le bâtiment (tableau orange).

b)

	Événements de gel et de dégel annuel	
Ville et région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Inscrire		

Événements de gel et de dégel annuel (2041-2070) - (RCP 8.5)	*Valeur indice de danger*
< 60	0
≥60 et <70	0,25
≥70 <80	0,5
≥80 <90	0.75
≥90	1

Détermination de l'indice de danger

5.2 Évaluation de l'exposition

c)

5.2.1 **Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par les cycles de gel et de dégel, caractériser l'ampleur des impacts passés.**

Aucun impact (0) *Impacts légers (0,25)* *Impacts modérés (0,5)* *impacts*

Calcul de l'indice d'exposition #####

5.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

d)

5.3.1 **Quel est l'indice d'état du bâtiment?** n.a.

A (0) *B (0,25)* *C (0,5)* *D ou E (1)*

A - Infrastructure

Construction de sous-sol

5.3.2 **Quel est le matériau des murs de fondations?** n.a.

Béton coulé (0.25) *Pierre. briaue (0.5)* *Blocs de béton. de cendre (1)*

5.3.3 **Quel est l'état général des murs du sous sol?** n.a.

Excellent (0) *Passable : Quelques fissures superficielles (0,5)* *Mauvais : fissures profondes de part et d'autre du*

Figure 5 : Organisation d'un onglet type utilisé pour le calcul des indices de risque

Une fois les indices de danger, d'exposition et de vulnérabilité acquis, l'indice de risque est calculé automatiquement par l'outil en faisant la moyenne des trois valeurs (Figure 6). Cet indice de risque est valable pour un danger seulement, celui faisant l'objet de l'évaluation. La figure 6 illustre par exemple que l'indice de risque des cycles de gel et de dégel est égal à 0,6.

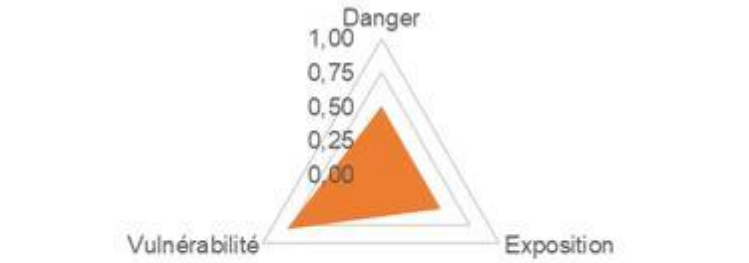


Tableau récapitulatif des indices calculés	
Danger	0,5
Exposition	0,5
Vulnérabilité	0,8
Calcul de l'indice de risque - cycles de gel et de dégel	**0,6**

Figure 6 : Calcul de l'indice de risque présenté sous forme de tableau et de graphique radar

La dernière section de chaque onglet est réservée à la pondération de l'indice de risque résultant. Plus un danger est susceptible d'engendrer de graves conséquences pour le bâtiment et ses occupants, plus la valeur du coefficient de pondération est élevée. Cette valeur est basée sur la littérature traitant des impacts des changements climatiques sur les bâtiments ou sur la santé (Auld, Klaassen and Comer, 2007; Bélanger *et al.*, 2019; City of Toronto, 2018; CSA Group, 2019; Desjardins Assurances générales inc., 2013; Dubois, 2014; Enterprise Green Communities, 2015; HOK Canada, 2008; Kesik, O'Brien and Ozkan, 2019; Kesik, 2017; Kovacs and Sandik, 2013; Larrivée *et al.*, 2015; Linnean Solutions, The Built Environment Coalition, and The Resilient Design Institute, 2013; Moudrak and Feltmate, 2019a; Ouranos, 2015; Sandik *et al.*, 2019; Saucier and Drolet, 2017; U.S. Green Building Council, 2016; Ville de Montréal, 2017). Elle tient également compte des résultats de l'enquête sur les vulnérabilités passées et futures du parc immobilier de la SQI aux changements climatiques.

Une matrice est utilisée pour établir la valeur du coefficient de pondération (Figure 7). La partie supérieure quantifie les risques pour le bâtiment en fonction de leur gravité sur une échelle comprise entre 2 et 12. Sur cette échelle, des dommages matériels mineurs n'ayant aucun effet sur les opérations de l'immeuble obtiennent le score de 4 tandis qu'une perte totale est associée à 12 (Figure 7). La partie inférieure permet quant à elle d'établir une correspondance entre la gravité des risques pour le confort, la santé ou la sécurité des occupants et une valeur comprise entre 4 et 12. Les risques d'allergies, de blessures mineures ou modérées obtiennent par exemple le score de 6 alors que le risque de décès, 12 (Figure 7). La somme des scores correspondant aux risques pour le bâtiment et ses occupants détermine la valeur du coefficient de pondération.

	Risques potentiels	Échelle comparative					
		2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations						
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		4				
	Vieillissement prématuré de certains éléments	x					
Occupants	*Décès*						
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine						
	Allergies, blessures mineures à modérées			6			
	Inconfort léger à modéré						
COEFFICIENT DE PONDÉRATION		10					

Figure 7 : Matrice servant à la pondération des indices de risque calculés pour chaque danger

L'onglet suivant intitulé « Résultats_IndicesRisques» dresse le portrait général des risques climatiques encourus par un bâtiment (cf. annexe 9.3). La première page est consacrée au calcul de l'indice de risque climatique global qui a été conçu pour s'inscrire en complémentarité de l'indice d'état[10] (Secrétariat du Conseil du trésor, 2018) afin que la question de l'adaptation aux changements climatiques soit considérée dans le processus de sélection des projets de maintiens d'actifs[11]. L'indice de risque climatique global représente donc le niveau de risque du bâtiment à l'égard de l'ensemble des dangers climatiques auxquels il est exposé. Il est le résultat de l'agrégation des indices de risque calculés individuellement (Figure 6) auxquels ont été appliqués des coefficients de pondération selon la gravité des impacts pour l'immeuble et ses occupants (Figure 7). Il est calculé automatiquement par l'outil (Tableau 3).

L'indice de risque climatique global permet aussi de comparer les résultats des évaluations d'une série de bâtiments. À cette fin, l'établissement de correspondances entre la valeur numérique de l'indice (comprise entre 0 et 1) et des échelles alphanumériques, sémantiques ou graphiques est prévu pour faciliter la compréhension des résultats (cf. annexe 9.3).

[10] *Lettre qui caractérise la condition physique d'un bâtiment (A à E).*

[11] *Travaux réalisés sur un bâtiment en vue d'assurer la santé et la sécurité des personnes, de poursuivre son utilisation, de réduire la probabilité de défaillance ou de contrer sa vétusté physique.*

Tableau 3: Données servant au calcul de l'indice de risque climatique global

Dangers climatiques	Indices de risque	Coeff, pondération	Indices de risque pondérés
Vents violents ou tornades	0,53	24	12,6
Inondations riveraines	n.a.	0	n.a
Inondations urbaines	n.a.	0	n.a
Chaleur et canicules	0,48	18	8,6
Cycles de gel et de dégel	0,69	10	6,9
Tempêtes de neige	0,23	10	2,3
Tempêtes de verglas	0,41	18	7,4
Indice de risque climatique global (non pondéré)	**0,47**		
Indice de risque climatique global (pondéré)			0,47

Un graphique-secteur accompagne également le tableau servant au calcul de l'indice de risque climatique global (Tableau 3). Ce dernier met en évidence la prépondérance de certains phénomènes climatiques dans le calcul de l'indice global (Figure 8). Dans cet exemple, ces risques sont les vents violents ou les tornades (33%), la chaleur et les canicules (23%) ainsi que les tempêtes de verglas (20 %). Ces risques devraient donc être considérés en priorité dans une démarche d'adaptation aux changements climatiques, car ils auront pour conséquence de réduire significativement le niveau de risque global du bâtiment.

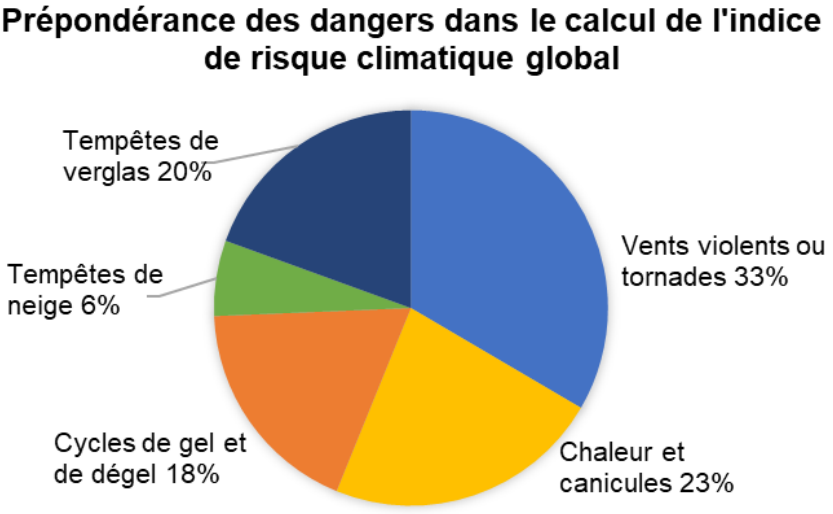


Figure 8 : Prépondérance des indices pondérés de risque par danger dans le calcul de l'indice de risque climatique global

Quant au choix des mesures d'adaptation à préconiser, ce dernier devrait être basé sur un examen approfondi des évaluations par danger (onglets 1 à 7). À cet effet, la deuxième page de l'onglet « Résultats_IndicesRisques» rassemble tous les graphiques radar produits dans le cadre de l'évaluation d'un bâtiment. Ces derniers mettent en évidence les axes à prioriser (danger, exposition ou

vulnérabilité) pour réduire les risques (Figure 6). Des instructions sur la façon d'interpréter les résultats adéquatement (Figure 9) se trouvent par ailleurs dans le dernier onglet de l'outil intitulé « AnalyseRésultats ».

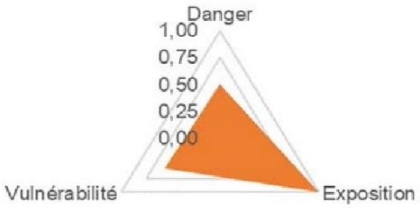


Figure 4a : Triangle déformé du côté de l'axe de l'exposition

Figure 4b : Triangle déformé du côté de l'axe de la vulnérabilité

Retournez à l'onglet correspondant au danger évalué (section "évaluation de l'exposition") pour identifier les caractéristiques du site qui sont responsables de ce résultat. Ciblez les questions dont la réponse a une valeur > 0,5.

Analysez l'onglet correspondant au danger évalué (section "évaluation de la vulnérabilité") pour identifier les caractéristiques du bâtiment qui sont à l'origine de ce résultat. Identifiez les questions dont la réponse a une valeur > 0,5.

Figure 9 : Instructions pour interpréter adéquatement les graphiques radar

6. Analyse et discussion

Bien que la méthode n'ait été testée que sur l'un des bâtiments prioritaires (cf. annexe 9.3.1), celle-ci apparait néanmoins prometteuse. Trois professionnels responsables de l'exploitation du bâtiment ont en effet été réunis à cette fin par l'entremise d'une visioconférence. Leur expérience du bâtiment leur a permis de répondre aisément aux différentes questions de l'outil d'évaluation des risques climatiques. Ils étaient guidés par la conceptrice de l'outil qui avait préalablement réuni plusieurs informations sur le site et le bâtiment. L'exercice animé a duré 1h30, mais si le bâtiment avait été exposé à tous les dangers, l'évaluation n'aurait guère duré plus de 2h. Les professionnels ont apprécié l'exercice. Les résultats obtenus ont permis de brosser un portrait complet, quoique général, de l'ensemble des risques encourus par le bâtiment. La présence d'une animatrice experte leur a aussi permis d'approfondir leurs connaissances sur les éléments architecturaux ou techniques qui rendent un bâtiment particulièrement vulnérable à certains dangers d'origine climatique. Cet aspect pédagogique de l'atelier constitue un atout pour les participants, mais n'est pas obligatoire. En l'absence d'un expert pour animer l'atelier, ces derniers auraient tout de même été en mesure d'obtenir des résultats valides en répondant aux différentes questions comprises dans l'outil d'évaluation. Enfin, les participants sont d'avis que l'intégration de l'indice de risque climatique global en complément de l'indice d'état est pertinente dans le processus de priorisation des projets de maintien des actifs bien que des questions subsistent sur la manière de consigner les résultats et d'assurer leur accessibilité à l'échelle corporative.

7. Conclusion et recommandations

En somme, la méthode d'évaluation des risques climatiques conçue dans le cadre du Projet VACCIn apparait suffisamment exhaustive pour brosser le portrait des risques climatiques encourus par chaque immeuble, tout en étant opérationnelle. De plus, l'outil d'évaluation conçu à partir d'un tableur numérique (cf. annexe 9.3) peut être partagé et adapté par d'autres acteurs de l'immobilier qui souhaiteraient entreprendre une démarche similaire à celle de la SQI. En ce sens, les résultats préliminaires donnent lieu à penser que les objectifs du Projet ont été atteints (cf. section 2). Bien entendu, ces résultats seront confirmés par le nombre croissant d'évaluations des risques climatiques qui seront réalisées sur les immeubles du parc au cours des mois et des années à venir.

8. Références

Adger, W. N. (2006) 'Vulnerability', *Global environmental change*, 16(3), pp. 268–281.

Auld, H., Klaassen, J. and Comer, N. (2007) 'Weathering of Building Infrastructure and the Changing Climate: Adaptation Options'. doi: 10.1109/EICCCC.2006.277247.

Bélanger, D. *et al.* (2019) *Changements climatiques et santé : prévenir, soigner et s'adapter*. Québec, Canada: Presses de l'Université Laval.

BOMA Canada (2019) *Guide de résilience 2019 - Avez-vous bien préparé votre immeuble ?* Toronto: Association des propriétaires et des administrateurs d'immeubles, p. 16.

Brundell, J. *et al.* (2011) 'Climate change risk management matrix: a process for assessing impacts, adaptation, risk and vulnerability. Workbook'. Queensland Climate Change Centre of Excellence. Available at: https://www.longpaddock.qld.gov.au/products/pdf/climatematrixworkbook.pdf.

City of Toronto (2018) 'Checklist Resilience Planning for New Construction - Toronto Green Standards Version 3.0'.

CSA Group (2019) *CSA S478:19 Durability in buildings*. Toronto, Ontario: National Standard of Canada.

Desjardins Assurances générales inc. (2013) 'Prévenir les dommages causés par la neige et la glace'. Available at: https://www.desjardinsassurancesgenerales.com/conseils-outils/prevention/tempete-hivernale (Accessed: 31 August 2020).

Dubois, C. (2014) *Adapter les quartiers et les bâtiments au réchauffement climatique; une feuille de route pour accompagner les architectes et les designers urbains québécois*. Université Laval et INSA de Toulouse. Available at: http://www.theses.ulaval.ca/2014/31162/ (Accessed: 25 February 2015).

Enterprise Green Communities (2015) 'Ready to Respond. Strategies for Multifamily Building Resilience'. Available at: https://www.enterprisecommunity.org/resources/ready-respond-strategies-multifamily-building-resilience-13356 (Accessed: 2 March 2017).

Fritzche, K. *et al.* (2015) *Guide de référence sur la vulnérabilité. Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées*. Bonn, Allemagne: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
Available at: https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=262 (Accessed: 17 July 2019).

GIB Foundation (2018) *SuRe® –The Standard for Sustainable and Resilient Infrastructure. Version 1.1*. Switzerland: Global Infrastructure Basel Foundation. Available at: http://www.gib-foundation.org/content/uploads/2018/07/ST01_Normative_Standard_v1.1_clean.pdf (Accessed: 14 August 2019).

GIEC (2007) *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*

[Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. Genève, Suisse. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_fr.pdf (Accessed: 11 June 2019).

GIEC (2014) *Changements climatiques 2014: incidences, adaptation et vulnérabilité : résumés, foire aux questions et encarts thématiques : contribution du groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Edited by C. V. Field et al. Genève (Suisse): Organisation météorologique mondiale.

GIZ and EURAC (2017) *Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Available at: https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2018/02/GIZ_Risk-Supplement_French.pdf (Accessed: 19 July 2019).

HOK Canada (2008) *Climate Change Vulnerability. A Case Study of Public Buildings*. Ottawa, Ontario: Public Works and Government Services Canada & Engineers Canada, p. 128. Available at: https://pievc.ca/sites/default/files/appendix_b.7_government_of_canada_buildings_in_ottawa_ontario.pdf (Accessed: 30 April 2019).

Ingénieurs Canada (2011) *Protocole d'ingénierie du CVIIP pour l'évaluation de la vulnérabilité des infrastructures et l'adaptation au changement climatique*. Version 10 beta. Conseil canadien des ingénieurs, p. 98. Available at: https://glslcities.org/wp-content/uploads/2015/09/part_1_-_pievc_engineering_protocol_-_revision_10_-_beta_-_october_2011_fr.pdf (Accessed: 24 April 2019).

Ingénieurs Canada (2018) *Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP)*. Available at: https://pievc.ca/fr (Accessed: 2 May 2019).

Institute for Sustainable Infrastructure (2018) *Envision - Sustainable Infrastructure Framework - Version 3*. Washington, DC, p. 189. Available at: https://sustainableinfrastructure.org/wp-content/uploads/EnvisionV3.9.7.2018.pdf (Accessed: 24 September 2019).

Insurance Council of Australia (2017) *Building Resilience Rating Tool*. Available at: https://www.resilient.property/ (Accessed: 17 July 2019).

ISO (2018) 'ISO 31000 : 2018, Management du risque — Lignes directrices'. ISO. Available at: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:fr (Accessed: 13 August 2019).

Kesik, T. (2017) *Resilience Planning Guide Version 1.0*. Toronto, Ontario: University of Toronto. Available at: https://www.daniels.utoronto.ca/faculty/kesik_t/Resilience/Resilience-Planning-Guide-v1.0-2017-11-19.pdf (Accessed: 15 August 2019).

Kesik, T. and O'Brien, L. (2017) 'Enhancing the Liveability and Resilience of Multi-Unit Residential Buildings (MURBs) - MURB Design Guide'.
Available at: http://www.daniels.utoronto.ca/faculty/kesik_t/MURB-Design-Guide/MURB-Design-Guide-v1.0-Jan2017.pdf (Accessed: 22 February 2017).

Kesik, T., O'Brien, L. and Ozkan, A. (2019) *Thermal Resilience Design Guide*. Daniels Faculty of Architecture, Landscape and Design at the University of Toronto - Rockwool. Available at: https://www.daniels.utoronto.ca/faculty/kesik_t/PBS/Kesik-Resources/Thermal-Resilience-Guide-v1.0-May2019.pdf (Accessed: 17 July 2019).

Kovacs, P. and Sandik, D. (2013) 'Best practices for reducing the risk of future damage to homes from riverine and urban flooding', p. 30.

Laperrière, É. (2019) 'Conception résiliente : Savoir lire le risque', *Esquisses. Magazine de l'Ordre des architectes du Québec*, pp. 32–34.

Larrivée, C. *et al.* (2015) *Évaluation des impacts des changements climatiques et de leurs coûts pour le Québec et l'État québécois*. Rapport d'étude. Ouranos, p. 58.

Lemmen, D. S. *et al.* (eds) (2008) *Vivre avec les changements climatiques au Canada*. Édition 2007. Ottawa, Ontario: Gouvernement du Canada. doi: 10.4095/226469.

Linnean Solutions, The Built Environment Coalition, and The Resilient Design Institute (2013) 'Building Resilience in Boston. Best Practices for Climate Change Adaptation and Resilience for Existing Buildings'.

Ministère de la Sécurité publique du Québec (2009) *Concepts de base en sécurité civile*. Available at: https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/publications-et-statistiques/concepts-base/en-ligne.html (Accessed: 16 April 2019).

Moudrak, N. and Feltmate, B. (2019a) *Faire face aux inondations : Orientations pour renforcer la résilience des immeubles commerciaux Au Canada*. University of Waterloo: Centre Intact d'adaptation au climat, p. 60. Available at: https://www.centreintactadaptationclimat.ca/wp-content/uploads/2019/10/Faire-face-aux-inondations-1.pdf (Accessed: 9 September 2020).

Moudrak, N. and Feltmate, B. (2019b) *Weathering the Storm: Developing a Canadian Standard for Flood-Resilient Existing Communities*. Prepared for Standards Council of Canada and National Research Council of Canada. Intact Centre on Climate Adaptation, University of Waterloo, p. 52.

Ouranos (2010) *Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques. Guide destiné au milieu municipal québécois.* Montréal (Québec), p. 48.
Available at: http://www.ouranos.ca/fr/publications/resultats.php?q=&t=&tri=&p=2#rs (Accessed: 10 September 2012).

Ouranos (2015) *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 2 : Vulnérabilités, impacts et adaptation aux changements climatiques.* Montréal, Québec: Ouranos. Available at: https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SynthesePartie2.pdf (Accessed: 9 September 2016).

Proag, V. (2014) 'The Concept of Vulnerability and Resilience', *Procedia Economics and Finance*, 18, pp. 369–376. doi: 10.1016/S2212-5671(14)00952-6.

Sandik, D. *et al.* (2019) *Améliorer la résistance des résidences canadiennes aux vents violents : Document de base pour les bâtiments résidentiels de faible hauteur et les petits bâtiments*. Toronto, Ontario: Institut de prévention des sinistres catastrophique, p. 132.

Saucier, C. and Drolet, C. (2017) *Changements climatiques: vulnérabilité et adaptation des immeubles : répertoire des guides de planification immobilière : guides généraux*. Québec (Province): Ministère de la santé et des services sociaux, p. 174.
Available at: http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/3029655 (Accessed: 10 April 2019).

Secrétariat du Conseil du trésor (2018) 'Cahier d'instructions – Plan annuel de gestion des investissements publics en infrastructures'.

Stockholm Resilience Centre (2015) *What is resilience?*
Available at: https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-02-19-what-is-resilience.html (Accessed: 26 February 2020).

Tien, I. *et al.* (2018) 'Resilient by design: the case for increasing resilience of buildings and their linked food-energy-water systems', *Elem Sci Anth*, 6, p. 18. doi: 10.1525/elementa.142.

UNIFORMAT II (2010) *Norme ASTM-E1557 "Standard Classification for a Building Elements and Related Sitework - Uniformat II*. Available at: https://www.uniformat.com/index.php/unifrmt-ii/past-site-articles/99-background-on-uniformat-ii-the-astm-e1557-building-standard (Accessed: 8 December 2020).

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017) 'Disaster Resilience Scorecard for Cities. Detailed Level Assessment'. Available at:
http://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/assets/documents/guidelines/04%20Detailed%20Assessment_Disaster%20resilience%20scorecard%20for%20cities_UNISDR.pdf (Accessed: 29 May 2017).

Urban Land Institute (2015) *A Guide for Assessing Climate Change Risk*. Washington, DC: Urban Land Institute. Available at: http://americas.uli.org/wp-content/uploads/sites/2/ULI-Documents/ULI-A-Guide-for-Assessesing-Climate-Change-Risk-final.pdf (Accessed: 14 August 2019).

U.S. Green Building Council (2016) *Guide de référence LEED v4 pour la conception et construction de bâtiments*. Washington DC.

Ville de Montréal (2017) *Plan d'adaptation aux changements climatiques de l'agglomération de Montréal 2015-2020 - Les Constats*. Édition 2017. Québec, Canada: Ville de Montréal, p. 172.

Warren, F. J. and Lemmen, D. S. (eds) (2014) *Vivre avec les changements climatiques au Canada: perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*. Ottawa, Ontario: Gouvernement du Canada.

9. Annexes

9.1 Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques 29

9.2 Synthèse des connaissances produite par Ouranos 38

9.3 Outil d'évaluation des risques climatiques 67

9.3.1 Évaluation des risques climatiques du Palais de justice de Ville-Marie 97

9.1 Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

La première partie de l'enquête (p.28-30) comprend 13 sections pour évaluer 13 dangers d'origine climatique : i) les canicules et les îlots de chaleur urbains, ii) les cycles de gel et de dégel, iii) la dégradation du pergélisol, iv) la hausse du niveau de la mer, v) les feux de forêt, vi) les périodes de sécheresse, vii) les crues, les inondations et les refoulements d'égout, viii) les glissements de terrain, ix) les ondes de tempêtes, la submersion et l'érosion côtière, x) les tempêtes de verglas, xi) les tempêtes de neige, xii) les vents violents ou les tornades et xiii) d'autres phénomènes climatiques, le cas échéant.

Ces sections sont toutes organisées de la même façon. La première question (1.1.1) cherche à déterminer si oui ou non les immeubles ont été affectés par un danger climatique donné. Dans l'affirmative, les répondants sont invités à répondre à six questions supplémentaires afin de caractériser : le nombre de bâtiments touchés (1.1.2), la fréquence d'occurrence du danger (1.1.3), l'échelle à laquelle les impacts se sont manifestés (1.1.4), la nature et la gravité des impacts (1.1.5), la mise en œuvre ou non d'actions pour limiter les conséquences de ce danger dans le futur (1.1.6) et le cas échéant, la nature de ces actions (1.1.7).

La deuxième partie de l'enquête (p. 31-32), beaucoup plus succincte, cherche à connaître l'avis des répondants au sujet : des phénomènes climatiques qui semblent le plus menacer le parc immobilier à l'horizon 2050 (2.1) et des catégories d'immeubles qui leur paraissent plus susceptibles de subir des dommages en raison des changements climatiques (2.2 et 2.3).

Enfin, la troisième partie (p. 33-34) comprend quelques questions générales en vue d'établir le profil des répondants.

Le sondage a été conçu électroniquement par l'entremise de la plateforme SurveyMonkey®. Les sections apparaissant dans cette annexe en sont des extraits.

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

Merci de participer à notre sondage

Les changements climatiques se manifestent avec une importance grandissante au Québec. Les événements météorologiques extrêmes se multiplient (vagues de chaleur, pluies torrentielles, vents violents, ondes de tempête, feux de forêt, etc.) et plusieurs indices tels que les cycles de gel et de dégel hivernaux plus fréquents, la hausse du niveau de la mer et la dégradation du pergélisol montrent que le climat se réchauffe lentement, mais sûrement. Ces changements sont susceptibles d'affecter directement les bâtiments, les réseaux auxquels ils sont raccordés ainsi que leurs occupants. Ils peuvent par exemple entraîner des pertes et des dommages matériels, provoquer le vieillissement prématuré de certaines composantes, augmenter les besoins de refroidissement, entraîner des dysfonctionnements des différents systèmes du bâtiment ou exposer les occupants à des risques accrus pour leur santé et leur sécurité en plus de compromettre leur accès à certains services essentiels.

De manière à limiter l'ampleur des impacts des changements climatiques sur son parc immobilier et ses clients, la SQI a entrepris de développer une méthode d'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques des immeubles dont elle est propriétaire. Cette méthode constitue le cœur du projet VACCIn («Vulnérabilité des bAtiments aux Changements CIimatiques ») qui a démarré en avril 2019. Fruit d'un partenariat novateur entre la SQI, l'Institut national de santé publique (INSPQ) et le consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques, le projet bénéficie du soutien financier du Fonds vert du gouvernement du Québec.

Les immeubles de la SQI sont toutefois nombreux, diversifiés et localisés aux quatre coins du Québec. Identifier les phénomènes climatiques qui les ont, ou qui pourraient les affecter dans le futur représente un défi substantiel. La SQI peut toutefois compter sur l'expertise de ses 12 directions immobilières. En tant que directeurs immobiliers, ingénieurs en exploitation, chargés de projets ou techniciens en exploitation d'immeubles, vous connaissez souvent mieux que quiconque les bâtiments et leurs antécédents. Cette enquête en ligne permettra donc de mettre votre expérience et vos connaissances au profit du projet VACCIn. Votre collaboration est absolument essentielle!

L'enquête est accessible du 3 au 16 décembre 2019 et requerra entre 20 et 60 minutes de votre temps. Elle comprend trois sections. La première s'intéresse aux phénomènes climatiques qui ont affecté vos immeubles par le passé, alors que la deuxième à ceux qui pourraient les toucher dans le futur. L'appellation « vos immeubles » réfère aux bâtiments dont la SQI est propriétaire et qui sont administrés par la direction immobilière pour laquelle vous travaillez. Il n'existe pas de bonnes ou de mauvaises réponses, répondez simplement au meilleur de vos connaissances. La troisième section comprend des questions de nature professionnelle qui nous permettra d'établir un portrait sommaire des répondants. La confidentialité de vos réponses est garantie.

Pour toute question relative au contenu de l'enquête ou au projet VACCIn, veuillez contacter Catherine Dubois, conseillère en développement durable à l'adresse suivante : cdubois@sqi.gouv.qc.ca

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

1. Impacts des phénomènes climatiques des 10 dernières années

* 1. Au cours des dix dernières années, vos immeubles ont-ils été affectés par un phénomène climatique?

Exemples: canicules et îlots de chaleur urbains, cycles de gel et de dégel hivernaux, dégradation du pergélisol, hausse du niveau de la mer, feux de forêt, périodes de sécheresse, crues, inondations, refoulements d'égout, glissements de terrain, ondes de tempête, submersion et/ou érosion côtière, tempêtes de verglas, tempêtes de neige, vents violents, tornades.

- [ ] Oui
- [ ] Non
- [ ] Je ne sais pas

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

1.1. Canicules et îlots de chaleur urbains

* 1.1.1. Les canicules et/ou îlots de chaleur urbains ont-ils déjà affecté un ou plusieurs de vos immeubles ?

- ◯ Oui
- ◯ Non

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

Canicules et îlots de chaleur urbains (suite)

* 1.1.2. Les canicules et/ou îlots de chaleur urbains ont affecté :

- ◯ Un immeuble seulement
- ◯ Quelques-uns de vos immeubles
- ◯ Environ la moitié de vos immeubles
- ◯ Autre (veuillez préciser)
- ◯ La plupart de vos immeubles
- ◯ Tous vos immeubles

* 1.1.3. En général, les canicules et/ou îlots de chaleur urbains ont affecté vos immeubles à la fréquence de :

- ◯ 1 fois / 10 ans
- ◯ 1 fois / 5 ans
- ◯ 1 fois / 1 an
- ◯ Plusieurs fois / 1 an
- ◯ Autre (veuillez préciser)

* 1.1.4. Les canicules et/ou îlots de chaleur urbains ont eu des impacts à l'échelle (sélectionnez toutes les affirmations appropriées) :

- ☐ Du secteur élargi (bâtiments et population avoisinante, réseaux auxquels vos immeubles sont raccordés : électricité, gaz, eau, communications, transports, etc.)
- ☐ Du site (trottoirs, stationnements, escaliers, rampes, murs de soutènement, aménagements paysagers, etc.)
- ☐ De l'immeuble (fondation, charpente, toiture, revêtements extérieurs, portes et fenêtres, aménagements intérieurs, etc.)
- ☐ Des systèmes (électricité, chauffage, ventilation, climatisation, communications, eau, etc.)
- ☐ Autre (veuillez préciser)

1.1.5. Dans quelle mesure les canicules et/ou îlots de chaleur urbains ont-ils affecté votre ou vos immeuble(s)? Pour chacun des éléments listés ci-dessous, indiquez l'ampleur des impacts.

	Aucune	Légère	Modérée	Importante	Très importante	Je ne sais pas
Des pertes et des dommages matériels	○	○	○	○	○	○
Le vieillissement prématuré de certaines composantes	○	○	○	○	○	○
Des pannes de systèmes	○	○	○	○	○	○
Des situations rendant les occupants inconfortables, blessés ou malades	○	○	○	○	○	○
Un ralentissement, voire un arrêt des opérations	○	○	○	○	○	○

Autre (veuillez préciser)

* 1.1.6. Des actions ont-elles été prises par la suite pour limiter l'impact des canicules et/ou îlots de chaleur urbains sur vos immeubles?

- ○ Oui
- ○ Non
- ○ Je ne sais pas

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

Canicules et îlots de chaleur urbains (actions entreprises)

* 1.1.7. De quelle nature sont ces actions ?

- ○ Savoir (formation, perfectionnement, bonnes pratiques, etc.)
- ○ Technique (renforcement, augmentation de la capacité, remplacement de composantes, etc.)
- ○ Processus (suivi, inspection, maintien d'actifs, disposition, etc.)
- ○ Autre (veuillez préciser)

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

2. Présent et avenir

* 2.1. D'ici 2050, quels sont les trois phénomènes climatiques qui risquent d'affecter le plus vos immeubles ? Faites votre choix parmi la liste suivante et répartissez un total de 100 points entre eux. Plus le score que vous attribuerez sera élevé, plus le phénomène sera jugé important.

Exemple 1. Sélection de la dégradation du pergélisol (80 pts), des tempêtes de verglas (15 pts) et des glissements de terrain (5 pts). Avec un score de 80 points, vous estimez que la dégradation du pergélisol constitue de loin le phénomène climatique le plus préoccupant pour vos immeubles.

Exemple 2. Sélection des pluies torrentielles (35 pts), des canicules et/ou îlots de chaleur urbains (35 pts) et des épisodes de gel et de dégel hivernaux (30 pts). Dans ce cas, vous estimez que ces trois phénomènes posent un risque comparable pour vos immeubles.

Épisodes de gel et de dégel hivernaux :	
Canicules et/ou îlots de chaleur urbains :	
Dégradation du pergélisol:	
Hausse du niveau de la mer - submersion :	
Feux de forêt :	
Épisodes de sécheresse:	
Pluies torrentielles - inondations :	
Pluies torrentielles - glissements de terrain :	
Ondes de tempête - submersion et/ou érosion côtière :	
Tempêtes de verglas :	
Tempêtes de neige :	
Vents violents et/ou tornades :	
Autre (précisez) :	

* 2.2. D'ici 2050, pensez-vous que certaines catégories d'immeubles de la SQI auront plus de difficultés à remplir leur mission compte tenu des changements climatiques ?

- ◯ Oui
- ◯ Non
- ◯ Je ne sais pas

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

Catégories d'immeubles

* 2.3. Quelles sont ces catégories d'immeubles ?

- ☐ Ateliers et autres
- ☐ Centres de transport
- ☐ Entrepôts
- ☐ Établissements de détention
- ☐ Immeubles de bureaux
- ☐ Palais de justice
- ☐ Maisons d'enseignement et centres d'archives
- ☐ Postes de la Sûreté du Québec
- ☐ Laboratoires

Pourquoi ?

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

3. Votre profil

* 3.1. Je travaille à la direction immobilière :

- ◯ Bas-Saint-Laurent, Gaspésie et Îles-de-la-Madeleine
- ◯ Saguenay-Lac-Saint-Jean et Côte-Nord
- ◯ Mauricie et Centre-du-Québec
- ◯ Centre-ville de Québec
- ◯ Sud de Québec
- ◯ Nord de Québec
- ◯ Centre-ville de Montréal
- ◯ Sud et Est de Montréal
- ◯ Nord de Montréal
- ◯ Estrie et Montérégie
- ◯ Outaouais
- ◯ Abitibi-Témiscamingue et Nord-du-Québec

3.2. Je suis à l'emploi de la SQI depuis (nombre d'années):

- ☐ Moins de 5 ans
- ☐ Entre 5 et 9 ans
- ☐ Entre 10 et 14 ans
- ☐ Entre 15 et 19 ans
- ☐ Plus de 20 ans

3.3. J'occupe le poste de :

- ☐ Directeur(-trice)
- ☐ Ingénieur(e) en exploitation
- ☐ Chargé(e) de projets
- ☐ Technicien(ne) en exploitation d'immeubles
- ☐ Autre (veuillez préciser)

3.4. Je compte (nombre d'années d'expérience professionnelle total) :

- [ ] Moins de 5 ans
- [ ] Entre 5 et 9 ans
- [ ] Entre 10 et 14 ans
- [ ] Entre 15 et 19 ans
- [ ] Plus de 20 ans

3.5. Souhaitez-vous nous faire part d'autres réflexions ou commentaires?

3.6. Dans le cadre du projet VACCIn, des ateliers d'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques de certains immeubles de la SQI seront organisés dans la première partie de 2020. Si vous aimeriez y participer, veuillez nous laisser vos coordonnées.

Nom :

Prénom :

DI :

Adresse courriel :

Enquête sur les vulnérabilités passées et futures des immeubles de la SQI aux changements climatiques

Fin

Mille mercis, votre expertise est précieuse!

Les prochaines étapes du projet VACCIn seront diffusées dans l'intranet au cours des mois à venir.

9.2 Synthèse des connaissances produite par Ouranos

Poids de la neige

Sébastien Biner

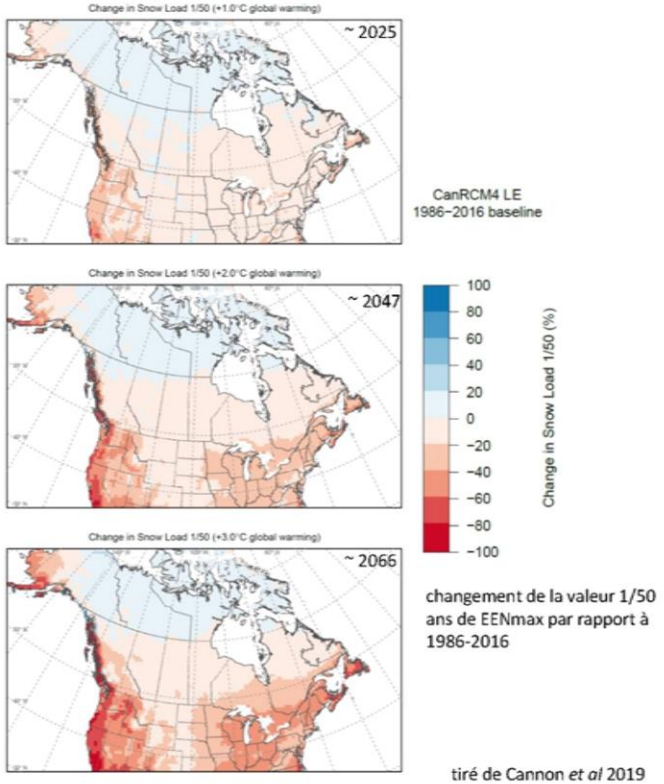
introduction

- Le poids lié à la neige (snow load) sur les toits est estimé à partir de la neige au sol. Ce poids est le poids combiné de la neige et de la pluie qui peut tomber sur la neige (rain on snow events). On évalue que le poids de la pluie n'excède normalement pas 10% de celui de la neige (Cannon 2019). On approxime souvent le poids lié à la neige comme étant simplement le poids de la neige.
- Le poids de la neige est évalué en utilisant l'équivalent en eau de la neige (EEN) qui représente la quantité d'eau obtenue en faisant fondre la neige.
- On utilise le maximum annuel d'EEN (EENmax) pour évaluer la contrainte de poids que les structures doivent supporter.
- Globalement le couvert de neige et la quantité de neige ont diminué lors des trente dernières années (Cannon 2019) .
- Le degré de certitude des projections de l'évolution de la quantité de neige est moyen, car elles dépendent de l'évolution des températures et des précipitations. Selon ces projections, la température et les précipitations augmenteront.
- Selon les différentes projections climatiques, globalement la quantité de neige diminuera lors du 21^{e} siècle pour les régions les plus au sud et pourrait augmenter pour les régions au nord (Cannon 2019).

Au niveau Canadien (Cannon *et al* 2019, en cours de publication)

- Utilisation de l'ensemble CanESM2–LE (50 membres) rcp85 pour piloter le MRC CanRCM4 sur une grille AMNO@0.44
- La valeur calculée pour la fréquence 1/50 ans d'EENmax est utilisée comme indice pour calculer le changement de poids lié à la neige
- Le changement climatique est rapporté en fonction du réchauffement global et non en fonction d'un horizon temporel. Un tableau permet de trouver les années correspondants au réchauffement global projeté
- Le climat de référence utilisé est 1986-2016

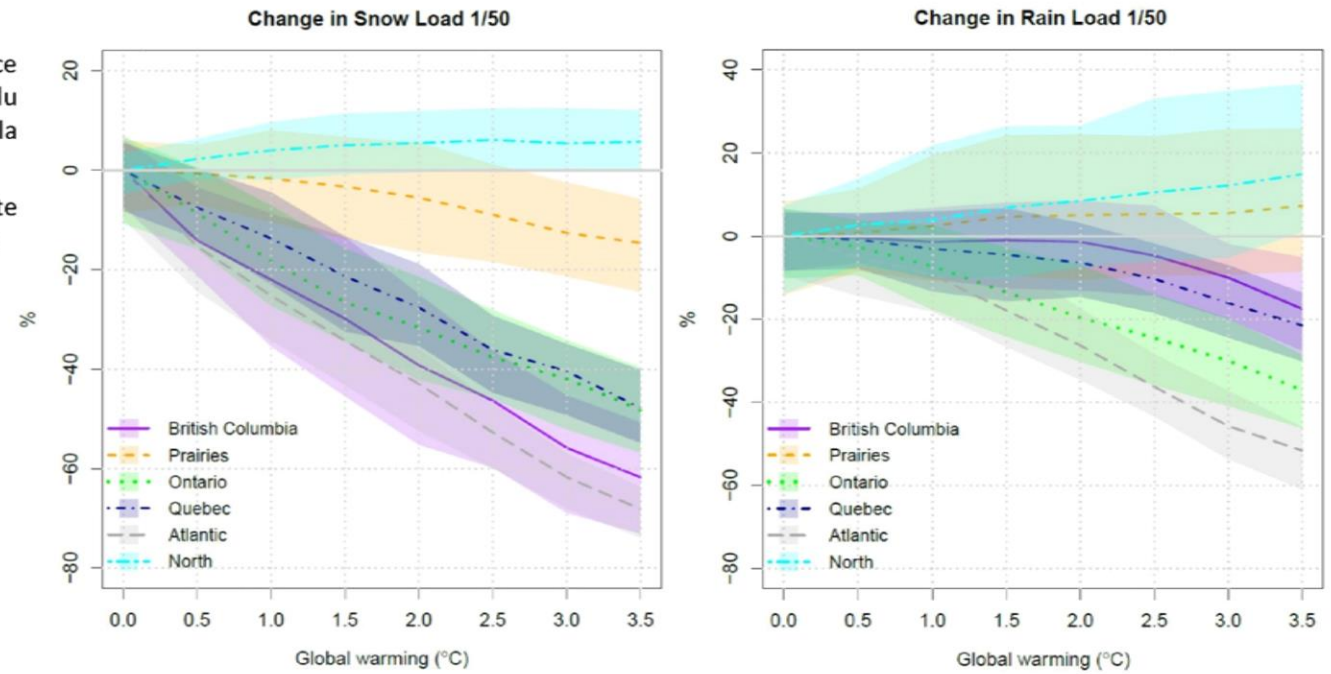
Selon ces projections, il y aura une diminution du poids de la neige pouvant aller jusqu'à 40-60% pour le sud du Québec et de l'Ontario et une augmentation de 0-20% dans le nord du Canada.



tiré de Cannon *et al* 2019

Au niveau Canadien (Cannon *et al* 2019, en cours de publication)

- variation de la fréquence 1/50 ans du maximum du poids de la neige et de la pluie selon les régions
- incertitude importante pour le poids de la pluie

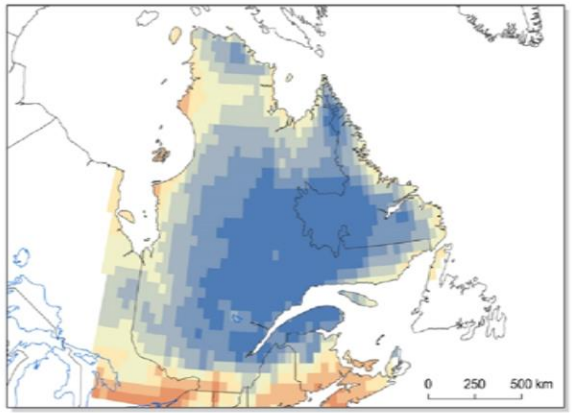


Changement du poids lié à la neige (gauche) et à la pluie sur la neige (droite) par rapport à la période 1986-2016 en fonction du réchauffement global. Tiré de Cannon *et al* 2019.

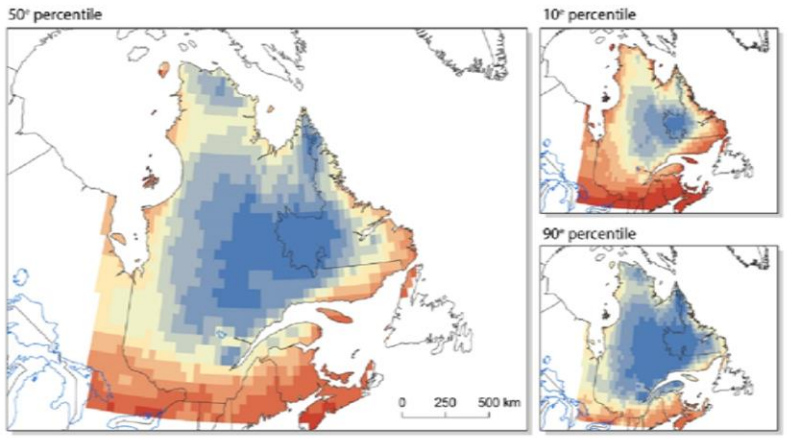
Résumé de la synthèse Ouranos (2015)

- Pour le Québec il y a une baisse généralisée de EENmax selon les projections.
- Les terres basses et le sud verront les plus grandes diminutions de EENmax.
- La période d'enneigement diminue et les maximums annuels d'EEN arriveront plus tôt dans l'année.
- Attention : les cartes suivantes présentent les estimations EENmax et non les deltas.

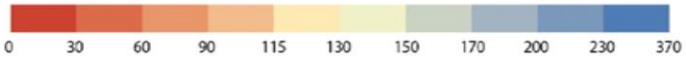
Observations : 1971 à 2000 (Hydro-Québec)



Horizon 2050 : RCP 8.5



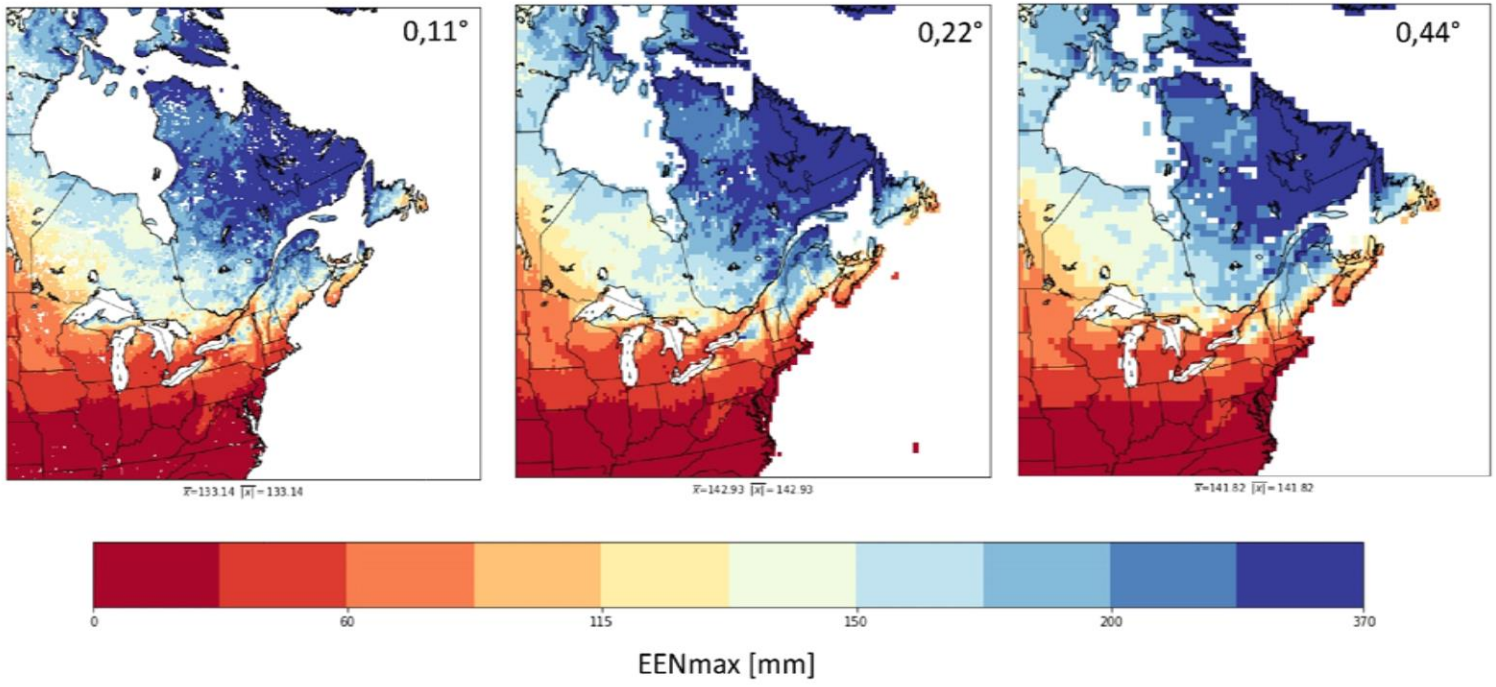
Équivalent en eau de la neige (mm) : maximum (février à mai)



Observations (gauche) d'EENmax et 50e percentile de l'ensemble CMIP5 (milieu) pour l'horizon 2050 en utilisant la méthode des deltas. Les 10e (en haut à droite) et 90e percentiles (en bas à droite) sont présentés pour donner une idée de l'incertitude. Tiré de Ouranos 2015.

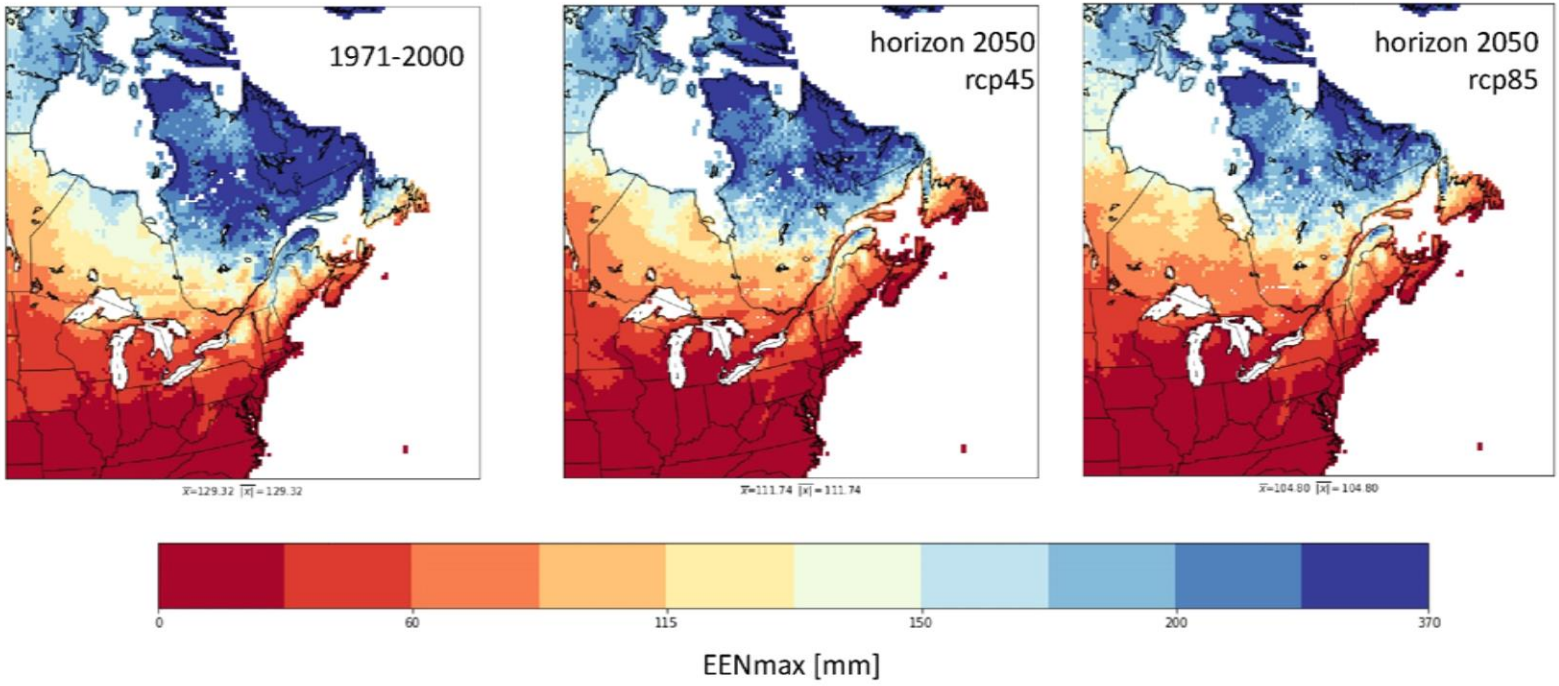
EENmax simulée par le MRCC5 pour la période 1979-2014

simulations du MRCC5 pilotées par ERA-Interim en utilisant différentes résolutions horizontales



Exemple de changements climatiques d'EENmax simulés par le MRCC5

Simulations du MRCC5@0.22° pilotées un membre de CanESM2

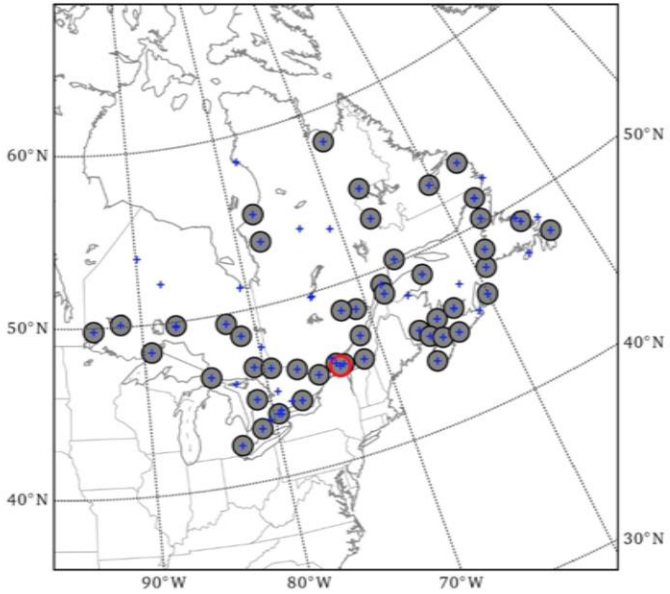


Verglas
Dominique Paquin

OBSERVATIONS

- Les stations de surface d'ECCC distinguent les précipitations de type verglaçant (verglas et grésil) des types liquides et solides depuis le début des années 1950.
- Les observations fournissent uniquement une estimation horaire de l'intensité
  - Léger : < 2.5 mm/h
  - Moyen : 2.6 à 7.5 mm/h
  - Intense : > 7.6 mm/h
- Un contrôle de qualité sur les données (par exemple un nombre suffisant d'heures (>80%) rapportées par année pour au moins 30 ans sur 38) permet d'avoir accès à une quinzaine de stations sur le territoire québécois selon les critères. Voir un exemple ci-joint.
- Il existe des bases de données privées (par exemple HQ) qui n'ont pas été évaluées

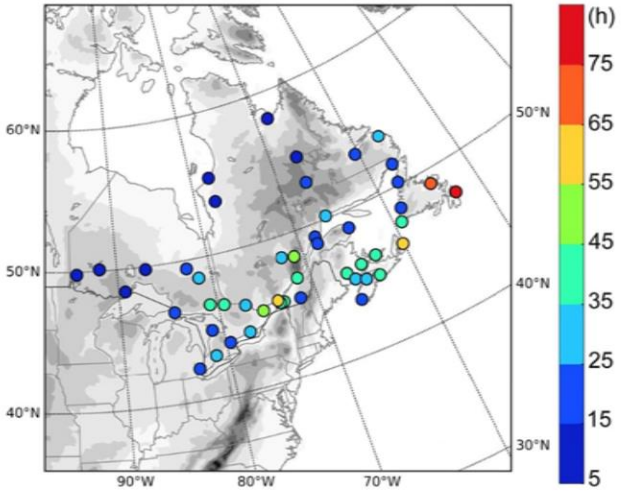
Commentaires :
- Les observations ne fournissent donc pas de quantité. Les climatologies de verglas sont (généralement) la médiane des heures annuelles.
- Données disponibles à Ouranos, validées .
- Base de données est de l'Amérique du Nord 1979-2014 compilée par Bresson. Base de données nord-américaine 1979 - 2016 compilée par McCray et al.



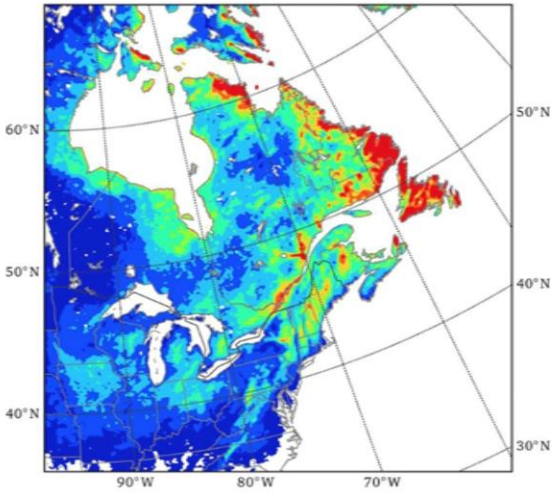
Bresson et al 2017.
Les croix indiquent les emplacements des stations de surface avec des données horaires disponibles toute la journée pendant au moins un an de 1980 à 2014; les cercles gris correspondent aux stations pour lesquelles des données sont disponibles pour 30 années consécutives au cours de la période 1980-2014. La station YUL de Montréal est indiquée par un cercle rouge.

CLIMATOLOGIE DES HEURES ANNUELLES MÉDIANES DE VERGLAS 1980-2014

Observations



Simulations (partition diagnostique de la pcp)
MRCC5 piloté ERA-interim



Bresson et al., 2017

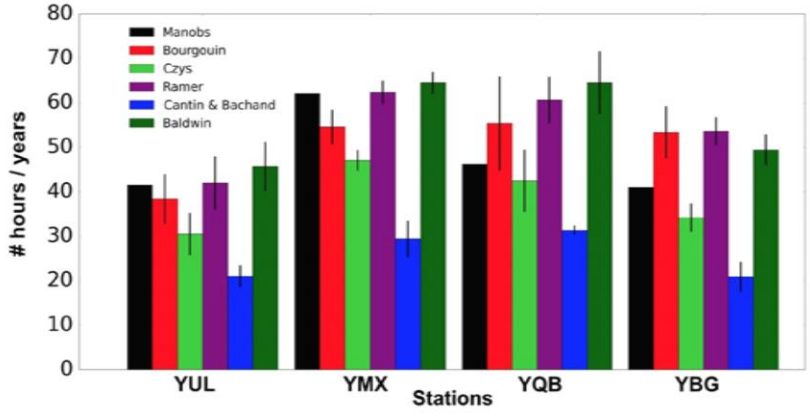
Commentaires :

- À partir des obs on peut bâtir une climatologie de précipitations mixtes, verglas ou grésil.
- Le MRCC5 simule les différents types précipitations à l'aide du schéma de partition des précipitations Bourgouin (2000), schéma développé et validé pour des modèles de prévisions numériques du temps.
- Le MRCC5 piloté par des réanalyses a été validé dans Bresson et al 2017 et St-Pierre et al. 2019 (qui a spécifiquement étudié les répercussions de la résolution du modèle).
- Les conclusions principales sont :
  - Tendance à une surestimation du nombre d'heures de verglas ou mixtes
  - Sous-estimation la durée des événements
  - Très bonne représentation de la tempête de verglas de 1998
  - Représentation réaliste des vents dominants du nord-est durant les épisodes de verglas
  - Une résolution de 0.22 permet la meilleure représentation moyenne (pour différentes évaluations) du verglas. Globalement, il y a une surestimation à 0.11 et une sous-estimation à 0.44.

MODÉLISATION (MÉTHODES DIAGNOSTIQUES)

- La représentation du verglas dans les modèles de climat de climat est faite par des méthodes diagnostiques (donc non directement, ce qui demanderait de suivre la fraction d'eau liquide / solide dans les gouttelettes, comme ce qui est fait dans les modèles de prévisions) car ils n'ont pas la résolution verticale suffisante et que les méthodes explicites sont extrêmement coûteuses (en temps de calcul).
- Des études ont démontré que les modèles globaux n'ont pas la résolution suffisante pour utiliser les méthodes diagnostiques, le verglas étant associé à des processus physiques et de la dynamique de méso-échelle. Les modèles régionaux sont recommandés
- Le MRCC5 est le seul modèle ayant un schéma diagnostique implémenté (in-line) ce qui permet le calcul de la partition de la précipitation à chaque pas de temps. Il est possible d'obtenir les différents types de précipitation à partir de méthodes diagnostiques non implémentées (off-line) si les champs nécessaires ont été archivés.
- Le choix de la méthode diagnostique influence grandement les résultats, tel que montré sur la figure suivante.

Matte et al., 2018. Occurrence horaire moyenne annuelle de précipitations mixtes observations (noir) et simulées et diagnostiquée par le MRCC5 par différentes méthodes diagnostiques (couleurs) pour la période 1980-2009.



Matte, D., Thériault, J. M. et Laprise, R. (2018). Mixed precipitation occurrences over southern Québec, Canada, under warmer climate conditions using a regional climate model. *Climate Dynamics*.

CHANGEMENTS ANTICIPÉS : FUTURE PROCHE (2041-2070) ET FIN DU SIÈCLE (2071-2100)

Île de Montréal – nombre d'événements par durée

Événements de courte durée

- 1 modèle régional (MRCC5) @ 0.22°
  - 4 pilotes différents (CanESM2, MPI_ESM-LR, GFDL-ESM2M, CNRM-CM5)
  - Une méthode diagnostique in-line (Bourgouin)
  - Diminution générale du nombre d'événements par rapport au climat actuel (2011-2040)
  - Résultats internes (Paquin et al.)
- 1 modèle régional (MRCC5) @ 0.11°
  - 1 pilote (MPI)
  - Cinq méthodes diagnostiques off-line
  - Diminution générale du nombre d'événements par rapport au climat actuel (1980-2009)
  - Matte et al., 2018

Événements de moyenne et longues durées (moins et plus de 18 heures)

- 1 modèle régional (MRCC5) @ 0.22°
  - 4 pilotes différents (CanESM2, MPI_ESM-LR, GFDL-ESM2M, CNRM-CM5)
  - Une méthode diagnostique in-line (Bourgouin)
  - Résultats internes (Paquin et al.)
- Événements de moyenne durée (moins de 18 heures)
  - Diminution générale du nombre d'événements par rapport au climat actuel (2011-2040)
- Événements de longue durée (plus 18 heures)
  - Peu de changements
  - Incertitude élevée car peu d'événements

CHANGEMENTS ANTICIPÉS : FIN DU SIÈCLE (2071-2100)

Verglas annuel moyen sur le continent Nord-Américain mm/an
MRCC5 piloté par différents GCMs

- 1 modèle régional
  - une méthode diagnostique in-line (Bourgouin)
  - 4 pilotes différents
  - Résultats internes (Paquin et al.)
  - Résultats corroborés par Jeong et al., 2019. (1 modèle régional et une méthode diagnostique off-line)

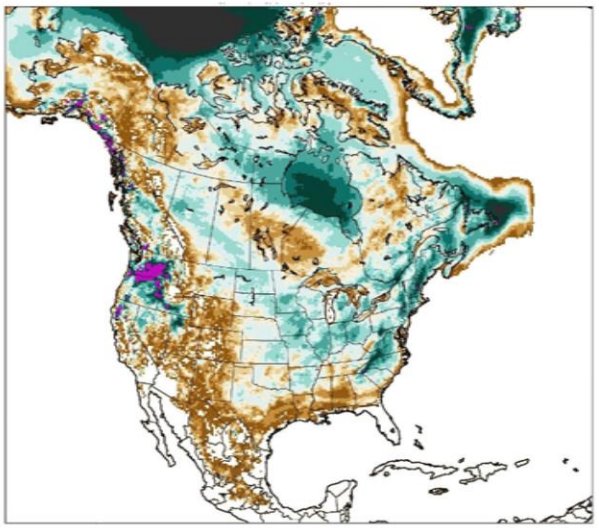
- Augmentation du taux annuel moyen de verglas sur le continent
  - ~ 0.5 mm/ année à ~ 1.3 mm/année pour une moyenne actuelle de ~5.8 mm/année
  - Le sud des Etats-Unis voir une diminution marquée du taux annuel moyen, tandis que le nord du Canada voit une augmentation importante
  - Le changement projeté est plus grand que la variabilité naturelle évaluée par 5 membres

Source : Jeong, D.I., A.J. Cannon, and X. Zhang, 2019. Projected changes to extreme freezing precipitation and design ice loads over North America based on a large ensemble of Canadian regional climate model simulations. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19:857-872. doi:10.5194/nhess-19-857-2019

EXEMPLE DE CHANGEMENTS ANTICIPÉS : FIN DU SIÈCLE (2071-2100)

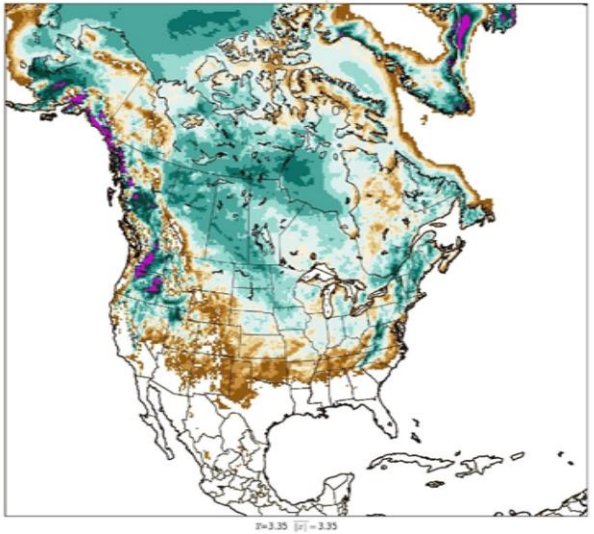
Verglas annuel moyen sur le continent Nord-Américain mm/an
MRCC5 piloté par un modèle global (CNRM)

MRCC5-CNRM
1981-2005



4,95 mm/an sur la terre

MRCC5-CNRM
2071-2100 RCP8.5



6,09 mm/an sur la terre

0 1 2 3 4 5 7 10 15 20 30

15

Ondes de tempête, Vents violent et rafales, Tornades

Hélène Côté

Ondes de tempêtes

- Hausse du niveau de la mer causé par le passage d'une tempête en raison des effets combinés suivants :
  - La chute de la pression atmosphérique au passage de la tempête
  - Les vents forts qui poussent les masses d'eau vers le littoral et génèrent de fortes vagues
- Le plus grand potentiel de dommage d'une onde de tempête survient à marée haute.
- La glace marine fixée au littoral atténue fortement l'ampleur de l'onde de tempête durant l'hiver
- Le Québec est touché par deux catégories de tempêtes
  - Les cyclones extratropicaux:
    - Systèmes dépressionnaires typiques des latitudes moyennes
    - Forte variabilité interannuelle et inter-décennale pour l'activité cyclonique sur nos régions
  - Les cyclones post-tropicaux:
    - Ouragan qui se transforme lors de son déplacement vers le nord pour finalement présenter un amalgame de caractéristiques tropicales et extratropicales.

Évolution de l'exposition aux ondes de tempêtes
Région golfe et estuaire maritime du Saint-Laurent

D'ici la fin du siècle, même si l'on ne s'attend pas à des changements drastiques des cyclones extratropicaux, les côtes seront plus exposées aux ondes de tempêtes car elles seront de moins en moins protégées par la banquise et subiront la hausse du niveau relatif de la mer.

Phénomène	Effet des changements climatiques d'ici 2100	Contribution à l'exposition aux ondes de tempêtes d'ici 2100
Cyclones extratropicaux • Nombre • Intensité	 Faible diminution (faible niveau de confiance) Faible diminution (faible niveau de confiance)	 Pas de changement significatif (faible niveau de confiance)
Cyclones post-tropicaux (nombre et intensité)	inconnu	inconnue
Niveau relatif de la mer	Hausse médiane de 25 à 75cm selon les endroits basées sur les projections CMIP5 RCP8.5 (confiance élevée)	Augmente graduellement l'exposition
Protection du littoral par la banquise côtière	Disparition graduelle de la glace marine (confiance élevée)	Augmente graduellement l'exposition

Commentaires :

Le Québec se trouve au carrefour de 3 des grandes trajectoires de dépressions qui affectent l'Amérique du Nord. Ces cyclones extratropicaux se développent 1) sur le versant Est des Rocheuses canadiennes en Alberta, 2) sur le versant Est des Rocheuses américaines près du Colorado et 3) le long de la côte Est américaine.

Le nombre de tempêtes qui affectent le Québec varie fortement d'une année à l'autre et même d'une décennie à l'autre. La plupart des études basées sur les modèles climatiques de la génération CMIP5 penchent du côté d'une diminution du nombre et de l'intensité des cyclones extratropicaux touchant le Québec selon les scénarios de GES RCP4.5 et 8.5. Toutefois, cette diminution attendue demeure à l'intérieur des limites de la variabilité naturelle de l'activité cyclonique pour nos régions, surtout pour les tempêtes de la côte Atlantique.

Si les changements majeurs ne viennent pas nécessairement du nombre et de l'intensité des tempêtes, le littoral du golfe et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent seront plus exposées aux ondes induites par ces tempêtes parce que le niveau relatif de la mer sera plus élevé et que la protection des rives par la banquise est appelée à disparaître en raison de la fonte de la glace marine, conséquences du réchauffement du climat.

Selon le scénario RCP8.5, la hausse médiane du niveau relatif de la mer en 2100 sera entre 25 et 75 cm selon les localités le long des côtes du golfe et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

Finalement, concernant les cyclones post-tropicaux, la littérature scientifique est quasi inexistante car, tant les études sur les tempêtes tropicales que celles sur les cyclones extratropicaux évitent les temps de l'année ou les latitudes où le phénomène est susceptible de se produire.

Références

- Colle, B. A., Zhang, Z., Lombardo, K. A., Chang, E., Liu, P., & Zhang, M. (2013). Historical Evaluation and Future Prediction of Eastern North American and Western Atlantic Extratropical Cyclones in the CMIP5 Models during the Cool Season. *Journal of Climate*, *26*(18), 6882–6903. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00498.1
- Harvey, B. J., Shaffrey, L. C., Woollings, T. J., Zappa, G., & Hodges, K. I. (2012). How large are projected 21st century storm track changes? *Geophysical Research Letters*, *39*(18), 1–5. https://doi.org/10.1029/2012GL052873
- James, T.S., Henton, J.A., Leonard, L.J., Darlington, A., Forbes, D.L. and Craymer, M. (2014): Relative sea level rise projections for Canada and the adjacent mainland United States; Geological Survey of Canada, Open File 7737, 67 p.,
- Loder, J., van der Baaren, A. and Yashayaev, I. (2015): Climate comparisons and change projections for the Northwest Atlantic from six CMIP5 models; Atmosphere-Ocean, v. 53, p. 529– doi:10.1080/07055900.2015.1087836
- Mudryk, L., Derksen, C., Howell, S., Laliberté, F., Thackeray, C., Sospedra-Alfonso, R., Vionnet, V., Kushner, P. and Brown, R. (2018): Canadian snow and sea ice: historical trends and projections; The Cryosphere, v. 12, p. 1157– doi:10.5194/tc-12-1157-2018
- Zappa, G., Shaffrey, L. C., Hodges, K. I., Sansom, P. G., & Stephenson, D. B. (2013). A multimodel assessment of future projections of north atlantic and european extratropical cyclones in the CMIP5 climate models. *Journal of Climate*, *26*(16), 5846–5862. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00573.1

Tornades

- La petite taille et la très courte durée de vie des tornades font en sorte qu'elles sont très difficiles à observer surtout pour des réseaux d'observations très peu denses comme au Canada.
- Au Canada comme aux États-Unis, le nombre de tornades observées est plus élevé dans les régions fortement peuplées car elles peuvent y être rapportées plus facilement par des témoins et détectées grâce aux dommages qu'elles engendrent.
- Par conséquent, leur nombre est vraisemblablement sous-estimé.
- Leur nombre varie fortement d'une année à l'autre.
- Pour toutes ces raisons, il n'est pas possible d'établir de tendances historiques fiables.
- Vu les incertitudes concernant l'observations des tornades ainsi que leurs mécanismes de formation et considérant leur forte variabilité, il n'est pas possible de statuer sur leur évolution future.

Références Tornades

- Cheng, V. Y. S., Arhonditsis, G. B., Sills, D. M. L., Auld, H., Shephard, M. W., Gough, W. A., & Klaassen, J. (2013). Probability of Tornado Occurrence across Canada *. *Journal of Climate*, *26*(Nbcc 2005), 9415–9429. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00093.1
- Etkin, D., Brun, S. E., Shabbar, A., & Joe, P. (2001). Tornado climatology of Canada revisited: Tornado activity during different phases of ENSO. *International Journal of Climatology*, *21*(8), 915–938. https://doi.org/10.1002/joc.654
- Brooks, H. E. (2013). Severe thunderstorms and climate change. *Atmospheric Research*, *123*, 129–138. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.04.002
- Kunkel, K. E., Karl, T. R., Brooks, H., Kossin, J., Lawrimore, J. H., Arndt, D., … Wuebbles, D. (2013). Monitoring and understanding trends in extreme storms: State of knowledge. *Bulletin of the American Meteorological Society*. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00262.1

Vents violents et rafales

- Les observations du vent aux stations météorologiques sont très sensibles aux changements dans les environs des stations: croissance ou disparition de la végétation, urbanisation, etc.
- Au fil des années, les divers changements de types d'anémomètres, de leur hauteur et même le déplacement de certaines stations ajoutent aux incertitudes.
- Ces sources d'incertitudes compliquent les analyses de rafales sur de longues périodes.

Évolution des vents violents et des rafales

1. Bien que l'on ne s'attende pas à des changements significatifs dans les cyclones extratropicaux, des études préliminaires laissent entrevoir que certaines dépressions provenant de la côte Atlantique pourraient générer des vents un peu plus forts près de la surface.
   - ***Études trop fragmentaires pour établir un niveau de confiance***
2. On ne connait pas encore l'évolution des rafales associées aux orages.
3. Une étude appliquant des méthodes statistiques sur quelques simulations climatiques utilisées lors du **4e rapport du GIEC** suggérait une augmentation des rafales et de leur force au Canada en hiver et en été.
   - ***Toutefois, les modèles climatiques ont beaucoup évolué depuis et les conclusions pourraient différer surtout en hiver***.

Commentaires :

1) les deux études sont basées sur des simulations ultra spécialisées conçues pour comprendre les processus produites par un seul modèle. Donc très différentes des simulations utilisées pour les rapport du GIEC.

2) On en saurait plus avec les simulations haute-résolution qui sont capables de modéliser explicitement les orages (convection-permitting)

3) Cheng et al 2014. Article basé sur des simulations CMIP3 et dont les résultats sont consistants avec des dépressions plus nombreuses et plus intenses. C'était typique de plusieurs modèles CMIP3 mais ce qui n'est pas le cas avec CMIP5. Sauf que cette étude est à peu près la seule sur les rafales. Il fallait donc la mettre en perspective…

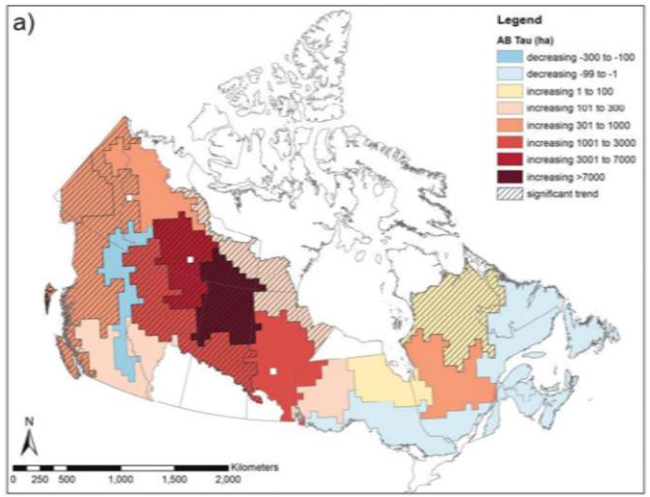
Références vents violents et rafales

- Cheng, C. S., Lopes, E., Fu, C., & Huang, Z. (2014). Possible Impacts of Climate Change on Wind Gusts under Downscaled Future Climate Conditions: Updated for Canada. *Journal of Climate*, *27*(3), 1255–1270. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00020.1
- Martinez-Alvarado, O., Gray, S. L., Hart, N. C. G., Clark, P. A., Hodges, K., & Roberts, M. J. (2018). Increased wind risk from sting-jet windstorms with climate change. *Environmental Research Letters*, *13*(4). https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaae3a
- Michaelis, A. C., Willison, J., Lackmann, G. M., & Robinson, W. A. (2017). Changes in winter North Atlantic extratropical cyclones in high-resolution regional pseudo-global warming simulations. *Journal of Climate*, *30*(17), 6905–6925. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0697.1

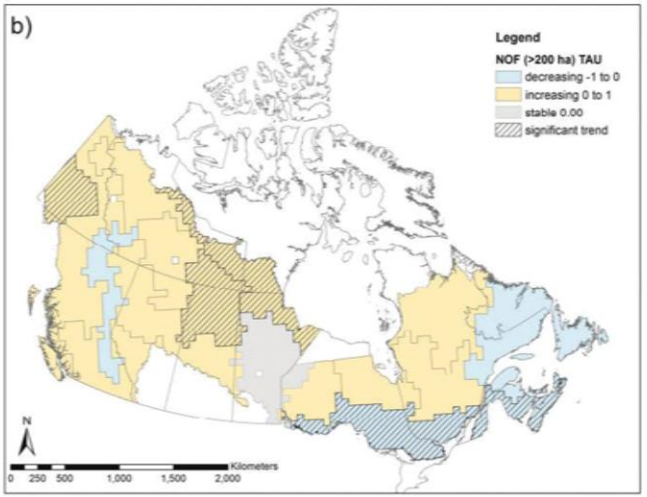
Feux de forêt

Travis Logan

Feux de forêt : Tendances observées 1959–2015



Tendance : Aire brulée (ha / an)



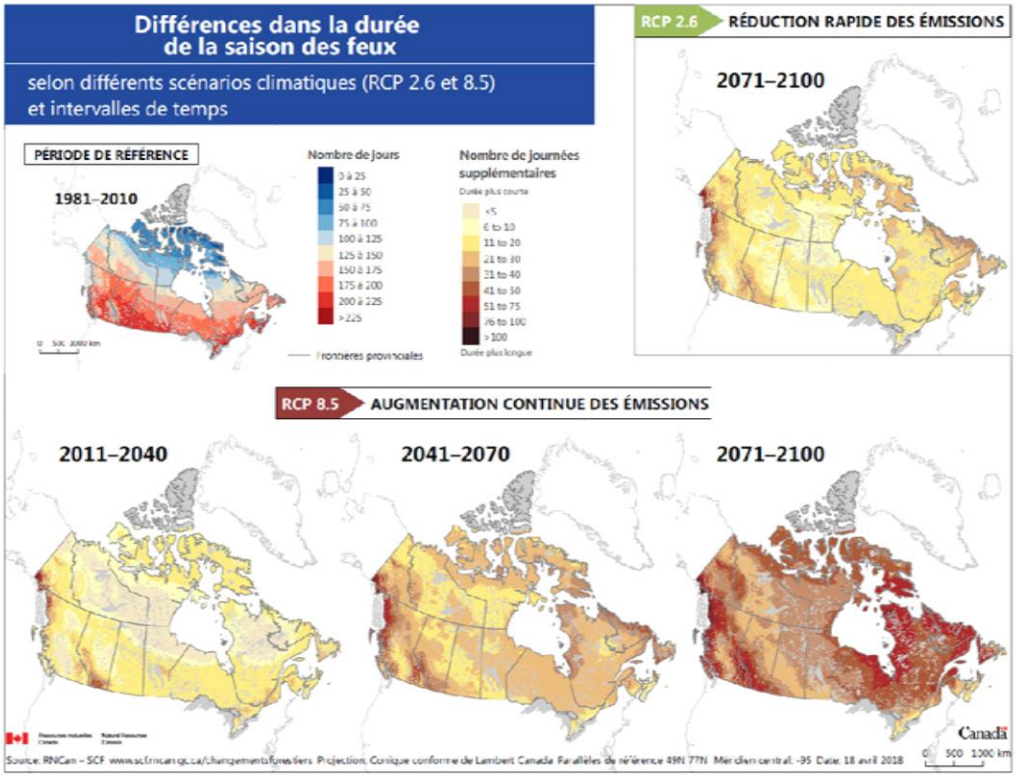
Tendance : Nombre de feux (>200 ha / an)

Source : 2019. Hanes, C.C.; Wang, X.; Jain, P.; Parisien, M.-P.; Little, J.M.; Flannigan, M.D. Canadian Journal of Forest Research 49: 256-269.

Commentaires :
1. Augmentation
2. Augmentation dans aire brulée au Québec central / nord. Pas dans le sud / Cote Nord / Appalaches Gaspésie.
3. Statistiquement significatif seulement dans le zone le plus nordique ('Eastern Subartic')
4. Peu ou pas de changement dans le nombre de feux. Sauf Sud-Est du Canada ou il y a diminution
5. Augmentation aire brulée avec ~= nombre de feux == Feux plus grand en général
6. Saisonnalité : Augmentation de la longueur pour zones où il y a suffisamment de données (NB* Québec n'a pas assez sauf la zone du sud)

Projections Futures : Durée de la saison des feux

Un seul modèle climatique :
CanESM2

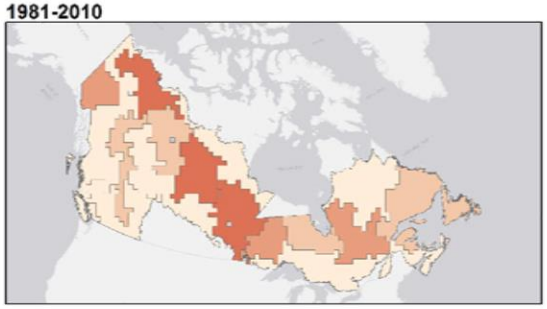


Source www.cfs.nrcan.gc.ca/forestchange

Projections futures RCP 4.5 : Superficie brûlée par grands feux

Un seul modèle climatique :
CanESM2

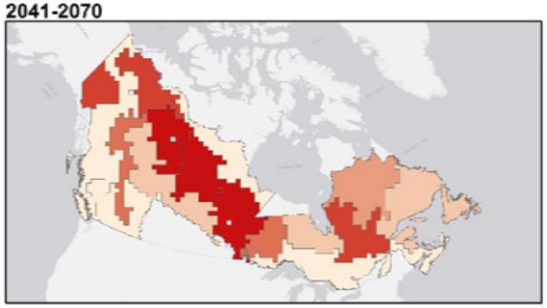
1981-2010



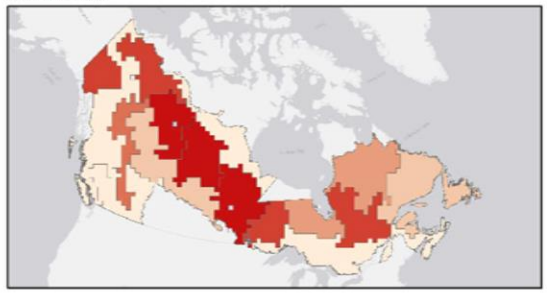
% / an

- 0.0 - 0.2
- 0.3 - 0.5
- 0.6 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 4.0
- 4.1 - 16.0

RCP 4.5
2041-2070



RCP 4.5
2071-2100



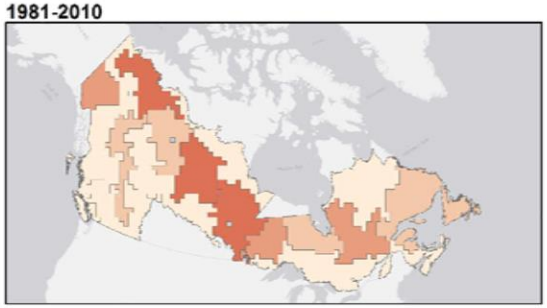
Service Layer Credits: Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

Source www.cfs.nrcan.gc.ca/forestchange

Projections futures RCP 8.5 : Superficie brûlée par grands feux

Un seul modèle climatique :
CanESM2

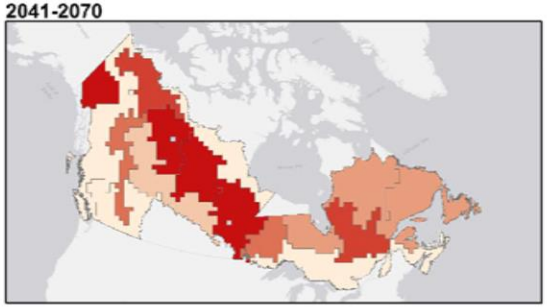
1981-2010



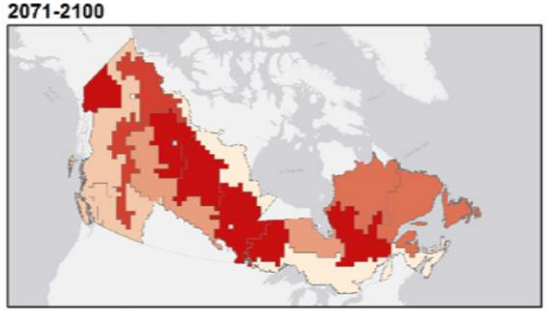
% / an

- 0.0 - 0.2
- 0.3 - 0.5
- 0.6 - 1.0
- 1.1 - 2.0
- 2.1 - 4.0
- 4.1 - 16.0

RCP 8.5
2041-2070



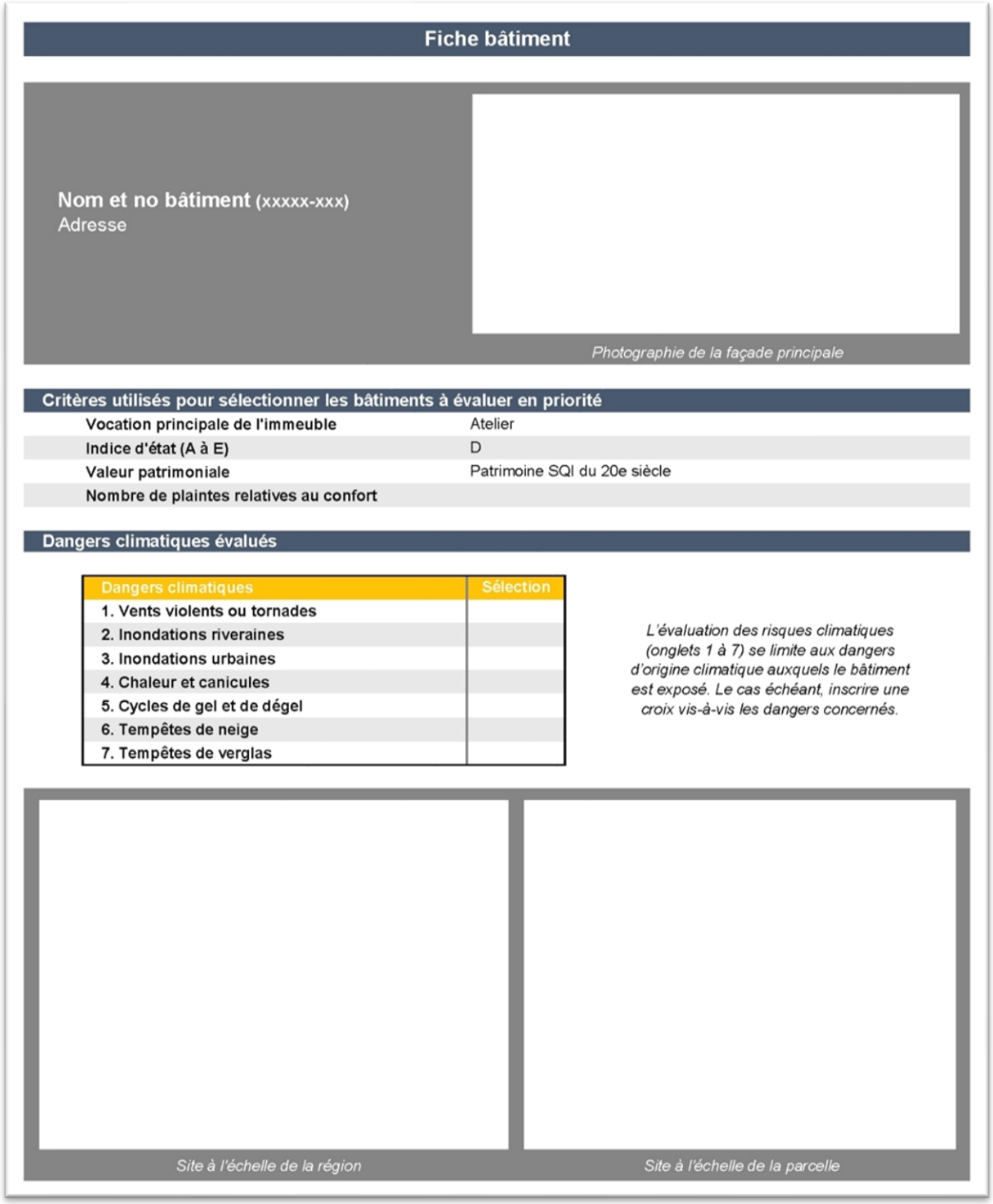
RCP 8.5
2071-2100



Service Layer Credits: Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

Source www.cfs.nrcan.gc.ca/forestchange

9.3 Outil d'évaluation des risques climatiques encourus par un bâtiment



Fiche bâtiment

Nom et no bâtiment (xxxxx-xxx)
Adresse

Photographie de la façade principale

Critères utilisés pour sélectionner les bâtiments à évaluer en priorité

Vocation principale de l'immeuble	Atelier
Indice d'état (A à E)	D
Valeur patrimoniale	Patrimoine SQI du 20e siècle
Nombre de plaintes relatives au confort	

Dangers climatiques évalués

Dangers climatiques	Sélection
1. Vents violents ou tornades	
2. Inondations riveraines	
3. Inondations urbaines	
4. Chaleur et canicules	
5. Cycles de gel et de dégel	
6. Tempêtes de neige	
7. Tempêtes de verglas	

L'évaluation des risques climatiques (onglets 1 à 7) se limite aux dangers d'origine climatique auxquels le bâtiment est exposé. Le cas échéant, inscrire une croix vis-à-vis les dangers concernés.

Site à l'échelle de la région

Site à l'échelle de la parcelle

Description générale

Caractéristiques du site à l'échelle de la région

Type d'environnement bâti	Village ou zone de villégiature
Type d'environnement naturel	Milieu agricole
Est-il situé dans une plaine inondable?	Je ne sais pas
Au besoin commenter :	
Est-il protégé par un ouvrage de protection contre les inondations ?	Non
Type d'égout sanitaire et pluvial municipal	Unitaire : 1 seul réseau
Topographie. Le bâtiment est érigé :	Sur une plaine
Est-il situé dans un îlot de chaleur urbain?	Non

Caractéristiques du site à l'échelle de la parcelle

Pente du terrain par rapport à la rue	Pente négative : écoulement des eaux vers l'immeuble
Type de sol	Sableux
Superficie du terrain (m^2)	
Emprise au sol de l'immeuble (m^2)	
Ratio surfaces imperméables (emprise au sol de l'immeuble, des stationnements, des aires de circulations et de tout autre surface imperméable)/superficie terrain (%)	≥ 75%
Ratio espaces verts/superficie terrain (%)	<25%
Type d'arbre(s) présent(s) sur le terrain	Feuillus (cime étalée)
Disposition type du ou des arbres présent(s) sur le terrain	Grappe(s) d'arbres
Equipements extérieurs. Le site est-il doté de mobilier urbain (mat, bancs, tables pique-nique, supports à vélo, poubelles, etc.)	Oui, quelques éléments de mobilier
Équipements extérieurs. Des conteneurs sont-ils visibles sur le site?	Non

Caractéristiques générales du bâtiment

Vocation principale de l'immeuble	Atelier
Rôle pour la santé ou la sécurité publique?	Non
Vocation principale du bâtiment	Centre d'accueil touristique
Indice d'état du bâtiment	D
Année de construction	
Angle de la façade principale par rapport au sud	> 30 ° p/r au sud
Nombre d'étages hors sol	
Nombre d'étages sous-sol	
Présence de matières dangereuses au sous-sol?	Oui
Emprise au sol du bâtiment (m^2)	
Superficie bâtie totale du bâtiment (m^2)	
Hauteur (H) plancher-plafond d'un étage type (m)	
Un étage type compte des ouvertures sur combien de façades?	2 façades ou plus
Profondeur maximale (Pmax) théorique pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m)	0
Profondeur réelle (P) d'un étage type (m)	
Hauteur (H) plancher-plafond d'un étage type (m) - Bloc B	

Un étage type compte des ouvertures sur combien de façades? - Bloc B	2 façades ou plus
Profondeur maximale (P_{max}) théorique pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m) - Bloc B	0
Profondeur réelle (P) d'un étage type (m) - Bloc B	
Ratio de surfaces climatisées (%)	
Dans le cas d'un bâtiment alimenté en gaz naturel, l'entrée et les équipements desservis sont-ils situés au sous-sol?	Oui, en partie
Type de raccordement du réseau électrique au bâtiment	Aérien
Présence de la chambre électrique principale, du disjoncteur principal ou de salles électriques secondaires au sous-sol?	Oui, en partie
Présence d'une génératrice au sous-sol?	Non
Autonomie de la génératrice, le cas échéant	≥ 24 et < 48 heures
Secteurs desservis par la génératrice, le cas échéant	
Matériau(x) de la charpente	
Matériaux des façades	
Superficie des façades (m^2)	
Nord	
Sud	
Est	
Ouest	
Superficie de vitrage des façades (m^2)	
Nord	
Sud	
Est	
Ouest	
Ratio vitrage-mur (%)	
Nord	#DIV/0!
Sud	#DIV/0!
Est	#DIV/0!
Ouest	#DIV/0!
Superficie de maçonnerie des façades (m^2) le cas échéant.	
Nord	
Sud	
Est	
Ouest	
Ratio maçonnerie-mur (%)	
Nord	#DIV/0!
Sud	#DIV/0!
Est	#DIV/0!
Ouest	#DIV/0!

Profil d'occupation du bâtiment

Nombre d'usagers (moyenne par jour)	
Employés réguliers	
Patients ou résidents (le cas échéant)	
Visiteurs (le cas échéant)	
Total	0

1. Évaluation des risques liés aux vents violents ou aux tornades

Les vents violents affectent surtout la superstructure et l'enveloppe des bâtiments. La construction de la toiture, les supports de couverture, les assemblages toits-murs et les matériaux de couvertures sont particulièrement vulnérables. Les dommages matériels sont causés par les forces latérales appliquées sur l'immeuble, les débris qui y sont projetés et par l'eau qui s'y infiltre en cas de défaillance de la toiture. Les dommages structuraux et les débris projetés posent aussi un risque significatif pour la santé et la sécurité des occupants pouvant occasionner des blessures mineures pouvant aller jusqu'au décès. Les vents violents affectent aussi les réseaux de distribution électriques qui peuvent entraîner des pannes importantes. Ces dernières, combinées à des dommages matériels significatifs peuvent forcer l'arrêt des opérations pour une durée indéterminée. L'onglet "Vents violents" se concentre sur l'évaluation des risques de dommages matériels et de blessures. Pour évaluer les risques de pannes de courant, consultez l'onglet "tempête de verglas".

1.1 Évaluation du danger

Il n'existe pas l'heure actuelle d'indice climatique fiable permettant d'estimer l'évolution des vents violents ou des tornades à l'horizon 2041-2070, car les incertitudes relatives à leur distribution géographique et temporelle sont toujours grandes. Par conséquent, nous considérons que tous les immeubles de la SQI sont susceptibles de subir des impacts négatifs des vents violents dans le futur et à cet effet, l'indice de danger est fixé à 0,5.

	Détermination de l'indice de danger	**0,5**

1.2 Évaluation de l'exposition

	Type d'environnement bâti	***Village ou zone de villégiature***
	Type d'environnement naturel	***Milieu agricole***
	Topographie. Le bâtiment est érigé :	***Sur une plaine***
1.2.1	**Le bâtiment est-il situé dans un lieu où il est susceptible de subir des dommages causés par des vents violents ou des tornades?**	
	Non (0) — *Oui (0,5)*	
1.2.2	**Type d'environnement bâti**	
	Centre urbain (0,25) — *Petite ville ou banlieue (0,5)* — *Village ou zone de villégiature (1)*	
1.2.3	**Type d'environnement naturel**	
	Forestier (0,25) — *Agricole et forestier (0,5)* — *Agricole ou maritime (1)*	
1.2.4	**Topographie : le bâtiment est érigé sur:**	
	Au bas d'une pente, à l'abri (0) — *Terrain plat (0,25)* — *Milieu d'une pente (0,5)* — *Sommet d'une pente*	
	Calcul de l'indice d'exposition	**#####**

1.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

	L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?	***Non***
	Indice d'état du bâtiment	***D***
	Nombre d'usagers moyen par jour	***0***
	Nombre d'étages hors sol	***0***
1.3.1	**L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?**	
	non (0) — *oui (1)*	
1.3.2	**Quel est l'indice d'état du bâtiment?**	
	A (0) — *B (0,25)* — *C (0,5)* — *D ou E (1)*	
1.3.3	**En moyenne, le bâtiment reçoit combien d'usagers (employés, visiteurs, résidents, etc.) par jour ?**	
	Aucun (0) — *1 à 9 (0,25)* — *10 à 59 (0,5)* — *plus de 60 (1)*	
1.3.4	**Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par des vents violents ou une tornade, caractériser l'ampleur des impacts passés.**	
	Aucun impact (0) — *Impacts légers (0,25)* — *Impacts modérés (0,5)* — *impacts élevés (1)*	
1.3.5	**Combien le bâtiment compte-t-il d'étages hors-sol?**	
	1 à 2 (0,25) — *3 à 5 (0,5)* — *6 et plus (1)*	

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

1.3.6 Quel est le principal système structural du bâtiment?

Éléments de béton coulé (0,25) | *Acier, poteau-poutre bois, béton préfabriqué (0,5)* | *Ossature légère bois (1)*

1.3.7 Quel est le type de toiture qui recouvre la majorité du bâtiment?

toiture inclinée sans pignon (0,5) | *toiture plate (0,75)* | *toiture inclinée avec pignons(1)*

1.3.8 Dans le cas d'un bâtiment qui a une toiture plate, ce dernier est-il : un hangar, un atelier, un entrepôt, un garage ou un gymnase?

non (0) | *oui (1)*

1.3.9 Quel est l'état général de la charpente?

Excellent (0) | *Passable : flambement de certaines membrures (0,5)* | *Mauvais: membrures fissurées, brisées (1)*

Enveloppe extérieure

1.3.10 Quelle est la part du revêtement extérieur qui est abimé ou mal fixé au support mural (% de superficie des murs extérieurs)?

0% (0) | *≥1% et <25%(0,25)* | *≥25% et <50%(0,5)* | *≥25% et <50%(0,5)* | *≥50% et <75%(0,75)* | *≥75%*

1.3.11 La plupart des fenêtres sont-elles protégées par des volets?

oui (0) | *non (1)*

Toit

1.3.12 Quelle est la part du revêtement de la toiture qui est abimé ou mal fixé au support de la couverture (% de superficie de la couverture)?

0% (0) | *≥1% et <25%(0,25)* | *≥25% et <50%(0,5)* | *≥25% et <50%(0,5)* | *≥50% et <75%(0,75)* | *≥75%*

1.3.13 La couverture est-elle maintenue en place par un ballast?

non (0) | *oui (1)*

D-Services

Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)

1.3.14 Y a-t-il des équipements sur la toiture (panneaux PV ou solaire thermiques, CVCA, etc.) ?

non (0) | *oui (1)*

1.3.15 Le bâtiment est-il équipé d'une cheminée de maçonnerie non contreventée dont la hauteur est de 6' ou plus par rapport au toit?

non (0) | *oui (1)*

E-Équipement et ameublement

Équipement

Le site est-il doté de mobilier urbain (mat, bancs, tables pique-nique, supports à vélo, poubelles, etc.)	***Oui, quelques éléments de mobilier***
Des conteneurs sont-ils visibles sur le site?	***Non***

1.3.16 Y-a-t-il des objets à l'extérieur qui ne sont ni ancrés au sol ni au bâtiment (mâts, antennes, mobilier urbain, etc.)?

non (0) | *oui, quelques uns (0,5)* | *oui, plusieurs (1)*

G-Aménagement d'emplacement

Amélioration d'emplacement

Type d'arbre(s) présent(s) sur le terrain	***Feuillus (cime étalée)***
Disposition type du ou des arbres présent(s) sur le terrain	***Grappe(s) d'arbres***

1.3.17 Identifier le(s) type(s) d'arbres le(s) plus représentatif(s) du site.

Résineux (0) | *Feuillus et résineux (0,25)* | *Feuillus - cime étroite (0,5)*
Feuillus - cimes étalées et étroites (0,75) | *Feuillus - cime étalée (1)*

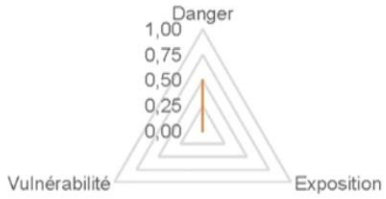
1.3.18 Caractériser la disposition la plus représentative des arbres présents sur le site.

Boisé (0) | *Grappe(s) d'arbres (0,25)* | *Arbres en rangée(s) (0,5)* | *Arbre(s) isolé(s) (0,75)* | *Aucun (1)*

Calcul de l'indice de vulnérabilité ######

1.4 Résultat de l'évaluation des risques liés aux vents violents

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,5
Exposition	####
Vulnérabilité	####
Indice de risque - Vents violents ou tornades	n.a.



1.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						12
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations					x	
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations				x		
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			x			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations						
	Vieillissement prématuré de certains éléments						
Occupants	*Décès*						12
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie					x	
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine vectorielle/infectieuse				x		
	Allergies, blessures mineures à modérées						
	Inconfort léger à modéré						
	TOTAL	24					

Pour le bâtiment, les vents violents ou les tornades peuvent entraîner des pannes et des dommages matériels pouvant aller jusqu'à sa perte totale. Ils peuvent aussi occasionner chez les occupants des blessures pouvant, voire leur décès. Par conséquent, l'indice de risque calculé est associé au coefficient de pondération maximal (24) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

2. Évaluation des risques liés aux inondations riveraines

Les inondations causées par la crue d'un cours d'eau affectent la majorité des éléments d'un bâtiment : l'infrastructure, la superstructure et l'enveloppe, l'aménagement intérieur et extérieur, les services ainsi que l'équipement et l'ameublement. Les dommages matériels peuvent être causés par l'eau, les débris qu'elle transporte, des moisissures ou des contaminants présents dans l'eau. La gravité des dommages dépend à la fois de la durée de l'inondation et de la pression hydrostatique exercée sur l'immeuble. Les inondations excédant 24 heures ou 0,6 m de profondeur sont susceptibles de causer des dommages structuraux majeurs (Kovacs et Sandik 2013). De plus, des pannes et des dysfonctionnements peuvent survenir lorsque des éléments des systèmes du bâtiment (chauffage, ventilation, éclairage, électricité, communications, etc.) se retrouvent dans les niveaux inondés. Ces conditions compromettent bien entendu la santé et la sécurité des occupants et peuvent provoquer le ralentissement ou l'arrêt des opérations.

2.1 Évaluation du danger

Les inondations riveraines peuvent être causées par plusieurs événements météorologiques : des pluies intenses sur un très court laps de temps, des précipitations moins fortes, mais continues sur plusieurs jours, le réchauffement soudain des températures printanières provoquant la fonte rapide des neiges, d'importantes averses printanières, etc. Le maximum des précipitations cumulées sur cinq jours d'avril à septembre (mm) est l'indice climatique utilisé pour évaluer le danger d'inondations riveraines. Cet indice est considéré à titre indicatif, car les inondations dépendent aussi d'une série de facteurs physiques comme la topographie, l'envergure et le débit des cours d'eau ainsi que l'aménagement du territoire. Seules des cartes de zones inondables à jour qui intègrent les résultats de projections climatiques peuvent réellement évaluer ce danger. Ce type de cartes est en cours de réalisation dans certaines régions du Québec comme la CMM et la CMQ ainsi que les MRC des Collines-de-l'Outaouais, de la Beauce, de Maskinongé, de Sherbrooke, d'Argenteuil et de Bonaventure. En attendant le moment où ces cartes seront disponibles, la valeur de l'indice de danger (tableau gris) est déterminée en fonction du maximum des précipitations cumulées sur 5 jours (avril à septembre) à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5) de la région où est situé le bâtiment (tableau orange).

	Maximum des précipitations cumulées sur 5 jours - avril à septembre (mm)	
Ville et région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Inscrire		

Maximum des précipitations cumulées sur 5 jours - avril à septembre (mm) - (2041-2070)-(RCP 8.5)	*Valeur indice de danger*
< 60	0
≥60 et <70	0,25
≥70 <80	0,5
≥80 <90	0,75
≥90	1

Détermination de l'indice de danger

2.2 Évaluation de l'exposition

Le bâtiment est-il situé dans une plaine inondable? ***Je ne sais pas***

Le bâtiment est-il protégé par un ouvrage de protection contre les inondations ? ***Non***

2.2.1 Le bâtiment est-il situé à l'intérieur d'une plaine inondable?

Non (0) *Oui, à l'intérieur des limites de crue 1/100 ans (0,5)* *Oui, à l'intérieur des limites de crue 1/20 ans (1)*

2.2.2 Dans le cas d'un bâtiment situé à l'intérieur d'une plaine inondable, se trouve-t-il protégé par des ouvrages de protection contre les inondations permanents (digues, ponceaux surdimensionnés ou canaux de dérivation) ou temporaires (barrages, bassins de rétention, bermes)?

Oui, ouvrages permanents (0,25) *Oui, ouvrages temporaires (0,5)* *Non(1)*

Calcul de l'indice d'exposition #####

2.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

	L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?	*Non*
	Indice d'état du bâtiment	*D*
	Nombre d'usagers moyen par jour	*0*
	Nombre d'étages sous-sol	*0*

2.3.1 L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique? n.a.

non (0) — *oui (1)*

2.3.2 Quel est l'indice d'état du bâtiment? n.a.

A (0) — *B (0,25)* — *C (0,5)* — *D ou E (1)*

2.3.3 En moyenne, le bâtiment reçoit combien d'usagers (employés, visiteurs, résidents, etc.) par jour ? n.a.

Aucun (0) — *1 à 9 (0,25)* — *10 à 59 (0,5)* — *plus de 60 (1)*

2.3.4 Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été inondé par la crue d'un cours d'eau, caractériser l'ampleur des impacts passés.

Aucun impact (0) — *Impacts légers (0,25)* — *Impacts modérés (0,5)* — *Impacts élevés (1)*

2.3.5 Combien le bâtiment compte-t-il d'étages au sous-sol?

Aucun (0,25) — *1 (0,5)* — *2 et plus (1)*

2.3.6 Le bâtiment a-t-il des espaces au sous-sol qui sont habités ou occupés sur une base régulière et continue?

non (0) — *oui (1)*

A - Infrastructure

Fondations

2.3.7 De quel type sont les fondations du bâtiment?

Pilotis (0) — *Dalle sur sol (0,5)* — *Dalle sous-*

Construction de sous-sol

2.3.8 Quel est le matériau des murs de fondations?

Béton coulé (0,25) — *Pierre, brique (0,5)* — *Blocs de béton, de cendre (1)*

2.3.9 Quel est l'état général des murs du sous sol?

Excellent (0) — *Passable : Quelques fissures superficielles (0,5)* — *Mauvais : fissures profondes de part et d'autre du*

2.3.10 Y a-t-il des portes, des fenêtres ou des rampes d'accès situées au sous-sol ?

non (0) — *oui (1)*

2.3.11 Si oui, sont-elles équipées d'un bouclier anti-inondation amovible? (flood shield)

oui (0) — *non (1)*

B - Superstructure et enveloppe

Enveloppe extérieure

2.3.12 Quel est le principal matériau recouvrant le soubassement de l'immeuble?

Maçonnerie (0,25) — Fibrociment (0,5) — Clin ou panneaux bois, vinyle

C - Aménagement intérieur

Finition intérieure

2.3.13 Y a-t-il des finis intérieurs à base de bois, de gypse, de plâtre, de linoléum ou de liège dans les niveaux situés sous le seuil d'inondation?

non (0) — *oui (1)*

D-Services

Moyens de transport

Dans le cas d'un bâtiment équipé d'un ascenseur :

2.3.14 La salle des machines et des contrôleurs est-elle localisée au sous-sol ?

non (0) — *oui (1)*

2.3.15 La fosse d'ascenseur est-elle raccordée à un puisard lui-même équipé d'une pompe d'assèchement, d'une alimentation électrique de secours et d'un clapet antiretour?

oui (0) — *oui, en partie (0,5)* — *non (1)*

Plomberie				
2.3.16	Le bâtiment est-il muni d'un puisard équipé d'une pompe d'assèchement submersible, fonctionnant à piles ou y-a-t-il une pompe auxiliaire?			
	oui (0)	*oui, en partie (0,5)*	*non (1)*	
CVCA				
	Dans le cas d'un bâtiment alimenté en gaz naturel, l'entrée et les équipements desservis sont-ils situés au sous-sol?		***Oui, en partie***	
2.3.17	Y a-t-il des unités de chauffage, de ventilation ou de conditionnement d'air, des réservoirs ou des équipements annexes (pompes, contrôles, etc.,) situés au sous-sol et qui ne sont ni ancrés à la dalle, ni surélevés ou protégés par un dispositif étanche ?			
	non (0)	*oui, quelques uns (0,5)*	*oui, plusieurs (1)*	
Électricité				
	Présence de la chambre électrique principale, du disjoncteur principal ou de salles électriques secondaires au sous-sol?		***Oui, en partie***	
	Présence d'une génératrice au sous-sol?		***Non***	
2.3.18	La chambre électrique principale, le disjoncteur principal, la génératrice, les salles électriques secondaires et les circuits électriques sont-ils situés au sous-sol sans être protégés par un dispositif étanche ?			
	non (0)	*oui en partie (0,5)*	*oui (1)*	
2.3.19	Des composantes du réseau de télécommunication (circuits téléphoniques, salle de serveurs, etc.) sont-elles situées au sous-sol sans être protégées par des dispositifs étanches (caissons, gaines, etc.)?			
	non (0)	*oui en partie (0,5)*	*oui (1)*	
E-Équipement et ameublement				
Équipement				
	Présence de matières dangereuses au sous-sol?		***Oui***	
	Le site est-il doté de mobilier urbain (mat, bancs, tables pique-nique, supports à vélo, poubelles, etc.)		***Oui, quelques éléments de mobilier***	
	Des conteneurs sont-ils visibles sur le site?		***Non***	
2.3.20	Y a-t-il des équipements, des meubles, des produits toxiques ou dangereux entreposés au sous-sol sans être protégés par un dispositif étanche?			
	non (0)		*oui (1)*	
2.3.21	Le bâtiment compte-t-il un local dédié au stockage du matériel essentiel en cas d'inondation : barrières anti-inondation portatives, sacs de sable et réserve de sable, pompes d'assèchement portatives, réserve de carburant, etc.?			
	oui (0)		*non (1)*	
2.3.22	Y-a-t-il des objets à l'extérieur qui ne sont ni ancrés au sol ni au bâtiment (mats, antennes, mobilier urbain, etc.)?			n.a.
	non (0)	*oui, quelques uns (0,5)*	*oui, plusieurs (1)*	
G-Aménagement d'emplacement				
Amélioration d'emplacement				
2.3.23	Les aménagements extérieurs intègrent-ils des dispositifs pouvant faire office de barrières anti-inondation (digue, terre-plein, paliers, etc.)?			
	oui (0)		*non (1)*	
			Calcul de l'indice de vulnérabilité	#####

2.4 Résultat de l'évaluation des risques liés aux inondations riveraines

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,0
Exposition	######
Vulnérabilité	######
Indice de risque - inondations riveraines	**n.a.**

2.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations					10	
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations				x		
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			x			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations						
	Vieillissement prématuré de certains éléments						
Occupants	*Décès*						12
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine				x		
	Allergies, blessures mineures à modérées			x			
	Inconfort léger à modéré						
	TOTAL	**22**					

Les inondations riveraines posent des risques très élevés pour le bâtiment en raison des pannes et des dommages matériels majeurs qui peuvent entraîner le ralentissement, voire l'arrêt des opérations. Les risques sont aussi très élevés pour les occupants : les inondations peuvent provoquer des blessures et même la mort. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération très élevé (22) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

3. Évaluation des risques liés aux inondations urbaines

Pratiquement tout immeuble situé en milieu urbain est susceptible de subir des dommages causés par des pluies diluviennes ou soutenues pendant plusieurs jours. Ces dernières peuvent provoquer des refoulements d'égout, des infiltrations d'eau dans le sous-sol ou des inondations par ruissellement. À l'instar des inondations riveraines, les inondations urbaines affectent la majorité des éléments d'un bâtiment : l'infrastructure, la superstructure et l'enveloppe, l'aménagement intérieur et extérieur, les services ainsi que l'équipement et l'ameublement. Les réseaux de drainage sanitaire et pluvial sont toutefois particulièrement importants. Les dommages matériels peuvent être causés par l'eau, souvent souillée, par le développement de moisissures ou par la présence de contaminants. Des pannes et des dysfonctionnements peuvent aussi survenir lorsque des éléments des systèmes du bâtiment (chauffage, ventilation, éclairage, électricité, communications, etc.) se retrouvent dans les niveaux inondés. Ces conditions compromettent bien entendu la santé et la sécurité des occupants et peuvent provoquer le ralentissement ou l'arrêt des opérations.

3.1 Évaluation du danger

Les inondations urbaines sont la plupart du temps causées par des pluies diluviennes. La précipitation maximale durant 1 jour (mm) est l'indice climatique utilisé pour évaluer le danger d'inondations urbaines. Cet indice est approximatif, car la précipitation maximale observée sur une période de 2 heures (mm) serait plus précise, mais elle n'est pas disponible. Dans ce contexte d'informations imparfaites, la valeur de l'indice de danger (tableau gris) est déterminée en fonction de la précipitation maximale durant 1 jour (mm) à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5 - médiane) de la région où est situé le bâtiment (tableau orange).

	Précipitation maximale durant 1 jour (mm)	
Ville et région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Inscrire		

Précipitation maximale durant 1 jour (mm) - (2041-2070)- (RCP 8.5 - médiane)	*Valeur indice de danger*
≤40	0
>40 et ≤45	0,25
>45 et ≤50	0,5
>50 et ≤55	0.75
>55	1

Détermination de l'indice de danger

3.2 Évaluation de l'exposition

Type d'environnement bâti — ***Village ou zone de villégiature***

Topographie. Le bâtiment est érigé : — ***Sur une plaine***

Type d'égout sanitaire et pluvial municipal — ***Unitaire : 1 seul réseau***

3.2.1 Le bâtiment est-il situé dans un lieu où il est susceptible de subir des dommages causés par un refoulement d'égout, des infiltrations d'eau au sous-sol ou par une inondation par ruissellement?

Non (0) — *Oui (0,5)*

3.2.2 Dans quel type d'environnement bâti le bâtiment s'insère-t-il?

Village ou zone de villégiature (0,25) — *Petite ville ou banlieue (0,5)* — *Centre urbain (1)*

3.2.3 À l'échelle de la région, le bâtiment est érigé :

Au sommet d'une pente (0) — *Terrain plat (0,25)* — *Au bas d'une pente, dans une cuvette (1)*

3.2.4 Le réseau d'égout sanitaire et pluvial municipal du secteur où se situe l'immeuble est de type :

Aucun réseau (0) — *Séparatif (0.25)* — *Unitaire (1)*

Calcul de l'indice d'exposition #####

3.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

	L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?	*Non*
	Indice d'état du bâtiment	*D*
	Nombre d'usagers moyen par jour	*0*
	Nombre d'étages sous-sol	*0*

3.3.1 L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique? n.a.

non (0) — *oui (1)*

3.3.2 Quel est l'indice d'état du bâtiment? n.a.

A (0) — *B (0,25)* — *C (0,5)* — *D ou E (1)*

3.3.3 En moyenne, le bâtiment reçoit combien d'usagers (employés, visiteurs, résidents, etc.) par jour ? n.a.

Aucun (0) — *1 à 9 (0,25)* — *10 à 59 (0,5)* — *plus de 60 (1)*

3.3.4 Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà subi des dommages causés par un refoulement d'égout, des infiltrations d'eau au sous-sol ou par une inondation par ruissellement, caractériser l'ampleur des impacts passés.

Aucun impact (0) — *Impacts légers (0,25)* — *Impacts modérés (0,5)* — *Impacts élevés (1)*

3.3.5 Combien le bâtiment compte-t-il d'étages au sous-sol? n.a.

Aucun (0,25) — *1 (0,5)* — *2 et plus (1)*

3.3.6 Le bâtiment a-t-il des espaces au sous-sol qui sont habités ou occupés sur une base régulière? n.a.

non (0) — *oui (1)*

A - Infrastructure

Construction de sous-sol

3.3.7 Quel est le matériau des murs de fondations? n.a.

Béton coulé (0,25) — *Pierre, brique (0,5)* — *Blocs de béton, de cendre*

3.3.8 Quel est l'état général des murs du sous sol? n.a.

Excellent (0) — *Passable : Quelques fissures superficielles (0,5)* — *Mauvais : fissures profondes de part et d'autre du*

3.3.9 Y a-t-il des portes, des fenêtres ou des rampes d'accès situées au sous-sol? n.a.

non (0) — *oui (1)*

3.3.10 Le cas échéant, les fenêtres du sous-sol sont-elles protégées par une margelle?

oui (0) — *non (1)*

B - Superstructure et enveloppe

Toit

3.3.11 La majeure partie de la couverture est-elle occupée par une toiture végétalisée?

oui (0) — *non (1)*

C - Aménagement intérieur

Finition intérieure

3.3.12 Y a-t-il des finis intérieurs à base de bois, de gypse, de plâtre, de linoléum ou de liège sur les murs et les planchers du sous-sol? n.a.

non (0) — *oui (1)*

D-Services

Plomberie

3.3.13 Y a-t-il un clapet antiretour sur l'égout sanitaire ?

oui (0) — *non*

3.3.14 Le bâtiment est-il équipé d'un drain de fondation?

oui (0) — *non (1)*

3.3.15 Si oui, le drain de fondation est-il connecté à l'égout sanitaire ou pluvial municipal?

non (0) — *oui (1)*

3.3.16 Sinon, est-il raccordé à un puisard muni d'une pompe d'assèchement pour évacuer l'eau en surface, à distance des fondations ?

oui (0) — *non (1)*

3.3.17	**Les descentes de gouttière sont-elles raccordées aux réseaux d'égouts sanitaire ou pluvial municipaux ou encore au drain de fondation ?**			
	non (0)		*oui (1)*	
3.3.18	**Sinon, se jettent-elles à proximité des fondations (<1,8 m ou 6 pi)?**			
	non (0)		*oui (1)*	
3.3.19	**Les gouttières et les descentes de gouttière sont-elles endommagées ou obstruées?**			
	non (0)	*oui, en partie (0,5)*	*oui (1)*	
E-Équipement et ameublement				
Équipement				
	Présence de matières dangereuses au sous-sol?		***Oui***	
3.3.20	**Y a-t-il des équipements, des meubles, des produits toxiques ou dangereux entreposés au sous-sol sans être protégés par un dispositif étanche (gaines, caissons, plateformes, etc.)?**			n.a.
	non (0)		*oui (1)*	
G-Aménagement d'emplacement				
Amélioration d'emplacement				
	Type de sol		***Sableux***	
	Pente du terrain par rapport à la voirie		***négative : écoulement des eaux vers l'immeuble***	
	Ratio surfaces imperméables / superficie du terrain		***≥ 75%***	
3.3.21	**Quel est le type de sol ?**			
	Sableux (0)	*Humifère (0,25)*	*Limoneux(0,5)*	*Argileux (1)*
3.3.22	**Caractériser la pente du terrain par rapport à la rue**			
	Positive : eaux s'écoulent vers la voirie (0,25)	*Aucune pente (0,5)*	*Négative : eaux s'écoulent vers l'immeuble (1)*	
3.3.23	**Dans quelle proportion le terrain est-il recouvert de surfaces imperméables ?**			
	< 25% (0,25)	*≥25% et < 50% (0,50)*	*≥ 50% et < 75% (0,75)*	*≥ 75% (1)*
3.3.24	**Y a-t-il des citernes, des bassins de rétention, des jardins pluviaux ou des fossés pour stocker et infiltrer les eaux pluviales sur le site?**			
	oui (0)		*non (1)*	
3.3.25	**Si oui, sont-ils situés à moins de 1,8 m (6 pi) des fondations?**			
	non (0)		*oui (1)*	
3.3.26	**Les bouches d'égout pluvial sur le site et à proximité du site sont-elles obstruées?**			
	non (0)	*oui, en partie (0,5)*	*oui (1)*	
			Calcul de l'indice de vulnérabilité	#####

3.4 Résultat de l'évaluation des risques liés aux inondations urbaines

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,0
Exposition	#####
Vulnérabilité	#####
Indice de risque - inondations urbaines	**n.a.**

3.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations				8		
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			x			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations						
	Vieillissement prématuré de certains éléments						
Occupants	*Décès*						
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine						
	Allergies, blessures mineures à modérées			6			
	Inconfort léger à modéré						
	TOTAL	**14**					

Les inondations urbaines posent des risques relativement élevés pour le bâtiment en raison de dommages matériels importants et parfois de pannes qui le forcent à ralentir ses opérations. Elles peuvent également occasionner des blessures mineures ou modérées aux occupants ou encore les exposer à des moisissures et à des contaminants. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération moyen (14) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

4- Évaluation des risques liés aux canicules et à la hausse des températures estivales

Les canicules affectent les immeubles dans leur ensemble. Les caractéristiques de la superstructure et de l'enveloppe, des aménagements intérieurs, des systèmes de ventilation et de climatisation ainsi que celles du site déterminent la capacité de l'immeuble de maintenir ou non les occupants à l'intérieur de conditions confortables malgré des températures extérieures élevées. Plusieurs de ces caractéristiques influencent également la formation d'îlots de chaleur urbains. Ces derniers exacerbent les effets négatifs des canicules sur les personnes les plus vulnérables de la population (aînés, bambins, personnes souffrant de maladies chroniques, celles vivant avec un handicap, etc.). Les immeubles jouent donc un rôle clé sur le plan de la santé publique. Chez les bâtiments climatisés, les canicules peuvent créer des dysfonctionnements au niveau des systèmes de conditionnement d'air, car ces derniers n'ont généralement pas été conçus pour traiter des masses d'air plus chaudes et plus humides sur de plus longues durées. En dehors des périodes de canicules, la hausse des températures estivales combinée au rayonnement UV a pour effet de modifier la dimension des matériaux à base de polymères tels que les revêtements de vinyle, de PVC, les produits d'étanchéité et les joints. Ces matériaux se retrouvent surtout au niveau de l'enveloppe du bâtiment (couverture, parements extérieurs, portes et fenêtres, etc.). Leur retrait et leur dilatation répétée peuvent entraîner des fissures, voire des ruptures. La chaleur a donc pour effet d'accélérer le vieillissement de ces matériaux.

4.1 Évaluation du danger

Une canicule se déclare lorsque les moyennes sur trois jours des températures journalières maximales et minimales dépassent des valeurs seuils spécifiques. Le nombre de vagues de chaleur par année est l'indice climatique utilisé pour évaluer le danger de canicules. L'effet de la hausse des températures estivales sur certains matériaux est quant à lui évalué à partir du nombre de jours où la température maximale est supérieure à 30ºC. La valeur de l'indice de danger est calculée en faisant la moyenne des indices de dangers (tableaux gris) qui sont déterminés en fonction des données à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5 - médiane) de la région où est situé le bâtiment (tableaux orange).

	Nombre de vagues de chaleur	
Ville et région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Inscrire		

Nombre de vagues de chaleur - (2041-2070)- (RCP 8.5 - médiane)	*Valeur indice de danger*
0	0
>0 et ≤2	0,25
>2 et ≤4	0,5
>4 et ≤6	0.75
>6	1

	Nombre de jours >30°C (jours)	
Ville et région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Inscrire		

Nombre de jours >30°C (jours) - (2041-2070)- (RCP 8.5 - médiane)	*Valeur indice de danger*
≤8	0
>8 et ≤16	0,25
>16 et ≤24	0,5
>24et ≤32	0.75
>32	1

Indice de danger pour le nombre de vagues de chaleur	
Indice de danger pour le nombre de jours >30°C	
Calcul de l'indice de danger	**#DIV/0!**

4.2 Évaluation de l'exposition

	Type d'environnement bâti		Village ou zone de villégiature	
	Type d'environnement naturel		Milieu agricole	
	Le bâtiment est-il situé dans un îlot de chaleur urbain?		Non	
4.2.1	Le bâtiment est-il situé dans un lieu où il est susceptible de subir des dommages causés par une augmentation des températures estivales ou par des canicules?			
	Non (0)		*Oui (0,5)*	
4.2.2	Type d'environnement bâti			
	Village ou zone de villégiature (0,25)	*Petite ville ou banlieue (0,5)*	*Centre urbain (1)*	
4.2.3	Type d'environnement naturel			
	Forestier (0,25)	*Agricole et forestier ou maritime (0,5)*	*Agricole (1)*	
4.2.4	Le bâtiment est-il situé dans un îlot de chaleur urbain (d'après la carte de l'INSPQ)?			
	Non (0)		*Oui (1)*	
			Calcul de l'indice d'exposition	#DIV/0!

4.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

	L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?			*Non*	
	Indice d'état du bâtiment			*D*	
	Nombre d'usagers moyen par jour			*0*	
	Angle de la façade principale par rapport au sud			*> 30 ° p/r au sud*	
4.3.1	L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?				n.a.
	non (0)			*oui (1)*	
4.3.2	Quel est l'indice d'état du bâtiment?				n.a.
	A (0)	*B (0,25)*	*C (0,5)*	*D ou E (1)*	
4.3.3	En moyenne, le bâtiment reçoit combien d'usagers (employés, visiteurs, résidents, etc.) par jour ?				n.a.
	Aucun (0)	*1 à 9 (0,25)*	*10 à 59 (0,5)*	*plus de 60 (1)*	
4.3.4	Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà subi des dommages ou des pannes causés par la chaleur ou des canicules, caractériser l'ampleur des impacts passés.				
	Aucun impact (0)	*Impacts légers (0,25)*	*Impacts modérés (0,5)*	*Impacts élevés (1)*	
4.3.5	La façade principale est-elle orientée à 30° ou moins du sud?				
	oui, ≤ 15° (0)	*oui, > 15° et ≤ 30° (0,5)*		*non, > 30 ° (1)*	

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

	Profondeur réelle (P) d'un étage type (m)			*0,0*	
	Profondeur maximale théorique (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m)			*0,0*	
	Profondeur réelle (P) d'un étage type (m) - Bloc B, le cas échéant			*0,0*	
	Profondeur maximale théorique (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m) - Bloc B, le cas échéant			*0,0*	
	Matériau(x) de la charpente			*0*	
4.3.6	La profondeur réelle (P) d'un étage type est-elle inférieure ou égale à la profondeur maximale théorique (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce ?				
	oui (0)	*oui, du moins en partie (0,5)*		*non (1)*	
4.3.7	Sinon, le bâtiment dispose-t-il d'un atrium ?				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.8	Quel est le principal matériau de la structure?				
	Béton, terracotta (0)	*Bois (0,5)*		*Acier (1)*	

Enveloppe extérieure					
	Ratio vitrage-mur des façades			*Nord*	*#DIV/0!*
				Sud	*#DIV/0!*
				Est	*#DIV/0!*
				Ouest	*#DIV/0!*
4.3.9	**Les façades est, ouest et nord ont-elles un ratio vitrage-mur (%) compris entre 30 et 45 %?**				
	oui, toutes (0)	*oui, certaines d'entre elles (0,5)*		*non (1)*	
4.3.10	**La façade sud a-t-elle un ratio vitrage-mur (%) compris entre 45 % et 60 % ?**				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.11	**Le bâtiment est-il équipé d'un porche, d'une véranda ou d'un passage couvert pour protéger les usagers du s**				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.12	**Les ouvertures des façades sud, est et ouest sont-elles protégées par un dispositif d'ombrage extérieur?**				
	oui (0)	*oui, en partie(0,5)*		*non (1)*	
4.3.13	**Les fenêtres comprennent-elles une superficie d'ouvrants?**				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.14	**Quel est l'état général des scellants et des joints ?**				
	Excellent (0)	*Passable : quelques joints secs ou abîmés (0,5)*	*Mauvais: plusieurs secs ou abîmés (1)*		
Toit					
4.3.15	**La majeure partie de la couverture est-elle de couleur claire ou homologuée pour lutter contre les îlots de chaleur urbains?**				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.16	**La majeure partie de la couverture est-elle occupée par une toiture végétalisée?**				**n.a.**
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.17	**La majeure partie de la couverture est-elle à base d'asphalte, de mousse de polyuréthane pulvérisée, de silicone ou s'agit-il d'une membrane PVC ou EPDM?**				
	non (0)			*oui (1)*	
C-Aménagement intérieur					
Construction intérieure					
4.3.18	**L'aménagement intérieur d'un étage type est majoritairement :**				
	ouvert (0)	*semi-cloisonné (0,5)*		*cloisonné*	
Finition intérieure					
4.3.19	**Y a-t-il des murs de pierre, de béton ou de maçonnerie visibles à l'intérieur ?**				
	oui, plusieurs (0)	*oui, quelques uns (0,5)*		*non (1)*	
4.3.20	**Y a-t-il des planchers de pierre, de béton, de terrazzo ou de céramique visibles à l'intérieur ?**				
	oui, plusieurs (0)	*oui, quelques uns (0,5)*		*non (1)*	
4.3.21	**Les plafonds sont-ils dissimulés par un faux plafond ?**				
	non (0)	*oui, dans certains cas (0,5)*	*oui en grande majorité (1)*		
D-Services					
CVCA					
	Ratio de surfaces climatisées (%)			*0%*	
4.3.22	**La majeure partie (≥ 50%) des espaces intérieurs sont-ils climatisés?**				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.23	**Sinon, y a-t-il au moins un espace climatisé permettant aux occupants de s'y rafraîchir momentanément ?**				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.24	**Dans le cas de pièces non climatisées, sont-elles équipées de ventilateurs de plafond ?**				
	oui (0)			*non (1)*	
4.3.25	**Les entrées d'air des systèmes de ventilation et de conditionnement d'air sont-elles à l'abri du soleil?**				
	oui (0)			*non (1)*	

E-Équipement et ameublement

Équipement

4.3.26 Les ouvertures des façades sud, est et ouest sont-elles protégées par un dispositif d'ombrage intérieur amovible?

oui (0) | *oui, en partie(0,5)* | *non (1)*

G-Aménagement d'emplacement

Amélioration d'emplacement

Ratio surfaces imperméables / superficie du terrain	*≥ 75%*
Ratio espaces verts / superficie terrain	*<25%*
Type d'arbre(s) présent(s) sur le terrain	*Feuillus (cime étalée)*
Disposition type du ou des arbres présent(s) sur le terrain	*Grappe(s) d'arbres*

4.3.27 Dans quelle proportion le terrain est-il recouvert de surfaces imperméables ? **n.a.**

non (0) | *oui (1)*

4.3.28 Dans quelle proportion retrouve-t-on des espaces verts sur le site ? **n.a.**

≥ 50% (0) | *<50% et ≥25% (0,25)* | *<25% et ≥5% (0,5)* | *<5% (1)*

4.3.29 Identifier le(s) type(s) d'arbres le(s) plus représentatif(s) du site.

Feuillus - cime étalée (0) | *Feuillus - cimes étalées et étroites (0,25)* | *Feuillus - cime étroite (0,5)* | *Feuillus et résineux (0,75)* | *Résineux (1)*

4.3.30 Caractériser la disposition la plus représentative des arbres présents sur le site. **n.a.**

Boisé (0) | *Grappe(s) d'arbres (0,25)* | *Arbres en rangée(s) (0,5)* | *Arbre(s) isolé(s) (0,75)* | *Aucun (1)*

Calcul de l'indice de vulnérabilité à la chaleur et aux canicules **#DIV/0!**

4.4 Résultat de l'évaluation des risques liés à la chaleur et aux canicules

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	######
Exposition	######
Vulnérabilité	######
Indice de risque - chaleur et canicules	**n.a.**

4.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			6			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		x				
	Vieillissement prématuré de certains éléments	x					
Occupants	*Décès*						12
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie					x	
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine				x		
	Allergies, blessures mineures à modérées			x			
	Inconfort léger à modéré		x				
	TOTAL	**18**					

La hausse des températures estivales et les canicules posent des risques mineurs ou modérés pour le bâtiment, mais ils peuvent être suffisamment grands pour compromettre la vie de certains occupants ou de personnes vivant à proximité de l'immeuble présentant des facteurs de vulnérabilité. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération élevé (18) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

5- Évaluation des risques liés aux cycles de gel et de dégel

Les cycles de gel et de dégel provoquent le vieillissement prématuré des éléments maçonnés, poreux d'un immeuble. Les fondations, les murs du sous-sol, les parements de pierre, de brique ou de béton ainsi que les aménagements extérieurs y sont vulnérables, en particulier lorsqu'ils sont mouillés au moment du gel. La formation de digues de glace à la périphérie des toits est également favorisée par les cycles de gel et de dégel. Ces dernières peuvent endommager les bâtiments en raison des infiltrations d'eau. L'accumulation de glace sur les aires de circulations (escaliers, rampes, trottoirs, etc.) est également associée aux cycles de gel et de dégel. Lorsque ces surfaces ne sont pas entretenues adéquatement, elles peuvent entraîner des chutes et blesser des individus.

5.1 Évaluation du danger

Avec le réchauffement climatique, le nombre de cycles de gel et de dégel annuel est voué à diminuer dans le futur, mais il ne disparaîtra pas. L'indice climatique utilisé pour évaluer ce danger est le nombre d'événements de gel et de dégel annuel. La valeur de l'indice de danger (tableau gris) est déterminée en fonction du nombre d'événements de gel et de dégel annuel à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5 - médiane) de la région où est situé le bâtiment (tableau orange).

	Événements de gel et de dégel annuel	
Ville et région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Inscrire		

Événements de gel et de dégel annuel (2041-2070) - (RCP 8.5)	*Valeur indice de danger*
< 60	0
≥60 et <70	0,25
≥70 <80	0,5
≥80 <90	0.75
≥90	1

Détermination de l'indice de danger

5.2 Évaluation de l'exposition

5.2.1 Le bâtiment est-il situé dans un lieu où il est susceptible de subir des dommages causés par les cycles de gel et de dégel?

Non (0) *Oui (0,5)*

Calcul de l'indice d'exposition ######

5.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?	***Non***
Indice d'état du bâtiment	***D***
Nombre d'usagers moyen par jour	***0***

5.3.1 L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique? n.a.

non (0) *oui (1)*

5.3.2 Quel est l'indice d'état du bâtiment? n.a.

A (0) *B (0,25)* *C (0,5)* *D ou E (1)*

5.3.3 En moyenne, le bâtiment reçoit combien d'usagers (employés, visiteurs, résidents, etc.) par jour ? n.a.

Aucun (0) *1 à 9 (0,25)* *10 à 59 (0,5)* *plus de 60 (1)*

5.3.4 Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par les cycles de gel et de dégel, caractériser l'ampleur des impacts passés.

Aucun impact (0) *Impacts légers (0,25)* *Impacts modérés (0,5)* *impacts élevés (1)*

A - Infrastructure

Construction de sous-sol

5.3.5 Quel est le matériau des murs de fondations? n.a.

Béton coulé (0.25) *Pierre. briaue (0.5)* *Blocs de béton. de cendre (1)*

5.3.6 Quel est l'état général des murs du sous sol? n.a.

Excellent (0) *Passable : Quelques fissures superficielles (0,5)* *Mauvais : fissures profondes de part et d'autre du*

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

5.3.7 Le bâtiment compte-t-il un stationnement souterrain ou étagé ?

non (0) *oui (1)*

5.3.8 Quel est le type de toiture qui recouvre la majorité du bâtiment?

Faible pente <4:12 (<18°) ou plate (0) *Inclinée: : pente ≥ 4:12 (≥18°) (1)*

5.3.9 Dans le cas d'un bâtiment dont la toiture est inclinée, à quelle fréquence observe-t-on l'apparition de digues de glace sur l'avant-toit ?

Jamais (0) *Quelques fois (0,5)* *Souvent (1)*

Enveloppe extérieure

Ratio maçonnerie-mur des façades	*Nord*	*0%*
	Sud	*0%*
	Est	*0%*
	Ouest	*0%*

5.3.10 La maçonnerie est-elle le principal matériau recouvrant chaque façade (≥50 %)?

non (0) *oui, quelques façades (0,5)* *oui, toutes les façades (1)*

5.3.11 La maçonnerie est-elle recouverte par des plantes grimpantes?

non (0) *oui, quelques façades (0,5)* *oui, toutes les façades (1)*

5.3.12 Dans le cas d'une toiture inclinée, les murs de maçonnerie sont-ils protégés par un débord de toit et une gouttière?

oui (0) *non (1)*

5.3.13 Quel est l'état général des murs de maçonnerie?

Excellent (0) *Passable: Quelques fissures, éclats(0,5)* *Mauvais : plusieurs fissures, éclats (1)*

5.3.14 Les joints sont-ils de type baveux ou plein affleuré?

non (0) *oui (1)*

5.3.15 Quel est l'état général des joints de mortier?

Excellent (0) *Passable: Quelques joints évidés (0,5)* *Mauvais : plusieurs joints évidés(1)*

5.3.16 Les appuis de fenêtres sont-ils en saillie, inclinés et munis d'un casse-goutte?

oui (0) *non (1)*

G-Aménagement d'emplacement

Amélioration d'emplacement

Type de sol ***Sableux***

5.3.17 Quel est le type de sol ? n.a.

Sableux (0) Humifère (0,25) Limoneux(0,5) Argileux (1)

5.3.18 Dans le cas de sols argileux, y a-t-il des arbres de grande envergure (ht ≥5 étages) situés à moins de 15 mètres des fondations?

non (0) *oui (1)*

5.3.19 La chaussée et les stationnements sont-ils majoritairement recouverts d'asphalte ou de béton?

non (0) *oui (1)*

5.3.20 Si oui, sont-ils empruntés par des véhicules lourds?

non (0) *oui (1)*

5.3.21 Les éléments faisant partie des aménagements extérieurs (escaliers, rampes d'accès, murs de soutènement) sont-ils majoritairement faits de béton ou de maçonnerie?

non (0) *oui en partie (0,5)* *Oui en majorité(1)*

5.3.22 Quel est l'état général des éléments extérieurs faits de béton ou de maçonnerie?

Excellent (0) *Passable: Quelques fissures, éclats(0,5)* *Mauvais : plusieurs fissures, éclats (1)*

Calcul de l'indice de vulnérabilité **####**

5.4 Résultat de l'évaluation des risques liés aux cycles de gel et de dégel

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,0
Exposition	#####
Vulnérabilité	#####
Indice de risque - cycles gel-dégel	**n.a.**

5.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

	Risques potentiels	Échelle comparative 2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations						
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		4				
	Vieillissement prématuré de certains éléments	x					
Occupants	*Décès*						
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine vectorielle/infectieuse						
	Allergies, blessures mineures à modérées			6			
	Inconfort léger à modéré						
	TOTAL	10					

Les cycles de gel et de dégel posent des risques mineurs pour le bâtiment et ses usagers surtout si de bonnes pratiques d'entretien extérieur (déglaçage) sont déployées au moment opportun. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération relativement faible pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

7- Évaluation des risques liés aux tempêtes de verglas

Les tempêtes de verglas menacent surtout l'approvisionnement électrique des bâtiments. Les pannes affectent les services comme le chauffage, la ventilation, les systèmes de protection incendie, les ascenseurs, certains appareils de plomberie et les réseaux de communication. Leur interruption peut compromettre le confort, la santé et la sécurité des occupants, causer des dégâts matériels en raison du gel de conduites d'eau et ralentir, voire arrêter les opérations. Les caractéristiques de la superstructure, de l'enveloppe et des aménagements intérieurs influencent toutefois la capacité d'un bâtiment de subvenir en partie à ses besoins de chauffage ou d'éclairage par l'entremise de stratégies architecturales passives. De même, la possibilité pour le bâtiment de produire lui-même une partie de l'énergie qu'il consomme peut limiter les conséquences d'une panne électrique. Les tempêtes de verglas peuvent aussi endommager les arbres et les plantations faisant partie des aménagements extérieurs. Enfin, à l'instar des tempêtes de neige, les tempêtes de verglas peuvent causer des dommages matériels en raison de la pression exercée par le poids de la glace sur la toiture et des infiltrations d'eau provoquées par la formation de digues de glace. Elles peuvent aussi provoquer des blessures aux usagers en raison des surfaces glissantes et des chutes de morceaux de glace. Cependant, le suivi, l'inspection et les interventions de déglaçage peuvent réduire significativement les risques de dommages matériels et de blessures. Pour évaluer ces types de risques, utilisez l'onglet « tempêtes de neige ». L'onglet « tempêtes de verglas » se concentre essentiellement sur l'évaluation des risques occasionnés par les pannes électriques.

7.1 Évaluation du danger

Il n'existe pas l'heure actuelle d'indice climatique fiable permettant d'estimer l'évolution des tempêtes de verglas à l'horizon 2041-2070, car les incertitudes relatives à leur distribution géographique et temporelle sont toujours grandes. Par conséquent, nous considérons que tous les immeubles de la SQI sont susceptibles de subir des impacts négatifs des tempêtes de verglas dans le futur et à cet effet, l'indice de danger est fixé à 0,5.

	Détermination de l'indice de danger	0,5

7.2 Évaluation de l'exposition

	Type environnement naturel		***Milieu agricole***	
7.2.1	**Le bâtiment est-il situé dans un lieu où il est susceptible de subir des dommages et des pannes causés par des tempêtes de verglas?**			
	Non (0)		*Oui (0,5)*	
7.2.2	**Type d'environnement naturel**			
	Agricole ou maritime (0,25)	*Agricole et forestier (0,5)*	*Forestier (1)*	
	Calcul de l'indice d'exposition			#####

7.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

	L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?			***Non***	
	Indice d'état du bâtiment			***D***	
	Nombre d'usagers moyen par jour			***0***	
	Angle de la façade principale par rapport au sud			***> 30 ° p/r au sud***	
7.3.1	**L'immeuble joue-t-il un rôle dans le maintien de la santé ou de la sécurité publique?**				n.a.
	non (0)			*oui (1)*	
7.3.2	**Quel est l'indice d'état du bâtiment?**				n.a.
	A (0)	*B (0,25)*	*C (0,5)*	*D ou E (1)*	
7.3.3	**En moyenne, le bâtiment reçoit combien d'usagers (employés, visiteurs, résidents, etc.) par jour ?**				n.a.
	Aucun (0)	*1 à 9 (0,25)*	*10 à 59 (0,5)*	*plus de 60 (1)*	
7.3.4	**Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par une tempête de verglas, caractériser l'ampleur des impacts passés.**				
	Aucun impact (0)	*Impacts légers (0,25)*	*Impacts modérés (0,5)*	*impacts élevés (1)*	
7.3.5	**La façade principale est-elle orientée à 30° ou moins du sud?**				n.a.
	oui, ≤ 15° (0)	*oui, > 15° et ≤ 30° (0,5)*		*non, > 30 ° (1)*	

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

	Profondeur réelle (P) d'un étage type (m)	*0,0*
	Profondeur maximale théorique (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m)	*0,0*
	Profondeur réelle (P) d'un étage type (m) - Bloc B, le cas échéant	*0,0*
	Profondeur maximale théorique (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m) - Bloc B, le cas échéant	*0,0*
	Matériau(x) de la charpente	*0,0*

7.3.6 La profondeur réelle (P) d'un étage type est-elle inférieure ou égale à la prodondeur maximale théorique (P_{max}) pour éclairer naturellement une pièce ? — n.a.

oui (0) — *non (1)*

7.3.7 Quel est le principal matériau de la structure? — n.a.

Béton, terracotta (0) — *Bois (0,5)* — *Acier (1)*

Enveloppe extérieure

	Ratio vitrage-mur des façades	*Nord*	*#DIV/0!*
		Sud	*#DIV/0!*
		Est	*#DIV/0!*
		Ouest	*#DIV/0!*

7.3.8 Les façades est, ouest et nord ont-elles un ratio vitrage-mur compris entre 30 % et 45 % ? — n.a.

oui, toutes (0) — *oui, certaines d'entre elles (0,5)* — *non (1)*

7.3.9 La façade sud a-t-elle un ratio vitrage-mur compris entre 45 % et 60 % ? — n.a.

oui (0) — *non (1)*

7.3.10 Les fenêtres comprennent-elles une superficie d'ouvrants? — n.a.

oui (0) — *non (1)*

C-Aménagement intérieur

Construction intérieure

7.3.11 L'aménagement intérieur d'un étage type est majoritairement : — n.a.

ouvert (0) — *semi-cloisonné (0,5)* — *cloisonné (1)*

Finition intérieure

7.3.12 Y a-t-il des murs de pierre, de béton ou de maçonnerie visibles à l'intérieur ? — n.a.

oui, plusieurs (0) — *oui, quelques uns (0,5)* — *non (1)*

7.3.13 Y a-t-il des planchers de pierre, de béton, de terrazzo, ou de céramique visibles à l'intérieur ? — n.a.

oui, plusieurs (0) — *oui, quelques uns (0,5)* — *non (1)*

7.3.14 Les plafonds sont-ils dissimulés par un faux plafond ? — n.a.

non (0) — *oui, dans certains cas (0,5)* — *oui en grande majorité (1)*

D-Services

Moyens de transport

7.3.15 Dans le cas d'un bâtiment desservi par des ascenseurs, y en a-t-il un qui est raccordé à une génératrice?

oui (0) — *non (1)*

Plomberie

7.3.16 Dans le cas d'un bâtiment de plusieurs étages qui a recours à des pompes de surpression pour distribuer l'eau potable, sont-elles raccordées à une génératrice?

oui (0) — *non (1)*

CVCA

7.3.17 Le bâtiment est-il en mesure de produire une partie de la chaleur qu'il consomme (solaire thermique, géothermie, etc.)?

oui (0) — *non (1)*

7.3.18 Le système de chauffage est-il raccordé à une génératrice?

oui (0) — *non (1)*

7.3.19 Le système de ventilation est-il raccordé à une génératrice?

oui (0) — *non (1)*

Protection incendie

7.3.20 Le système de sécurité incendie (alarme, détecteurs, pompes de gicleurs, etc.) est-il raccordé à des piles ou à une génératrice?

oui (0) *non (1)*

Électricité

Type de raccordement du réseau électrique au bâtiment	***Aérien***
Autonomie de la génératrice, le cas échéant	***≥ 24 et < 48 heures***
Secteurs desservis par la génératrice, le cas échéant	***0***

7.3.21 De quel type est le raccordement du bâtiment au réseau électrique?

Souterrain (0) *Aérien (1)*

7.3.22 Le bâtiment est-il en mesure de produire une partie de l'électricité qu'il consomme (panneaux photovoltaïques, unités de cogénération, etc.)?

oui (0) *non (1)*

7.3.23 Dans le cas d'un bâtiment équipé d'une génératrice, quelle est l'autonomie de cette dernière?

≥ 72 heures (0) *≥ 48 et < 72 heures (0,25)* *≥ 24 et < 48 heures (0,5)* *< 24 heures (1)*

7.3.24 Dans le cas d'un bâtiment équipé d'une génératrice, les secteurs ou fonctions essentiels pour accomplir sa mission y sont-ils raccordés?

oui, tous (0) *oui, certains (0,5)* *non (1)*

7.3.25 Dans le cas d'un bâtiment qui n'est pas équipé d'une génératrice, dispose-t-il d'une prise extérieure permettant d'y brancher une génératrice portative?

oui (0) *non (1)*

G-Aménagement d'emplacement

Amélioration d'emplacement

Type d'arbre(s) présent(s) sur le terrain	***Feuillus (cime étalée)***
Disposition type du ou des arbres présent(s) sur le terrain	***Grappe(s) d'arbres***

7.3.26 Y a-t-il des arbres caractérisés par une cime étalée sur le site?

Non (0) *Oui quelques uns (0,5)* *Oui, plusieurs (1)*

Calcul de l'indice de vulnérabilité **####**

7.4 Résultat de l'évaluation des risques liés aux tempêtes de verglas

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,5
Exposition	######
Vulnérabilité	######
Indice de risque - Tempête de verglas	**n.a**

7.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			6			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		x				
	Vieillissement prématuré de certains éléments						
Occupants	*Décès*						12
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine				x		
	Allergies, blessures mineures à modérées			x			
	Inconfort léger à modéré		x				
	TOTAL	18					

Les tempêtes de verglas posent des risques moyens pour les bâtiments en raison de dommages matériels mineurs et des importantes pannes de courant qu'elles peuvent provoquer. La durée d'une panne de courant détermine notamment le niveau de risque pesant sur les occupants ; un événement de courte durée entraîne généralement un léger inconfort thermique alors qu'un événement de longue durée peut entraîner la mort. Les tempêtes de verglas posent aussi un risque significatif de chutes et de blessures pour les usagers. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération relativement élevé (18) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

Résultats de l'évaluation des risques climatiques

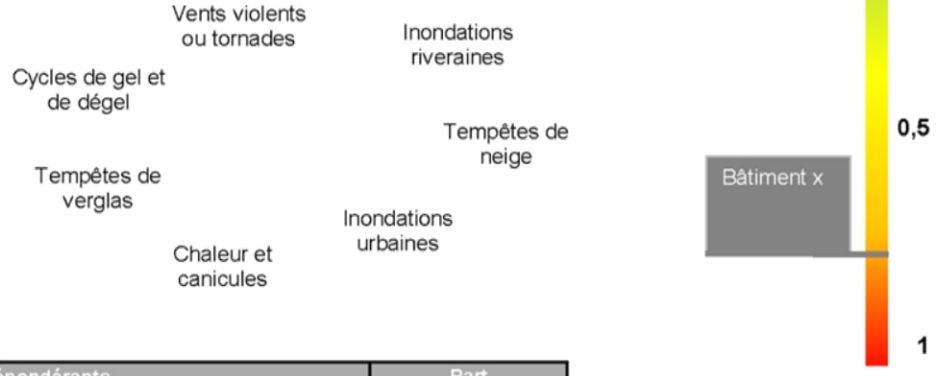
Nom et no bâtiment (xxxxx-xxx)
Adresse

Date de l'évaluation (année/mois/jour)

Photographie de la façade principale

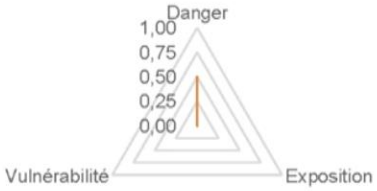
Risques climatiques	Indices de risque	Coeff, pondération	Indices de risque pondérés
Vents violents ou tornades	n.a.	24	n.a
Inondations riveraines	n.a.	22	n.a
Inondations urbaines	n.a.	14	n.a
Chaleur et canicules	n.a.	18	n.a
Cycles de gel et de dégel	n.a.	10	n.a
Tempêtes de neige	n.a.	10	n.a
Tempêtes de verglas	n.a	18	n.a
Indice de risque climatique global (non pondéré)	**n.a.**		
Indice de risque climatique global (pondéré)			**0,00**

Prépondérance des dangers dans le calcul de l'indice de risque climatique global



Risques prépondérants	Part
Risque x	#VALEUR!
Risque y	#VALEUR!
Risque z	#VALEUR!

Indices de risque par danger (non pondérés)



Vents violents ou tornades
n.a.

Inondations riveraines
n.a.

Inondations urbaines
n.a.

Chaleur et canicules
n.a.

Cycles de gel et de dégel
n.a.

Tempêtes de neige
n.a.

Tempêtes de verglas
n.a

Analyse des résultats

Indice de risque climatique global

L'indice de risque climatique global traduit le niveau de risque d'un bâtiment à l'égard de l'ensemble des dangers climatiques auxquels il est exposé. Il permet ainsi de comparer les résultats des évaluations de différents bâtiments entre eux (Figure 1). Cet indice a pour but d'être utilisé en complément de l'indice d'état dans le processus de sélection des projets de maintien des actifs. Le graphique-secteur met plutôt en évidence la prépondérance des indices de risque par danger pondérés dans le calcul de l'indice de risque climatique global (Figure 2). Ainsi, de manière à réduire cette valeur le plus rapidement possible, les mesures d'adaptation devraient être concentrées sur ces risques (Tableau 2). Pour ce faire, ces risques doivent faire l'objet d'une analyse approfondie, notamment par une analyse des graphiques radar résultats (Figures 3 et 4).

Figure 1 : Échelle comparative de l'indice de risque climatique global

La valeur de l'indice de risque climatique global pourra être transposée à une échelle alphanumérique, sémantique, ou graphique lorsqu'un nombre suffisant d'évaluations auront été conduites pour fixer les valeurs seuils (Tableau 1). Ces correspondances permettront de faciliter la communication et la compréhension des résultats de l'évaluation des risques climatiques.

Tableau 1 : Correspondances entre la valeur de l'indice de risque climatique global et différentes échelles (alphanumérique, sémantique et graphique)

	Correspondances		
Indice de risque climatique global	Alphanu	Sémantique	Graphique
≤ x	A	Faible	
> x et ≤ y	B	Modéré	
> y et ≤ z	C	Élevé	
> z	D	Extrême	

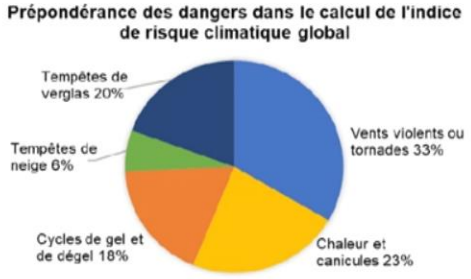


Figure 2 : Exemple d'un graphique secteur illustrant la prépondérance des indices de risque par danger pondérés dans le calcul de l'indice de risque climatique global

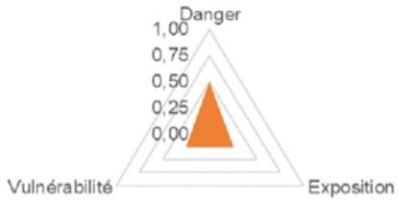
Tableau 2 : Identification des risques climatiques prépondérants

Risques climatiques prépondérants	Part (%)
Danger x	
Danger y	
Danger z	

Analyse des résultats

Indice de risque par danger (non pondéré)

L'expression d'un indice de risque par danger sous la forme d'un graphique radar permet deux choses : comprendre rapidement le niveau de risque que pose un danger spécifique pour le bâtiment et identifier les principales composantes responsables de ce résultat (danger, exposition ou vulnérabilité). En effet, plus la superficie du triangle résultant est grande, plus le risque est élevé (cf. figures 3a et 3b). De plus, la déformation du triangle du côté de l'un ou l'autre des trois axes signale une influence plus ou moins grande d'une composante (danger, exposition ou vulnérabilité) dans le calcul de l'indice de risque. Dans le cas où le triangle se déforme du côté de l'axe de l'exposition (figure 4a), ce sont principalement les caractéristiques du site (topographie, milieu urbain ou naturel, etc.) qui sont en cause. Parfois il est possible d'y intervenir pour l'adapter, parfois non. Dans ces conditions, une stratégie de relocalisation devrait être envisagée. Lorsque le triangle se déforme plutôt du côté de l'axe de la vulnérabilité (figure 4b), ce sont les caractéristiques intrinsèques du bâtiment qui sont responsables et généralement plusieurs mesures d'adaptation sont envisageables. Enfin, un triangle déformé du côté de l'axe du danger traduit la menace posée par un phénomène climatique donné. Contrairement aux deux autres composantes (exposition et vulnérabilité) aucune action directe ne peut être envisagée pour limiter les risques hormis l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de GES à l'échelle mondiale. Aussi, des évaluations conduites sur différents horizons temporels (2040, 2070, 2100, etc.) devraient produire des indices de risque dont la valeur est en hausse si rien n'est fait sur le plan de l'exposition ou de la vulnérabilité, car certains phénomènes climatique comme la chaleur et les canicules devraient augmenter en fréquence ou en intensité.



Indice de risque = 0,3

Figure 3a

Indice de risque = 0,8

Figure 3b

Figure 4a : Triangle déformé du côté de l'axe de l'exposition

Figure 4b : Triangle déformé du côté de l'axe de la vulnérabilité

Retournez à l'onglet correspondant au danger évalué (section "évaluation de l'exposition") pour identifier les caractéristiques du site qui sont responsables de ce résultat. Ciblez les questions dont la réponse a une valeur > 0,5.

Analysez l'onglet correspondant au danger évalué (section "évaluation de la vulnérabilité") pour identifier les caractéristiques du bâtiment qui sont à l'origine de ce résultat. Identifiez les questions dont la réponse a une valeur > 0,5.

9.3.1 Évaluation des risques climatiques du Palais de justice de Ville-Marie

Fiche bâtiment

Palais de justice de Ville-Marie (00812-002)
8 rue Saint-Gabriel, Ville-Marie

Photographie de la façade principale

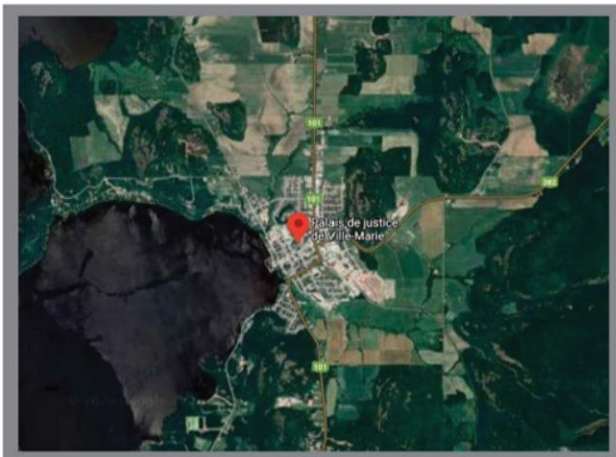
Caractéristiques utilisées pour sélectionner les bâtiments à évaluer en priorité

Vocation principale	Palais de justice - sécurité publique
Indice d'état	D - Mauvais
Valeur patrimoniale	Patrimoine du 20e siècle de la SQI
Nombre de plaintes relatives au confort	6

Dangers climatiques évalués

Dangers climatiques	Sélection
1. Vents violents ou tornades	x
2. Inondations riveraines	
3. Inondations urbaines	
4. Chaleur et canicules	x
5. Cycles de gel et de dégel	x
6. Tempêtes de neige	x
7. Tempêtes de verglas	x

L'évaluation des risques climatiques (onglets 1 à 7) se limite aux dangers d'origine climatique auxquels le bâtiment est exposé. Ces derniers sont identifiés dans le tableau attenant.



Site à l'échelle de la région

Site à l'échelle de la parcelle

Description générale

Caractéristiques du site à l'échelle de la région

Type d'environnement bâti	Banlieue
Caractéristiques de l'environnement naturel	Zone agricole et forestière bordée par le lac Témiscamingue
Est-il situé dans une plaine inondable?	Peu probable : le lac est à environ 400 m, 20 mètres plus bas.
Est-il protégé par un ouvrage de protection contre les inondations ?	10 barrages de forte contenance situés en amont sur la rivière des Outaouais
Topographie	Le bâtiment est situé au sommet d'une pente douce
Est-il situé dans un îlot de chaleur urbain?	Non

Caractéristiques du site à l'échelle de la parcelle

Superficie du terrain (m^2)	6907
Ratio superficie bâtie/superficie terrain	10%
Caractéristiques du terrain	Faible pente vers la rue Majoritairement gazonné
Végétation	5 conifères aux cimes étroites (ht ≈ 6 m) 2 feuillus aux cimes moyennement étendues (ht ≈ 6 m) Plusieurs arbustes (résineux)
Stationnement de surface - nombre de cases	Environ 15
Revêtement du stationnement et des accès véhicules	Asphalte
Accès piéton	Allée et escaliers de béton Main courante métaliique
Équipement(s) extérieur(s)	Un mat (drapeau)
Types égouts sanitaires et pluviaux municipaux	Unitaire?

Caractéristiques générales du bâtiment

Année de construction	1932
Orientation de la façade principale	Sud-ouest (62° p/r au sud)
Nombre d'étages hors sol	2
Nombre d'étages sous-sol	1
Emprise au sol (m2)	699
Superficie bâtie totale (m2)	2077
Matériau de la charpente	Béton - acier
Matériaux des façades	Pierre, briques
Services	Édifice à bureau chauffé
Ratio de surfaces climatisées (%)	35%
Hauteur (H) plancher-plafond d'un étage type (m) - Bloc avant	2,7
Un étage type compte des ouvertures sur combien de façades?	2 façades ou plus
Profondeur (P) d'un étage type (m) - Bloc avant	26,0
Calcul de la profondeur maximale (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m) - Bloc avant	13,5
Hauteur (H) plancher-plafond d'un étage type (m) - Bloc arrière	4,0
Un étage type compte des ouvertures sur combien de façades? - Bloc arrière	2 façades ou plus
Profondeur (P) d'un étage type (m) - Bloc arrière	11,4

Calcul de la profondeur maximale (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (m) - Bloc arrière		10
Superficie des façades (m^2)		
	Nord-est	359
	Sud-ouest	318
	Sud-est	442
	Nord-ouest	447
Superficie de vitrage des façades (m^2)		
Nord-est		14
Sud-ouest		40
Sud-est		44
Nord-ouest		57
Ratio vitrage-mur (%)		
	Nord-est	4%
	Sud-ouest	13%
	Sud-est	10%
	Nord-ouest	13%
Superficie de maçonnerie des façades (m^2)		
	Nord-est	340
	Sud-ouest	278
	Sud-est	398
	Nord-ouest	390
Ratio maçonnerie-mur (%)		
	Nord-est	95%
	Sud-ouest	87%
	Sud-est	90%
	Nord-ouest	87%

1. Évaluation des risques liés aux vents violents ou aux tornades

Les vents violents affectent surtout la superstructure et l'enveloppe des bâtiments. La construction de la toiture, les supports de couverture, les assemblages toits-murs et les matériaux de couvertures sont particulièrement vulnérables. Les dommages matériels sont causés par les forces latérales appliquées sur l'immeuble, les débris qui y sont projetés et par l'eau qui s'y infiltre en cas de défaillance de la toiture. Les dommages structuraux et les débris projetés posent aussi un risque significatif pour la santé et la sécurité des occupants pouvant occasionner des blessures mineures pouvant aller jusqu'au décès. Les vents violents affectent aussi les réseaux de distribution électriques qui peuvent entraîner des pannes importantes. Ces dernières, combinées à des dommages matériels significatifs peuvent forcer l'arrêt des opérations pour une durée indéterminée. L'onglet "Vents violents" se concentre sur l'évaluation des risques de dommages matériels et de blessures. Pour évaluer les risques de pannes de courant, consultez l'onglet "tempête de verglas".

1.1 Évaluation du danger

Il n'existe pas l'heure actuelle d'indice climatique fiable permettant d'estimer l'évolution des vents violents ou des tornades à l'horizon 2041-2070, car les incertitudes relatives à leur distribution géographique et temporelle sont toujours grandes. Par conséquent, nous considérons que tous les immeubles de la SQI sont susceptibles de subir des impacts négatifs des vents violents dans le futur et à cet effet, l'indice de danger est fixé à 0,5.

Détermination de l'indice de danger	**0,5**

1.2 Évaluation de l'exposition

1.2.1	**Antédécents : le bâtiment a déjà été affecté par des vents violents par le passé et a eu pour conséquences :**	**0**
	Aucun impact (0) *Impacts légers (0,25)* *Impacts modérés (0,5)* *impacts*	
1.2.2	**Type d'environnement bâti**	**0,5**
	Centre urbain (0,25) *Banlieue (0,5)* *Rural (1)*	
1.2.3	**Topographie : le bâtiment est érigé sur:**	**1**
	Au bas d'une pente, à l'abri (0) *Terrain plat (0,25)* *Milieu d'une pente (0,5)* *Sommet d'une pente*	
	Calcul de l'indice d'exposition	**0,5**

1.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

1.3.1	**Quel est l'indice d'état du bâtiment?**	**1**
	A (0) *B (0,25)* *C (0,5)* *D ou E (1)*	
1.3.2	**Combien le bâtiment compte-t-il d'étages hors-sol?**	**0,25**
	1 à 2 (0,25) *3 à 5 (0,5)* *6 et plus (1)*	

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

1.3.3	**Quel est le principal système structural du bâtiment?**	**0,25**
	Éléments de béton coulé (0,25) *Acier, poteau-poutre bois, béton préfabriqué (0,5)* *Ossature légère bois (1)*	
1.3.4	**Quel est le type de toiture qui recouvre la majorité du bâtiment?**	**0,75**
	toiture inclinée sans pignon (0,5) *toiture plate (0,75)* *toiture inclinée avec pignons(1)*	
1.3.5	**Dans le cas d'un bâtiment qui a une toiture plate, ce dernier est-il : un hangar, un atelier, un entrepôt, un garage ou un gymnase?**	**0**
	non (0) *oui (1)*	
1.3.6	**Quel est l'état général de la charpente?**	**1**
	Excellent (0) *Passable : flambement de certaines membrures (0,5)* *Mauvais: membrures fissurées, brisées (1)*	

Enveloppe extérieure

1.3.7	**Quelle est la part du revêtement extérieur qui est abimé ou mal fixé au support mural (% de superficie des murs extérieurs)?**	**0,25**
	0% (0) *≥1% et <25%(0,25)* *≥25% et <50%(0,5)* *≥25% et <50%(0,5)* *≥50% et <75%(0,75)* *≥75%*	
1.3.8	**La plupart des fenêtres sont-elles protégées par des volets?**	**1**
	oui (0) *non (1)*	

Toit		
1.3.9	Quelle est la part du revêtement de la toiture qui est abimé ou mal fixé au support de la couverture (% de superficie de la couverture)?	1
	0% (0) *≥1% et <25%(0,25)* *≥25% et <50%(0,5)* *≥25% et <50%(0,5)* *≥50% et <75%(0,75)* *≥75%*	
1.3.10	La couverture est-elle maintenue en place par un ballast?	0
	non (0) *oui (1)*	
D-Services		
Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA)		
1.3.11	Y a-t-il des équipements sur la toiture (panneaux PV ou solaire thermiques, CVCA, etc.) ?	1
	non (0) *oui (1)*	
1.3.12	Le bâtiment est-il équipé d'une cheminée de maçonnerie non contreventée dont la hauteur est de 6' ou plus par rapport au toit?	0
	non (0) *oui (1)*	
E-Équipement et ameublement		
Équipement		
1.3.13	Y-a-t-il des objets à l'extérieur qui ne sont ni ancrés au sol ni au bâtiment (mats, antennes, mobilier urbain, etc.)?	1
	non (0) *oui (1)*	
	Calcul de l'indice de vulnérabilité	**0,58**

1.4 Résultat de l'évaluation des risques liés aux vents violents

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,5
Exposition	0,5
Vulnérabilité	0,6
Indice de risque - Vents violents ou tornades	0,53

1.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						12
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations					x	
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations				x		
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			x			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations						
	Vieillissement prématuré de certains éléments						
Occupants	*Décès*						12
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie					x	
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine				x		
	Allergies, blessures mineures à modérées						
	Inconfort léger à modéré						
	TOTAL	24					

Pour le bâtiment, les vents violents ou les tornades peuvent entraîner des pannes et des dommages matériels pouvant aller jusqu'à sa perte totale. Ils peuvent aussi occasionner chez les occupants des blessures pouvant, voire leur décès. Par conséquent, l'indice de risque calculé est associé au coefficient de pondération maximal (24) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

4- Évaluation des risques liés aux canicules et à la hausse des températures estivales

Les canicules affectent les immeubles dans leur ensemble. Les caractéristiques de la superstructure et de l'enveloppe, des aménagements intérieurs, des systèmes de ventilation et de climatisation ainsi que celles du site déterminent la capacité de l'immeuble de maintenir ou non les occupants à l'intérieur de conditions confortables malgré des températures extérieures élevées. Plusieurs de ces caractéristiques influencent également la formation d'îlots de chaleur urbains. Ces derniers exacerbent les effets négatifs des canicules sur les personnes les plus vulnérables de la population (aînés, bambins, personnes souffrant de maladies chroniques, celles vivant avec un handicap, etc.). Les immeubles jouent donc un rôle clé sur le plan de la santé publique. Chez les bâtiments climatisés, les canicules peuvent créer des dysfonctionnements au niveau des systèmes de conditionnement d'air, car ces derniers n'ont généralement pas été conçus pour traiter des masses d'air plus chaudes et plus humides sur de plus longues durées. En dehors des périodes de canicules, la hausse des températures estivales combinée au rayonnement UV a pour effet de modifier la dimension des matériaux à base de polymères tels que les revêtements de vinyle, de PVC, les produits d'étanchéité et les joints. Ces matériaux se retrouvent surtout au niveau de l'enveloppe du bâtiment (couverture, parements extérieurs, portes et fenêtres, etc.). Leur retrait et leur dilatation répétée peuvent entraîner des fissures, voire des ruptures. La chaleur a donc pour effet d'accélérer le vieillissement de ces matériaux.

4.1 Évaluation du danger

Une canicule se déclare lorsque les moyennes sur trois jours des températures journalières maximales et minimales dépassent des valeurs seuils spécifiques. Le nombre de vagues de chaleur par année est l'indice climatique utilisé pour évaluer le danger de canicules. L'effet de la hausse des températures estivales sur certains matériaux est quant à lui évalué à partir du nombre de jours où la température maximale est supérieure à 30ºC. La valeur de l'indice de danger est calculée en faisant la moyenne des indices de dangers (tableaux gris) qui sont déterminés en fonction des données à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5 - médiane) de la région où est situé le bâtiment (tableaux orange).

	Nombre de vagues de chaleur	
Région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Ville-Marie, Abitibi-Témiscamingue	0,1	**1,5**

Nombre de vagues de chaleur - (2041-2070)- (RCP 8.5 - médiane)	*Valeur indice de danger*
0	0
>0 et ≤2	0,25
>2 et ≤4	0,5
>4 et ≤6	0.75
>6	1

	Nombre de jours >30°C (jours)	
Région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Inscrire	6,5	**26,2**

Nombre de jours >30°C (jours) - (2041-2070)- (RCP 8.5 - médiane)	*Valeur indice de danger*
≤8	0
>8 et ≤16	0,25
>16 et ≤24	0,5
>24et ≤32	0.75
>32	1

Indice de danger pour le nombre de vagues de chaleur	*0,25*
Indice de danger pour le nombre de jours >30°C	*0,75*
Calcul de l'indice de danger	**0,5**

4.2 Évaluation de l'exposition

4.2.1	Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par la chaleur, caractériser l'ampleur des impacts passés.				0,25
	Aucun impact (0)	*Impacts légers (0,25)*	*Impacts modérés (0,5)*	*impacts*	
4.2.2	Type d'environnement bâti				0,5
	Rural (0,25)		*Banlieue (0,5)*	*Urbain (1)*	
4.2.3	Le bâtiment est-il situé dans un îlot de chaleur urbain (d'après la carte de l'INSPQ)?				0
	Non (0)			*Oui (1)*	
				Calcul de l'indice d'exposition	0,25

4.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

4.3.1	Quel est l'indice d'état du bâtiment?				1
	A (0)	*B (0,25)*	*C (0,5)*	*D ou E (1)*	

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

	Profondeur (P) d'un étage type (m) (cf. fiche bâtiment)		*26,0*
	Profondeur maximale (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce (cf. fiche bâtiment)		*13,5*
4.3.2	La profondeur (P) d'un étage type est-elle inférieure ou égale à la profondeur maximale (P_{max}) pour éclairer et ventiler naturellement une pièce ?		1
	oui (0)		*non (1)*
4.3.3	Sinon, le bâtiment dispose-t-il d'un atrium ?		0
	oui (0)		*non (1)*
4.3.4	Quel est le principal matériau de la structure?		0
	Béton, terracotta (0)	*Bois (0,5)*	*Acier (1)*

Enveloppe extérieure

	Ratio vitrage-mur des façades (cf. fiche bâtiment)	*Nord-est*	*4%*
		Sud-ouest	*13%*
		Sud-est	*10%*
		Nord-ouest	*13%*
4.3.5	Les façades est, ouest et nord ont-elles un ratio vitrage-mur (%) compris entre 30 et 45 %?		1
	oui (0)	*oui, en partie(0,5)*	*non (1)*
4.3.6	La façade sud a-t-elle un ratio vitrage-mur (%) compris entre 45 % et 60 % ?		1
	oui (0)		*non (1)*
4.3.7	Le bâtiment est-il équipé d'un porche, d'une véranda ou d'un passage couvert pour protéger les usagers du sc		1
	oui (0)		*non (1)*
4.3.8	Les ouvertures des façades sud, est et ouest sont-elles protégées par un dispositif d'ombrage extérieur?		1
	oui (0)	*oui, en partie(0,5)*	*non (1)*
4.3.9	Les fenêtres comprennent-elles une superficie d'ouvrants?		0
	oui (0)		*non (1)*
4.3.10	Quel est l'état général des scellants et des joints ?		1
	Excellent (0)	*Passable : quelques joints secs ou abîmés (0,5)*	*Mauvais: plusieurs secs ou abîmés (1)*

Toit

4.3.11	La majeure partie de la couverture est-elle de couleur claire ou homologuée pour lutter contre les îlots de chaleur urbains?		1
	oui (0)		*non (1)*
4.3.12	La majeure partie de la couverture est-elle occupée par une toiture végétalisée?		1
	oui (0)		*non (1)*
4.3.13	La majeure partie de la couverture est-elle à base d'asphalte, de mousse de polyuréthane pulvérisée, de silicone ou s'agit-il d'une membrane PVC ou EPDM?		1
	non (0)		*oui (1)*

C-Aménagement intérieur				
Construction intérieure				
4.3.14	**L'aménagement intérieur d'un étage type est majoritairement :**			**0,5**
	ouvert (0)	*semi-cloisonné (0,5)*	*cloisonné*	
Finition intérieure				
4.3.15	**Y a-t-il des murs de pierre, de béton ou de maçonnerie visibles à l'intérieur ?**			**0,5**
	oui, plusieurs (0)	*oui, quelques uns (0,5)*	*non (1)*	
4.3.16	**Y a-t-il des planchers de pierre, de béton, de terrazzo ou de céramique visibles à l'intérieur ?**			**0**
	oui, plusieurs (0)	*oui, quelques uns (0,5)*	*non (1)*	
4.3.17	**Les plafonds sont-ils dissimulés par un faux plafond ?**			**1**
	non (0)	*oui, dans certains cas (0,5)*	*oui en grande majorité (1)*	
D-Services				
CVCA				
4.3.18	**La majeure partie des espaces intérieurs sont-ils climatisés?**			**1**
	oui (0)		*non (1)*	
4.3.19	**Sinon, y a-t-il au moins un espace climatisé permettant aux occupants de s'y rafraîchir momentanément ?**			**0**
	oui (0)		*non (1)*	
4.3.20	**Dans le cas de pièces non climatisées, sont-elles équipées de ventilateurs de plafond ?**			**1**
	oui (0)		*non (1)*	
4.3.21	**Les entrées d'air des systèmes de ventilation et de conditionnement d'air sont-elles à l'abri du soleil?**			**1**
	oui (0)		*non (1)*	
E-Équipement et ameublement				
Équipement				
4.3.22	**Les ouvertures des façades sud, est et ouest sont-elles protégées par un dispositif d'ombrage intérieur amovil**			**0,5**
	oui (0)	*oui, en partie(0,5)*	*non (1)*	
G-Aménagement d'emplacement				
Amélioration d'emplacement				
4.3.23	**La chaussée et les stationnements sont-ils majoritairement recouverts d'asphalte ou de béton?**			**1**
	non (0)		*oui (1)*	
4.3.24	**Dans quelle proportion retrouve-t-on des espaces verts sur le site ?**			**0**
	≥ 50% (0)	*<50% et ≥25% (0,25)*	*<25% et ≥5% (0,5)*	*<5% (1)*
4.3.25	**Caractériser la disposition la plus représentative des arbres présents sur le site.**			**0,5**
	Boisé (0)	*Grappe(s) d'arbres (0,25)*	*Arbres en rangée(s) (0,5)*	*Arbre(s) isolé(s) (0,75)*	*Aucun (1)*
			Calcul de l'indice de vulnérabilité à la chaleur et aux canicules	**0,68**

4.4 Évaluation des risques

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,5
Exposition	0,3
Vulnérabilité	0,7
Indice de risque - canicules	**0,48**

4.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	2	4	6	8	10	12
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			6			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		x				
	Vieillissement prématuré de certains éléments	x					
Occupants	*Décès*						12
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie					x	
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine				x		
	Allergies, blessures mineures à modérées			x			
	Inconfort léger à modéré		x				
	TOTAL	18					

La hausse des températures estivales et les canicules posent des risques mineurs ou modérés pour le bâtiment, mais ils peuvent être suffisamment grands pour compromettre la vie de certains occupants ou de personnes vivant à proximité de l'immeuble présentant des facteurs de vulnérabilité. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération élevé (18) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

5- Évaluation des risques liés aux cycles de gel et de dégel

Les cycles de gel et de dégel provoquent le vieillissement prématuré des éléments maçonnés, poreux d'un immeuble. Les fondations, les murs du sous-sol, les parements de pierre, de brique ou de béton ainsi que les aménagements extérieurs y sont vulnérables, en particulier lorsqu'ils sont mouillés au moment du gel. La formation de digues de glace à la périphérie des toits est également favorisée par les cycles de gel et de dégel. Ces dernières peuvent endommager les bâtiments en raison des infiltrations d'eau. L'accumulation de glace sur les aires de circulations (escaliers, rampes, trottoirs, etc.) est également associée aux cycles de gel et de dégel. Lorsque ces surfaces ne sont pas entretenues adéquatement, elles peuvent entraîner des chutes et blesser des individus.

5.1 Évaluation du danger

Avec le réchauffement climatique, le nombre de cycles de gel et de dégel annuel est voué à diminuer dans le futur, mais il ne disparaîtra pas. L'indice climatique utilisé pour évaluer ce danger est le nombre d'événements de gel et de dégel annuel. La valeur de l'indice de danger (tableau gris) est déterminée en fonction du nombre d'événements de gel et de dégel annuel à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5 - médiane) de la région où est situé le bâtiment (tableau orange).

	Événements de gel et de dégel annuel	
Région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Ville-Marie, Abitibi-Témiscamingue	86,0	**73,3**

Événements de gel et de dégel annuel (2041-2070) - (RCP 8.5)	*Valeur indice de danger*
< 60	0
≥60 et <70	0,25
≥70 <80	0,5
≥80 <90	0.75
≥90	1

Détermination de l'indice de danger **0,5**

5.2 Évaluation de l'exposition

5.2.1 **Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par les cycles de gel et de dégel, caractériser l'ampleur des impacts passés.** **1**

Aucun impact (0) *Impacts légers (0,25)* *Impacts modérés (0,5)* *impacts*

Calcul de l'indice d'exposition **1**

5.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

5.3.1 **Quel est l'indice d'état du bâtiment?** **1**

A (0) *B (0,25)* *C (0,5)* *D ou E (1)*

A - Infrastructure

Construction de sous-sol

5.3.2 **Quel est le matériau des murs de fondations?** **1**

Béton coulé (0.25) *Pierre. brique (0.5)* *Blocs de béton. de cendre (1)*

5.3.3 **Quel est l'état général des murs du sous sol?** **1**

Excellent (0) *Passable : Quelques fissures superficielles (0,5)* *Mauvais : fissures profondes de part et d'autre du*

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

5.3.4 L'immeuble compte-t-il un stationnement souterrain ou étagé ? — **0**

non (0) — *oui (1)*

5.3.5 Quel est le type de toiture qui recouvre la majorité du bâtiment? — **0**

Faible pente <4:12 (< 18º) ou plate (0) — *Inclinée: : pente ≥ 4:12 (≥ 18º)*

5.3.6 Dans le cas d'un bâtiment dont la toiture est inclinée, à quelle fréquence observe-t-on l'apparition de digues de glace sur l'avant-toit ? — **n.a.**

Jamais (0) — *Quelques fois (0,5)* — *Souvent (1)*

Enveloppe extérieure

Ratio maçonnerie-mur des façades (cf. fiche bâtiment)	*Nord-est*	*95%*
	Sud-ouest	*87%*
	Sud-est	*90%*
	Nord-ouest	*87%*

5.3.7 La maçonnerie est-elle le principal matériau recouvrant chaque façade (ratio maçonnerie-mur >50 %)? — **1**

non (0) — *oui, quelques façades (0,5)* — *oui, toutes les façades (1)*

5.3.8 La maçonnerie est-elle recouverte par des plantes grimpantes? — **0**

non (0) — *oui, quelques façades (0,5)* — *oui, toutes les façades (1)*

5.3.9 Dans le cas d'une toiture inclinée, les murs de maçonnerie sont-ils protégés par un débord de toit et une gouttière? — **n.a.**

oui (0) — *non (1)*

5.3.10 Quel est l'état général des murs de maçonnerie? — **1**

Excellent (0) — *Passable: Quelques fissures, éclats(0,5)* — *Mauvais : plusieurs fissures, éclats (1)*

5.3.11 Les joints sont-ils de type baveux ou plein affleuré? — **0**

non (0) — *oui (1)*

5.3.12 Quel est l'état général des joints de mortier? — **1**

Excellent (0) — *Passable: Quelques joints évidés (0,5)* — *Mauvais : plusieurs joints évidés(1)*

5.3.13 Les appuis de fenêtres sont-ils en saillie, inclinés et munis d'un casse-goutte? — **0**

oui (0) — *non (1)*

G-Aménagement d'emplacement

Amélioration d'emplacement

5.3.14 Quel est le type de sol ? — **1**

Roc (0) — Sable (0,25) — Argile (1)

5.3.15 Dans le cas de sols argileux, y a-t-il des arbres de grande envergure (ht ≥5 étages) situés à moins de 15 mètres des fondations? — **0**

non (0) — *oui (1)*

5.3.16 La chaussée et les stationnements sont-ils majoritairement recouverts d'asphalte ou de béton? — **1**

non (0) — *oui (1)*

5.3.17 Si oui, sont-ils empruntés par des véhicules lourds? — **0**

non (0) — *oui (1)*

5.3.18 Les éléments faisant partie des aménagements extérieurs (escaliers, rampes d'accès, murs de soutènement) sont-ils majoritairement faits de béton ou de maçonnerie? — **1**

non (0) — *oui en partie (0,5)* — *Oui en majorité(1)*

5.3.19 Quel est l'état général des éléments extérieurs faits de béton ou de maçonnerie? — **0,5**

Excellent (0) — *Passable: Quelques fissures, éclats(0,5)* — *Mauvais : plusieurs fissures, éclats (1)*

Calcul de l'indice de vulnérabilité — **0,56**

5.4 Évaluation des risques

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,5
Exposition	1,0
Vulnérabilité	0,6
Indice de risque - cycles de gel et de dégel	**0,69**

5.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations						
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		4				
	Vieillissement prématuré de certains éléments	x					
Occupants	*Décès*						
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine						
	Allergies, blessures mineures à modérées			6			
	Inconfort léger à modéré						
	TOTAL	**10**					

Les cycles de gel et de dégel posent des risques mineurs pour le bâtiment et ses usagers surtout si de bonnes pratiques d'entretien extérieur (déglaçage) sont déployées au moment opportun. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération relativement faible pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

6- Évaluation des risques liés aux tempêtes de neige

Les tempêtes de neige affectent principalement la superstructure des bâtiments. La construction des planchers et de la toiture détermine leur capacité de résister aux importantes charges de neige. Cette capacité est d'autant cruciale dans un contexte de changements climatiques qui favorise l'apparition de glace entre des couches de neige en raison des cycles de gel et de dégel, des épisodes de pluie hivernale ou de redoux. Si la charge cumulée de la neige et de la glace dépasse celle qui a été prévue au moment de la conception de la superstructure, cette dernière peut s'effondrer et causer la mort des occupants. Ce risque peut cependant être mitigé par une surveillance accrue des accumulations de neige et par des opérations préventives de déneigement. L'amoncellement de neige sur le toit peut en outre conduire à la formation de digues de glace qui peuvent compromettre l'étanchéité de la couverture. Les toitures dont la pente est dirigée vers un cheminement piéton peuvent également blesser les passants en raison du décrochement soudain de plaques de neige ou de glace. Le déneigement adéquat des trottoirs, des escaliers et des rampes d'accès est aussi essentiel pour éviter les chutes et assurer la sécurité des occupants lors d'une évacuation d'urgence de l'immeuble.

6.1 Évaluation du danger

Avec le réchauffement climatique, les précipitations de neige sont appelées à diminuer dans toutes les régions du Québec, mais elles ne disparaîtront pas : d'importantes tempêtes de neige pourraient encore survenir dans le futur. Les précipitations solides totales annuelles (mm) sont utilisées pour évaluer le danger relatif aux tempêtes de neige. Cet indice est considéré à titre indicatif, car les tempêtes de neige sont des phénomènes qui peuvent varier grandement d'un endroit à l'autre au sein d'une même région et qui se produisent sur un court laps de temps. En l'absence d'indices climatiques plus précis, la valeur de l'indice de danger (tableau gris) est déterminée en fonction des précipitations solides totales annuelles à l'horizon 2041-2070 (RCP 8.5) de la région où est situé le bâtiment (tableau orange).

	Précipitations solides totales annuelles (mm)	
Région où est situé le bâtiment	1981-2010	2041-2070
Ville-Marie, Abitibi-Témiscamingue	197,0	**175,0**

Précipitations solides totales annuelles (mm) (2041-2070)- (RCP8.5)	*Valeur indice de danger*
< 150	0
≥150 et <215	0,25
≥215 <280	0,5
≥280 <345	0.75
≥345	1

Détermination de l'indice de danger **0,25**

6.2 Évaluation de l'exposition

6.2.1 **Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par des tempêtes de neige, caractériser l'ampleur des impacts passés.** **0**

Aucun impact (0) *Impacts légers (0,25)* *Impacts modérés (0,5)* *impacts*

Calcul de l'indice d'exposition **0**

6.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

6.3.1	Quel est l'indice d'état du bâtiment?	1
	A (0) *B (0,25)* *C (0,5)* *D ou E (1)*	

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

6.3.2	Quel est le type de toiture qui recouvre la majorité du bâtiment?	1
	Inclinée : pente ≥ 4:12 (≥18°) (0) *Faible pente <4:12 (<18°) ou plate (1)*	
6.3.3	Dans le cas d'un bâtiment qui a une toiture plate, ce dernier est-il : un hangar, un atelier, un entrepôt, un garage ou un gymnase?	0
	non (0) *oui (1)*	
6.3.4	Dans le cas d'un bâtiment dont la toiture est inclinée, est-il situé à proximité de trottoirs ou de voies de circulations ?	n.a.
	non (0) *oui (1)*	
6.3.5	Dans le cas d'un bâtiment dont la toiture est inclinée, à quelle fréquence observe-t-on l'apparition de digues de glace sur l'avant-toit ?	n.a.
	Jamais (0) *Quelques fois (0,5)* *Souvent (1)*	
6.3.6	Les principaux accès (piétons) du bâtiment sont-ils protégés par un volume ou une marquise?	1
	oui, tous (0) *oui, certains (0,5)* *non(1)*	
6.3.7	Le bâtiment a-t-il des portions de toiture encastrées entre deux volumes ou situées en contrebas de la toiture principale, à l'abri du vent ?	0,5
	non (0) *oui, quelques unes (0,5)* *oui, plusieurs (1)*	
6.3.8	L'immeuble compte-t-il des planchers en porte-à-faux où la neige peut s'accumuler ?	0
	non (0) *oui, quelques uns (0,5)* *oui, plusieurs (1)*	
6.3.9	Quel est l'état général de la charpente?	1
	Excellent (0) *Passable : flambement de certaines membrures (0,5)* *Mauvais: plusieurs membrures fissurées,*	

Enveloppe

6.3.10	Le bâtiment a-t-il des puits de lumière ou des verrières qui sont surplombés par des mâts, des antennes ou des étages supérieurs?	0
	non (0) *oui (1)*	

C-Aménagement intérieur

Finitions intérieures

6.3.11	Les murs sont-ils fissurés, en particulier à la jonction des plafonds?	0
	non (0) *oui (1)*	

D-Services

Plomberie

6.3.12	Les gouttières et les descentes de gouttière sont-elles endommagées ou obstruées?	n.a.
	non (0) *oui, en partie (0,5)* *oui (1)*	

CVCA

6.3.13	Les entrées et les sorties d'air, les conduits d'évacuation (vapeur, fumée) sont-ils situés à une hauteur libre de toute accumulation de neige?	0
	Oui (0) Oui, en partie (0,5) Non (1)	

Calcul de l'indice de vulnérabilité **0,45**

6.4 Évaluation des risques

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,3
Exposition	0,0
Vulnérabilité	0,5
Indice de risque - tempêtes de neige	**0,23**

6.4.1 Évaluation de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations						
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		4				
	Vieillissement prématuré de certains éléments	x					
Occupants	*Décès*						
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine						
	Allergies, blessures mineures à modérées			6			
	Inconfort léger à modéré						
	TOTAL	**10**					

Les tempêtes de neige posent des risques relativement faibles pour le bâtiment. Les dommages matériels majeurs peuvent être en effet mitigés par une surveillance accrue des accumulations de neige et par des opérations préventives de déneigement. La situation est semblable pour les occupants qui encourent des risques de blessures mineures. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération relativement faible pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

7- Évaluation des risques liés aux tempêtes de verglas

Les tempêtes de verglas menacent surtout l'approvisionnement électrique des bâtiments. Les pannes affectent les services comme le chauffage, la ventilation, les systèmes de protection incendie, les ascenseurs, certains appareils de plomberie et les réseaux de communication. Leur interruption peut compromettre le confort, la santé et la sécurité des occupants, causer des dégâts matériels en raison du gel de conduites d'eau et ralentir, voire arrêter les opérations. Les caractéristiques de la superstructure, de l'enveloppe et des aménagements intérieurs influencent toutefois la capacité d'un bâtiment de subvenir en partie à ses besoins de chauffage ou d'éclairage par l'entremise de stratégies architecturales passives. De même, la possibilité pour le bâtiment de produire lui-même une partie de l'énergie qu'il consomme peut limiter les conséquences d'une panne électrique. Les tempêtes de verglas peuvent aussi endommager les arbres et les plantations faisant partie des aménagements extérieurs. Enfin, à l'instar des tempêtes de neige, les tempêtes de verglas peuvent causer des dommages matériels en raison de la pression exercée par le poids de la glace sur la toiture et des infiltrations d'eau provoquées par la formation de digues de glace. Elles peuvent aussi provoquer des blessures aux usagers en raison des surfaces glissantes et des chutes de morceaux de glace. Cependant, le suivi, l'inspection et les interventions de déglaçage peuvent réduire significativement les risques de dommages matériels et de blessures. Pour évaluer ces types de risques, utilisez l'onglet « tempêtes de neige ». L'onglet « tempêtes de verglas » se concentre essentiellement sur l'évaluation des risques occasionnés par les pannes électriques.

7.1 Évaluation du danger

Il n'existe pas l'heure actuelle d'indice climatique fiable permettant d'estimer l'évolution des tempêtes de verglas à l'horizon 2041-2070, car les incertitudes relatives à leur distribution géographique et temporelle sont toujours grandes. Par conséquent, nous considérons que tous les immeubles de la SQI sont susceptibles de subir des impacts négatifs des tempêtes de verglas dans le futur et à cet effet, l'indice de danger est fixé à 0,5.

Détermination de l'indice de danger	**0,5**

7.2 Évaluation de l'exposition

7.2.1	**Dans le cas d'un bâtiment qui a déjà été affecté par le verglas, caractériser l'ampleur des impacts passés.**	**0**
	Aucun impact (0) — Impacts légers (0,25) — Impacts modérés (0,5) — impacts	
7.2.2	**Le bâtiment est-il situé dans un secteur boisé?**	**0**
	Non (0) — Oui (1)	
7.2.3	**Les infrastructures électriques et des arbres se chevauchent-ils?**	**0**
	Non (0) — Oui (1)	
	Calcul de l'indice d'exposition	**0**

7.3 Évaluation de la vulnérabilité

Caractéristiques générales

	Orientation de la façade principale (cf. fiche bâtiment)	***Sud-ouest (62º p/r au sud)***
7.3.1	**Quel est l'indice d'état du bâtiment?**	**1**
	A (0) — B (0,25) — C (0,5) — D ou E (1)	
7.3.2	**Les façades principales sont-elles orientées à plus ou moins 30º du sud?**	**1**
	oui (0) — non (1)	

B - Superstructure et enveloppe

Superstructure

7.3.3	**La profondeur (P) d'un étage type est-elle inférieure ou égale à la prodondeur maximale (P_{max}) pour éclairer naturellement une pièce ?**	**1**
	oui (0) — non (1)	
7.3.4	**Quel est le principal matériau de la structure?**	**0**
	Béton (0) — Bois (0,5) — Acier (1)	

Enveloppe extérieure

7.3.5	**Les façades est, ouest et nord ont-elles un ratio vitrage-mur compris entre 30 % et 45 %?**	**1**
	oui (0) — oui, en partie(0,5) — non (1)	
7.3.6	**La façade sud a-t-elle un ratio vitrage-mur compris entre 45 % et 60 % ?**	**1**
	oui (0) — non (1)	
7.3.7	**Les fenêtres comprennent-elles une superficie d'ouvrants?**	**0**
	oui (0) — non (1)	

C-Aménagement intérieur				
Construction intérieure				
7.3.8	L'aménagement intérieur d'un étage type est majoritairement :			0,5
	ouvert (0)	*semi-cloisonné (0,5)*	*cloisonné (1)*	
Finition intérieure				
7.3.9	Y a-t-il des murs de pierre, de béton ou de maçonnerie visibles à l'intérieur ?			0,5
	oui, plusieurs (0)	*oui, quelques uns (0,5)*	*non (1)*	
7.3.10	Y a-t-il des planchers de pierre, de béton, de terrazzo, ou de céramique visibles à l'intérieur ?			0
	oui, plusieurs (0)	*oui, quelques uns (0,5)*	*non (1)*	
7.3.11	Les plafonds sont-ils dissimulés par un faux plafond ?			1
	non (0)	*oui, dans certains cas (0,5)*	*oui en grande majorité (1)*	
D-Services				
Moyens de transport				
7.3.12	Dans le cas d'un bâtiment desservi par des ascenseurs, en a-t-il un qui est raccordé à une génératrice?			1
	oui (0)		*non (1)*	
Plomberie				
7.3.13	Dans le cas d'un bâtiment de plusieurs étages qui a recours à des pompes de surpression pour distribuer l'eau potable, sont-elles raccordées à une génératrice?			n.a.
	oui (0)		*non (1)*	
CVCA				
7.3.14	Le bâtiment est-il en mesure de produire une partie de la chaleur qu'il consomme (solaire thermique, géothermie, etc.)?			1
	oui (0)		*non (1)*	
7.3.15	Le système de chauffage est-il raccordé à une génératrice?			1
	oui (0)		*non (1)*	
7.3.16	Le système de ventilation est-il raccordé à une génératrice?			1
	oui (0)		*non (1)*	
Protection incendie				
7.3.17	Le système de sécurité incendie (alarme, détecteurs, pompes de gicleurs, etc.) est-il raccordé à une pile ou à une génératrice?			0,5
	oui (0)	*oui, en partie (0,5)*	*non (1)*	
Électricité				
7.3.18	Dans quelle proportion l'électricité produite par un fournisseur externe comble-t-elle les besoins énergétiques du bâtiment ?			1
	0% (0)	*>0% et ≤ 25% (0,25)*	*>25% et ≤ 50% (0,5)*	*>50% et ≤ 75% (0,75)* *>75% (1)*
7.3.19	Le bâtiment est-il en mesure de produire une partie de l'électricité qu'il consomme (panneaux photovoltaïques, unités de cogénération, etc.)?			1
	oui (0)		*non (1)*	
7.3.20	Dans le cas d'un bâtiment équipé d'une génératrice, cette dernière dispose-t-elle d'une réserve de combustible lui permettant de fonctionner pendant 72 heures?			n.a.
	oui (0)	*non, seulement 48 heures (0,25)*	*non seulement 24 heures (0,5)*	*non, moins de 24h (1)*
7.3.21	Dans le cas d'un bâtiment qui n'est pas équipé d'une génératrice, dispose-t-il d'une prise extérieure permettant d'y brancher une génératrice portative?			1
	oui (0)		*non (1)*	
G-Aménagement d'emplacement				
Amélioration d'emplacement				
7.3.22	Y a-t-il des arbres caractérisés par une cime large et étalée et des branches fines sur le site?			0
	Non (0)	*Oui quelques uns (0,5)*	*Oui, plusieurs (1)*	
			Calcul de l'indice de vulnérabilité	**0,73**

7.4 Évaluation des risques

Tableau récapitulatif des indices	
Danger	0,5
Exposition	0,0
Vulnérabilité	0,7
Indice de risque - Tempête de verglas	**0,41**

7.4.1 Pondération de l'indice de risque en fonction de la gravité des impacts potentiels

		Échelle comparative					
	Risques potentiels	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**
Bâtiment	*Perte totale*						
	Dommages matériels majeurs — arrêt des opérations						
	Dommages matériels modérés — ralentissement des opérations						
	Pannes, dysfonctionnements — ralentissement des opérations			6			
	Dommages matériels mineurs — aucun impact sur les opérations		x				
	Vieillissement prématuré de certains éléments						
Occupants	*Décès*						12
	Maladies chroniques, blessures invalidantes, perte de jouissance de la vie						
	Blessures sérieuses ou impacts psychologiques non invalidants, maladies d'origine				x		
	Allergies, blessures mineures à modérées			x			
	Inconfort léger à modéré		x				
	TOTAL	**18**					

Les tempêtes de verglas posent des risques moyens pour les bâtiments en raison de dommages matériels mineurs et des importantes pannes de courant qu'elles peuvent provoquer. La durée d'une panne de courant détermine notamment le niveau de risque pesant sur les occupants ; un événement de courte durée entraîne généralement un léger inconfort thermique alors qu'un événement de longue durée peut entraîner la mort. Les tempêtes de verglas posent aussi un risque significatif de chutes et de blessures pour les usagers. Par conséquent, l'indice de risque originalement calculé est associé à un coefficient de pondération relativement élevé (18) pour le calcul de l'indice de risque climatique global (cf. description générale).

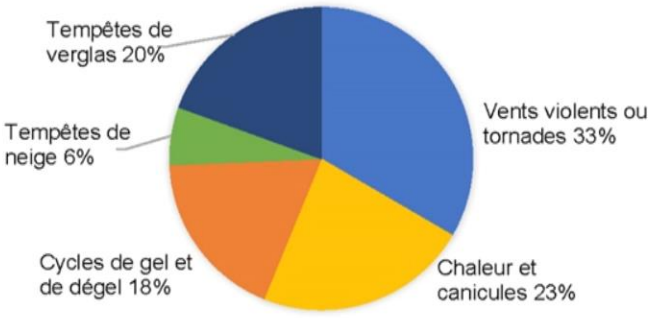
Résultat des évaluations de risques climatiques

Palais de justice de Ville-Marie (00812-002)
8 rue Saint-Gabriel, Ville-Marie

Évalué le : 20 novembre 2020

Dangers climatiques	Indices de risque	Coeff, pondération	Indices de risque pondérés
Vents violents ou tornades	0,53	24	12,6
Inondations riveraines	n.a.	0	n.a
Inondations urbaines	n.a.	0	n.a
Chaleur et canicules	0,48	18	8,6
Cycles de gel et de dégel	0,69	10	6,9
Tempêtes de neige	0,23	10	2,3
Tempêtes de verglas	0,41	18	7,4
Indice de risque climatique global (non pondéré)	**0,47**		
Indice de risque climatique global (pondéré)			0,47

Prépondérance des dangers dans le calcul de l'indice de risque climatique global



Risques prépondérants	Part
Vents violents ou tornades	33,4%
Chaleur et canicules	22,7%
Tempêtes de verglas	19,5%

Indices de risque par danger (non pondérés)

Vents violents ou tornades
0,53

Inondations riveraines
n.a.

Inondations urbaines
n.a.

Chaleur et canicules
0,48

Cycles de gel et de dégel
0,69

Tempêtes de neige
0,23

Tempêtes de verglas
0,41