PIEVC CVIIP

CLIMATE RISK INSTITUTE

Institute for Catastrophic Loss Reduction
Building resilient communities

Institut de prévention des sinistres catastrophiques
Bâtir des communautés résilientes

# MÉTA-ANALYSE DU CVIIP

## VOLUME 1 : RAPPORT DE SYNTHÈSE

# Publié par le partenariat du CVIIP

Institute for Catastrophic Loss Reduction
Building resilient communities

Institut de prévention des sinistres catastrophiques
Bâtir des communautés résilientes

CLIMATE RISK INSTITUTE

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

# Remerciements

Cette méta-analyse est fondée sur plus de 20 ans de recherche et d'évaluation pour développer et utiliser le Protocole du CVIIP et l'ensemble de ressources du CVIIP. D'innombrables contributeurs ont présenté des rapports accessibles au public afin d'améliorer notre compréhension de la vulnérabilité des infrastructures aux changements climatiques et aux risques connexes.

**Citation recommandée :** MacMillan, K., Symonds, M, et Sparling, E. 2024. Méta-analyse du CVIIP, Rapport de synthèse. Une publication du programme du CVIIP. Toronto/Sudbury : Institut de prévention des sinistres catastrophiques et Climate Risk Institute.

Ce rapport a été préparé par :

- Kirsten MacMillan, Climate Risk Institute
- Megan Symonds, Climate Risk Institute
- Erik Sparling, Climate Risk Institute

Conseils et soutien pour la méta-analyse :

- Dan Sandink, Institut de prévention des sinistres catastrophiques
- Anna Zaytseva, Climate Risk Institute
- Pablo Rodriguez, Climate Risk Institute

Le financement principal de la méta-analyse a été assuré par Infrastructure Canada, avec un soutien supplémentaire du Conseil canadien des normes. Nous vous remercions de votre généreux soutien au programme du CVIIP et de vos contributions à cette initiative :

- Kelly Murphy, Infrastructure Canada
- Jenessa Doherty, Infrastructure Canada
- Kala Pendakur, Conseil canadien des normes
- Yuna Song, Conseil canadien des normes

Government of Canada Gouvernement du Canada

SCC CCN

Nous remercions également les membres du comité consultatif de la méta-analyse du CVIIP pour le temps et les efforts qu'ils ont consacrés à cette tâche :

- Adamou Saidou, Conseil canadien des normes
- Andrew Crees, Groupe CSA
- Alice Dixon, Infrastructure Ontario
- Dustin Carey, Fédération canadienne des municipalités
- Dwayne Torey, Groupe CSA
- Isabelle Charron, Ouranos
- Marianne Armstrong, Conseil national de recherches Canada
- Matt Delorme, Atlantic Infrastructure Management Network
- Pippa Cookson-Hills, ville de Calgary
- Sarah-Claude Bourdeau-Goulet, Ouranos
- Trevor Murdock, Environnement et Changement climatique Canada

Quelques praticiens et propriétaires d'infrastructures ont généreusement donné de leur temps en participant à des entretiens et en validant des études de cas. Nous vous remercions pour votre soutien continu au programme du CVIIP :

Alice Dixon, Infrastructure Ontario

Allan Seymour, PortsToronto

Amaury Camarena, CBCL

Bojan Drakul, PortsToronto

Bryan Crosby, ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique

Clare Share, McElhanney

Derek Gray, AECOM Consulting

Elmer Lickers, Ontario First Nations Technical Services Corporation

Germaine Cave, WSP

Ian Pilkington, ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique

Juhi Matta, PortsToronto

Karina Richters, ville de Windsor

Katherine Pingree-Shippee, Stantec

Lorne Beaver, Transports Canada

Matt Osler, ville de Surrey

Matt Delorme, Atlantic Infrastructure Management Network

Norman Shippee, Stantec

Pippa Cookson-Hills, ville de Calgary

Quentin Chiotti, Matrix Solutions

Ryan Brown, gouvernement du Yukon

Sarah Gaib, ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique

Terry Walsh, Services publics et Approvisionnement Canada

Vincent Leys, CBCL

# Structure

Cette méta-analyse est organisée en trois volumes :

**Volume 1 –** Rapport de synthèse

**Volume 2 –** Études de cas

**Volume 3 –** Rôle des codes et des normes

# Table des matières

Résumé ..... xi

Terminologie ..... xvii

1. Introduction ..... 1

À propos de ce rapport et du public visé ..... 1

Contexte et objectif ..... 2

Objectifs de la méta-analyse ..... 3

Concepts fondamentaux du CVIIP ..... 4

2. Méthodologie ..... 6

Questions de recherche ..... 6

Analyses documentaires, collecte de données ..... 11

Rapports inclus dans la méta-analyse ..... 11

Limites ..... 14

3. Études de cas ..... 17

4. Principales conclusions ..... 20

Résultats de la méthodologie du CVIIP ..... 20

Ressources du CVIIP ..... 20

Champ d'application ..... 21

Phase du cycle de vie des actifs ..... 24

Indicateurs et éléments des dangers climatiques ..... 25

Horizons temporels ..... 29
Scénarios d'émissions ..... 32
Visites de sites ..... 35
Ateliers ..... 36
Notation des risques ..... 39
Facteurs influençant la vulnérabilité et la résilience ..... 43
État ..... 45
Conception et fonctionnalité ..... 50
Intervention d'urgence ..... 55
Politique et gouvernance ..... 58
Géographie, paysage et utilisation des terres ..... 62
Tendances et modèles en matière de risques climatiques ..... 66
Recommandations issues des évaluations du CVIIP ..... 74
Mesures correctives ..... 76
Mesures de gestion ..... 81
Mesures politiques ..... 85
Étude supplémentaire ..... 88
Lacunes et limites cernées ..... 92
5. Avantages de la réalisation d'une EVRCC ..... 93
Renforcement des capacités et mobilisation ..... 93

Processus structuré, mais flexible ..... 95
Confirmation et consolidation des renseignements ..... 95
Démontrer son engagement à agir ..... 96
Recommandations exploitables ..... 97
6. Défis communs concernant les EVRCC ..... 99
Temps et ressources nécessaires ..... 99
Accès aux données climatiques et approches d'analyse ..... 100
Accès à d'autres données ..... 101
Compréhension conceptuelle des concepts fondamentaux ..... 102
Collaboration entre les disciplines ..... 104
7. Du risque climatique à l'action climatique ..... 105
Catalyseurs et obstacles à la mise en œuvre des mesures ..... 110
Catalyseurs ..... 110
Obstacles ..... 113
Enseignements tirés ..... 116
Annexe A ..... 118
Annexe B ..... 126

# Tableau des figures

Figure 1 : Famille de ressources du CVIIP ..... xvii

Figure 2 : Concepts de vulnérabilités et de risques climatiques comme le reflètent les normes internationales et le CVIIP ..... 5

Figure 3 : Aperçu de l'approche de la méta-analyse ..... 9

Figure 4 : Études incluses dans la méta-analyse, par année ..... 12

Figure 5 : Évaluations incluses dans la méta-analyse, par lieu ..... 13

Figure 6 : Nombre d'évaluations utilisant des mots clés spécifiques pour décrire leur champ d'application ..... 22

Figure 7 : Nombre d'évaluations par phase du cycle de vie des infrastructures ..... 24

Figure 8 : Nombre d'indicateurs de dangers climatiques, d'éléments et d'interactions entre les évaluations ..... 26

Figure 9 : Nombre d'évaluations utilisant un nombre spécifique d'horizons temporels ..... 30

Figure 10 : Nombre d'évaluations pour chaque horizon temporel de rechange ..... 31

Figure 11 : Scénarios d'émissions utilisés dans les évaluations ..... 34

Figure 12 : Type de participation aux ateliers ..... 36

Figure 13 : Nombre d'évaluations, incluant chaque type de participation ..... 39

Figure 14 : Études présentant des risques élevés, par type d'infrastructure ..... 68

Figure 15 : Études entraînant des risques élevés (quel que soit l'horizon temporel) lorsque le paramètre est inclus ..... 69

Figure 16 : Nombre de paramètres entraînant des risques élevés par type d'infrastructure ..... 73

# Table des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des interventions d'urgence influençant la vulnérabilité ..... 14

Tableau 2: Nombre d'indicateurs de dangers climatiques et d'éléments utilisés dans les évaluations ..... 26

Tableau 3: Paramètres climatiques utilisés dans les évaluations ..... 27

Tableau 4: Définitions de la vraisemblance ..... 40

Tableau 5: Méthodes d'évaluation des conséquences ..... 41

Tableau 6: Seuils de tolérance au risque – Méthodes de notation ..... 42

Tableau 7: Caractéristiques liées à l'état fréquemment répertoriées par les évaluations du CVIIP comme influençant la vulnérabilité ..... 45

Tableau 8: Caractéristiques de conception et de fonctionnalité fréquemment cernées par les évaluations du CVIIP comme influençant la vulnérabilité ..... 50

Tableau 9: Caractéristiques des interventions d'urgence influençant la vulnérabilité ..... 55

Tableau 10: Caractéristiques des politiques et de la gouvernance influençant la vulnérabilité ..... 58

Tableau 11: Caractéristiques liées à la géographie, au paysage et à l'utilisation des terres influençant la vulnérabilité ..... 62

Tableau 12: Paramètres climatiques entraînant des risques élevés, par type d'infrastructure (risques élevés, aucun risque élevé, paramètre non utilisé) ..... 70

Tableau 13: Types courants de recommandations de mesures correctives ..... 76

Tableau 14: Types courants de mesures de gestion ..... 81

Tableau 15: Types courants de recommandations politiques ..... 85

Tableau 16: Types courants d'études supplémentaires recommandées ..... 88

Tableau 17: Limites déclarées ..... 92

Tableau 18: Champs de collecte pour les analyses documentaires ..... 118

Tableau 19: Évaluations incluses dans la méta-analyse, avec lien vers le rapport complet le cas échéant. * Indique les évaluations qui ont été incluses uniquement pour l'élaboration de l'étude de cas et qui n'ont pas été examinées pour les points de données ..... 126

# Résumé

Ce rapport résume une méta-analyse des évaluations du CVIIP réalisées et présente des renseignements pratiques qui peuvent aider à éclairer le travail d'évaluation des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques (EVRCC) pour les utilisateurs des approches fondées sur le CVIIP. Il souligne les vulnérabilités climatiques des infrastructures canadiennes, explore les contributions de l'ensemble de ressources du CVIIP, y compris le Protocole du CVIIP, et propose des améliorations pour les pratiques d'EVRCC. Les objectifs de la méta-analyse sont les suivants :

- Créer et valider une approche, et élaborer un cadre analytique pour examiner les rapports d'évaluation du CVIIP accessibles au public et en tirer des enseignements.
- Caractériser, analyser, comparer et tirer des conclusions des rapports du CVIIP sur les vulnérabilités des infrastructures, les mesures d'adaptation, les forces, les faiblesses, les limites et les éléments facilitateurs importants des évaluations du CVIIP, ainsi que les domaines prioritaires potentiels pour l'amélioration des politiques, des règlements ou des codes et des normes.
- Élaborer des recommandations relatives à l'évaluation et à la gestion des risques climatiques et de la résilience des infrastructures visées par les évaluations du CVIIP.

La méta-analyse comprenait cinq phases :

1. L'élaboration et la validation d'un cadre analytique.
2. La création d'une base de données.
3. La réalisation d'une analyse documentaire de 71 évaluations à travers le Canada.
4. L'analyse approfondie d'un sous-ensemble (15) d'évaluations, y compris des entretiens avec les propriétaires d'infrastructures et d'autres membres concernés.
5. Le rapport sur les résultats.

Douze (12) études de cas ont été élaborées en fonction des entretiens et d'analyses approfondies, reflétant les différentes phases de projets, les actifs et les lieux.

### Résultats de la méthodologie du CVIIP

Le Protocole du CVIIP est la ressource la plus citée de l'ensemble de ressources du CVIIP, suivie par le Guide d'évaluation préalable de haut niveau (GEPHN) du CVIIP. Pour assurer le succès des évaluations, il est essentiel de définir clairement le champ d'application du projet, y compris les infrastructures de soutien, les besoins de financement et une méthodologie cohérente. L'élaboration et la communication du champ d'application avec les parties intéressées peuvent contribuer à répondre aux attentes et à gérer la dérive des objectifs. D'autres perspectives et conseils à l'intention des praticiens sont fournis pour des éléments comme les indicateurs de dangers climatiques, les scénarios d'émissions, les horizons temporels, la mobilisation des participants et les méthodes de notation des risques. La mobilisation, y compris les ateliers, est l'un des aspects les plus bénéfiques du processus du CVIIP, car elle offre l'occasion de mieux comprendre les impacts grâce à l'expérience du monde réel et d'accroître la sensibilisation aux changements climatiques, ainsi que la capacité d'adaptation des participants.

### Facteurs influençant la vulnérabilité et la résilience

Les caractéristiques communes qui influencent la vulnérabilité et la résilience des infrastructures face aux phénomènes météorologiques extrêmes et aux changements climatiques orientent les réponses liées à la performance et fournissent une base pour l'établissement de critères de risque et l'analyse des conséquences. Des caractéristiques spécifiques et un aperçu sont fournis pour les catégories suivantes :

- **État**, y compris l'âge et la présence d'améliorations.
- **Conception et fonctionnalité**, y compris les capacités de charge et fonctionnelles insuffisantes et l'aménagement à faible impact.
- **Interventions d'urgence**, y compris les défis opérationnels ainsi que l'alimentation et la production de secours.
- **Politique et gouvernance**, y compris le respect des règlements et la mobilisation de la collectivité.
- **Géographie, paysage et utilisation des terres**, y compris la proximité de l'eau, des caractéristiques naturelles et de la végétation.

### Tendances et modèles de risques climatiques

Les évaluations du CVIIP sont des exercices de hiérarchisation visant à répertorier, à caractériser et à classer les risques liés aux changements climatiques. Cette méta-analyse s'est concentrée exclusivement sur l'établissement des risques élevés dans les évaluations, tout en examinant les raisons pour lesquelles d'autres évaluations ne présentaient aucun risque. Parmi les différents types d'évaluations, celles concernant les aéroports présentaient le plus grand nombre de risques élevés répertoriés, tandis que les évaluations des infrastructures côtières présentaient le nombre le plus faible. Les principaux paramètres liés aux interactions à haut risque étaient l'humidité, la chaleur et les fortes précipitations. Les paramètres liés à la chaleur et aux fortes précipitations étaient notamment les plus fréquemment utilisés dans les évaluations. C'est dans les bâtiments que l'on trouve le plus grand nombre de paramètres climatiques (21) entraînant des risques élevés, contre seulement deux pour les infrastructures de protection contre les inondations. Il peut être difficile de formuler des recommandations globales pour les actifs présentant des risques élevés associés à des dangers multiples; cependant, de nombreuses recommandations peuvent accroître la résilience dans le contexte de dangers multiples.

### Recommandations

Les recommandations formulées dans les évaluations du CVIIP se répartissent généralement en quatre catégories : **mesures correctives, gestion, politique** et **étude complémentaire**. Presque toutes les évaluations recommandent des mesures **correctives** (par exemple, l'ajout de systèmes de drainage secondaire) et des **études complémentaires** (par exemple, des études hydrologiques) spécifiques aux systèmes évalués. Outre les recommandations relatives à la modernisation ou au renforcement des actifs, de nombreuses recommandations ont également mis l'accent sur des interventions, notamment l'amélioration des pratiques d'entretien (mesures de **gestion**), qui peuvent améliorer la résilience sans nécessiter d'interventions coûteuses. Il est important de noter que près de la moitié (47 %) des évaluations comprenaient une recommandation de **politique** visant à mettre à jour la conception spécifique du système ou les spécifications des matériaux.

## Avantages et défis communs liés aux EVRCC

Cette méta-analyse a permis de souligner divers avantages liés à la réalisation d'EVRCC à l'aide du Protocole du CVIIP, notamment :

- Amélioration des connaissances, **renforcement des capacités et de l'engagement,** permettant des perspectives diverses et des stratégies de résilience globales au-delà de la phase d'évaluation initiale.
- **Processus structuré, mais flexible**, qui permet d'intégrer les évaluations dans des initiatives élargies, dont les stratégies d'adaptation.
- **Confirmation et consolidation des renseignements** afin de mieux comprendre les impacts des changements climatiques sur les activités et les actifs, et de simplifier la planification de l'adaptation.

- **Volonté d'action démontrée** et priorités établies afin de demander et d'obtenir un financement pour la mise en œuvre.
- **Recommandations concrètes** pour traiter les vulnérabilités et les risques les plus importants et maximiser l'impact des ressources limitées.

Les défis cernés sont les suivants :

- **Temps et ressources nécessaires.**
- **Accès aux données climatiques et approches d'analyse.**
- **Accès à d'autres données**, notamment les facteurs sociaux, économiques et environnementaux.
- **Compréhension conceptuelle des concepts de base.**
- **Collaboration entre les disciplines.**

## Des risques climatiques à l'action climatique

Les études de cas soulignent le nombre d'organisations qui sont allées de l'avant avec la mise en œuvre des mesures d'adaptation établies lors des évaluations du CVIIP. Il est essentiel d'établir un plan stratégique pour passer de manière harmonieuse des risques climatiques à l'action climatique, ce qui a conduit certaines organisations à intégrer des processus de planification de la mise en œuvre directement dans leur processus d'EVRCC. D'autres ont mis en œuvre avec succès des mesures correctives, des mesures de gestion, des études complémentaires et des mesures politiques indépendamment de plans de mise en œuvre globaux. Dans de nombreux cas, les évaluations du CVIIP ont mené à des mesures climatiques au-delà des recommandations les plus immédiates de l'évaluation, en intégrant les résultats dans les plans directeurs et d'adaptation et dans les initiatives de gestion des actifs.

De nombreux éléments facilitateurs et obstacles ont été répertoriés lorsque les organisations sont passées des risques climatiques à l'action climatique. Parmi les éléments facilitateurs, on peut citer une expérience antérieure concernant les conséquences négatives découlant des dangers climatiques, la participation d'une équipe de projet pluridisciplinaire dès le début du processus d'EVRCC, la démonstration d'avantages concrets au moyen d'une analyse financière, la présence d'un champion des changements climatiques et du développement durable au sein de l'équipe, et la reconnaissance de la criticité des infrastructures pour l'ensemble de la collectivité. Parmi les obstacles mentionnés, citons les difficultés à obtenir du financement pour des améliorations coûteuses, à obtenir l'adhésion des collectivités et des gouvernements municipaux, et à hiérarchiser les risques parmi de multiples interactions à risque élevé et des ressources limitées.

### Enseignements tirés

Il est important de tout documenter, de l'évaluation des risques à l'action climatique. Après la mise en œuvre des mesures d'adaptation, il est essentiel d'assurer le suivi, de documenter et de rendre compte de la performance de ces mesures, ainsi que des obstacles et des défis. Ces étapes sont essentielles pour suivre les progrès, permettre la répétition du processus et éclairer l'apprentissage et les pratiques exemplaires. L'adaptation aux changements climatiques est un processus itératif, non seulement en raison de la nature changeante du système climatique, mais aussi en tant que processus d'apprentissage. En améliorant nos connaissances et nos expériences, nous pouvons continuellement améliorer le processus de l'EVRCC, l'action climatique, ainsi que le suivi et le compte rendu des progrès réalisés.

# Terminologie

Plusieurs termes liés au CVIIP sont utilisés dans ce rapport. CVIIP (prononcé C-VI-IP) est la marque de commerce utilisée par un partenariat créé pour promouvoir l'évaluation des risques climatiques. CVIIP[MC] est sous l'égide d'un partenariat composé de l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques (IPSC), du Climate Risk Institute (CRI) et de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, qui en assure aussi la gestion. À l'origine, le CVIIP était le Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques, créé en 2005 par Ingénieurs Canada, avec le soutien de Ressources naturelles Canada. Le comité a supervisé l'élaboration d'un protocole d'évaluation des risques climatiques. Ce protocole a été utilisé dans des centaines d'évaluations des risques climatiques au Canada et dans le monde entier. En 2020, le partenariat du CVIIP[MC] a pris en charge le programme du CVIIP[MC].

**Le Protocole du CVIIP** est un document en plusieurs volumes décrivant un processus d'évaluation des risques climatiques et des infrastructures. Ce protocole est utilisé depuis 2008. **L'ensemble de ressources du CVIIP** désigne à la fois le Protocole du CVIIP et d'autres ressources publiées depuis 2020. Chaque ressource de « l'ensemble de ressources » reste fidèle aux principes fondamentaux du CVIIP. Une nouvelle version du Protocole du CVIIP a été élaborée et publiée en 2024.

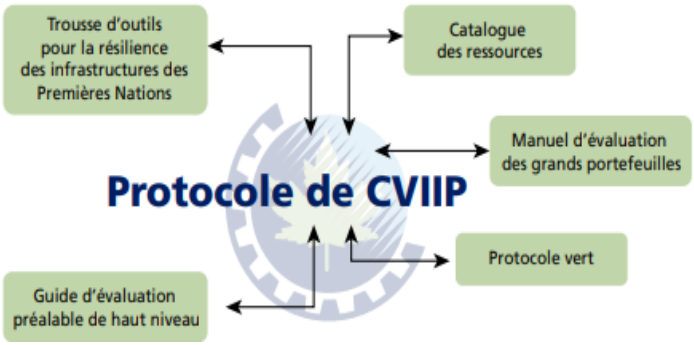



*Figure 1 : Famille de ressources du CVIIP*

Pour en savoir plus sur le programme du CVIIP, consultez le site www.cviip.ca.

# 1. Introduction

## À propos de ce rapport et du public visé

L'objectif du présent rapport consiste à résumer une méta-analyse des évaluations précédemment réalisées qui utilisent l'approche décrite dans l'ensemble de ressources du CVIIP. Ce rapport a été produit pour fournir des renseignements pratiques qui peuvent aider à éclairer le travail des praticiens de l'évaluation des vulnérabilités et des risques, et des propriétaires et exploitants d'infrastructures qui utilisent ou prévoient d'utiliser les approches fondées sur le CVIIP. Le rapport est principalement fondé sur des renseignements provenant de rapports publics disponibles sur CVIIP.ca et d'entretiens avec des experts. Ce rapport est conçu pour être accessible à un vaste public. Bien que l'on suppose que les lecteurs possèdent une certaine connaissance de base de l'ensemble de ressources du CVIIP, des efforts ont été faits pour inclure des explications et un contexte tout au long du rapport.

L'objectif de ce rapport est de présenter un portrait des vulnérabilités climatiques touchant différents types d'infrastructures au Canada, de caractériser la façon dont l'ensemble de ressources du CVIIP a contribué à leur évaluation et à leur gestion, et de cerner les options pour soutenir davantage les pratiques liées à l'évaluation des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques (EVRCC).

Cette méta-analyse n'a pas cherché à évaluer l'exactitude des résultats d'aucune évaluation. Bien que certaines comparaisons puissent être faites entre les rapports, chacun d'entre eux comprend des considérations uniques pour l'infrastructure spécifique qui a été évaluée. Des scores élevés ou faibles de vulnérabilité et de risque pour une évaluation peuvent contribuer à donner un portrait global des vulnérabilités et risques liés aux changements climatiques dans l'ensemble des évaluations du CVIIP. Ces résultats ne doivent pas être interprétés comme supposant que des

types d'actifs similaires partagent intrinsèquement le même niveau de vulnérabilité ou de risque. Le lieu, l'état, la conception et d'autres facteurs contextuels et spécifiques à l'infrastructure peuvent se traduire par des profils de vulnérabilité et de risque nettement différents pour deux ou plusieurs systèmes d'infrastructure du même type.

## Contexte et objectif

Le Protocole du CVIIP est une approche de l'évaluation des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques (EVRCC). Le Protocole fournit une feuille de route pour orienter l'évaluation systématique de la résilience des infrastructures aux effets des conditions météorologiques extrêmes, de la variabilité du climat et des changements climatiques. Le processus permet d'établir des priorités dans la gestion des risques climatiques afin d'éclairer les décisions pour déterminer où une action est nécessaire, ainsi que les mesures d'adaptation appropriées. Depuis 2008, le Protocole a été appliqué pour évaluer les vulnérabilités et les risques liés aux changements climatiques dans un vaste éventail de systèmes d'infrastructure.

La collection et le partage des rapports d'évaluation du programme du CVIIP constituent un atout unique et précieux. Avec plus de 100 rapports accessibles au public et plusieurs centaines d'autres faisant référence au Protocole du CVIIP, ces ressources offrent un aperçu crucial des vulnérabilités liées aux changements climatiques, des facteurs qui contribuent à ces vulnérabilités (et, à l'inverse, à la résilience), des risques connexes et des mesures d'amélioration de la résilience des systèmes d'infrastructure canadiens.

L'étude de cet ensemble important et croissant de rapports a permis de tirer des conclusions sur les points suivants :

- Les types les plus courants et les plus importants de vulnérabilités liées aux phénomènes météorologiques violents, au climat et aux changements climatiques, établies au sein de catégories d'infrastructures spécifiques et entre celles-ci, dans diverses régions du Canada.
- Les caractéristiques de certains types d'actifs et de pratiques de gestion qui rendent les systèmes d'infrastructure et leurs services plus ou moins vulnérables aux effets des phénomènes météorologiques violents, de la variabilité climatique et des changements climatiques.
- Les caractéristiques importantes des approches adoptées pour réaliser les évaluations du CVIIP, les défis connexes et les solutions de rechange notables.
- Les recommandations spécifiques qui peuvent être formulées pour modifier les orientations (par exemple, le Protocole du CVIIP), les pratiques, les programmes, les politiques et les règlements, ainsi que les codes et les normes en matière d'évaluation des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques (EVRCC).

## Objectifs de la méta-analyse

Les objectifs de cette méta-analyse sont les suivants :

- Créer et valider une approche permettant d'examiner les rapports d'évaluation du CVIIP accessibles au public et d'en tirer des enseignements, y compris l'élaboration d'un cadre analytique adapté.
- Caractériser, analyser, comparer et tirer des conclusions sur les rapports du CVIIP concernant les vulnérabilités des infrastructures; les mesures d'adaptation prévues ou signalées; les forces, les faiblesses, les limites et les éléments facilitateurs importants des évaluations du CVIIP et les domaines prioritaires potentiels pour l'amélioration des politiques, des règlements ou des codes et des normes afin de mieux favoriser la résilience climatique des principaux types de systèmes d'infrastructure au Canada.

- Élaborer des recommandations relatives à l'évaluation et à la gestion des risques climatiques et de la résilience des infrastructures visées par les évaluations du CVIIP, en mettant l'accent, dans la mesure du possible, sur les réformes des pratiques, des programmes (par exemple, la gestion des actifs), des politiques et des règlements, ainsi que des codes et des normes de l'EVRCC.

## Concepts fondamentaux du CVIIP

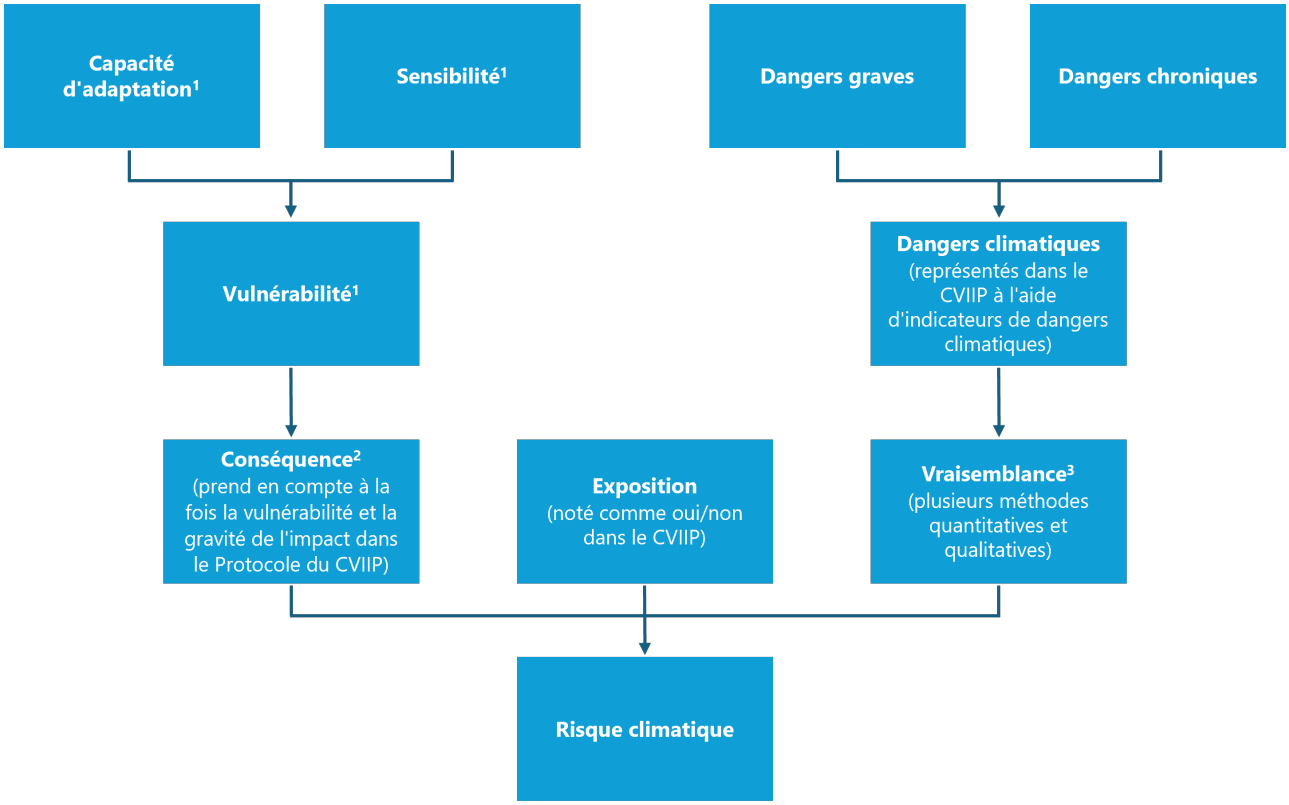
Lors de l'élaboration et de la publication du premier Protocole du CVIIP, les définitions normatives des concepts fondamentaux de la vulnérabilité et du risque liés aux changements climatiques évoluaient encore, tant au sein de la communauté des utilisateurs du CVIIP que dans la pratique de l'évaluation des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques de manière plus générale. Cette évolution de la base conceptuelle de l'évaluation des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques a entraîné des incohérences et a nécessité des modifications dans la manière dont les termes connexes ont été utilisés au fil du temps et entre les praticiens du CVIIP. Notamment, les récentes mises à jour du Protocole du CVIIP (printemps 2024) ont permis d'harmoniser plus explicitement les concepts, termes et processus fondamentaux qui sous-tendent l'approche du CVIIP avec ceux qui sont désormais plus largement établis par des normes internationales (p. ex., ISO 31000[1]) et soutenus par des organisations internationales clés (comme le GIEC[2]). La Figure 2 ci-dessous présente un cadre

[1] https://www.iso.org/fr/iso-31000-risk-management.html

[2]Reisinger, Andy, Mark Howden, Carolina Vera, et coll. (2020) Le concept de risque dans le sixième Rapport d'évaluation du GIEC : un résumé des discussions des groupes de travail transversaux. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse. P.15

conceptuel des vulnérabilités et risques liés aux changements climatiques qui reflète à la fois la compréhension actuelle et la base actualisée des orientations et des pratiques du CVIIP.

La Figure 2 décrit le lien entre les vulnérabilités et les risques climatiques.




[1]Pas explicitement évaluée dans le protocole du CVIIP, mais des renseignements connexes sont recueillis et utilisés pour évaluer les indicateurs de la réponse liée à la performance et éclairer l'évaluation des conséquences.
[2]Appelée la gravité de l'impact dans la version 1 – 10 du Protocole du CVIIP.
[3]Appelée la probabilité dans l'ancienne version 1 – 10 du Protocole du CVIIP.

*Figure 2 : Concepts de vulnérabilités et de risques climatiques comme le reflètent les normes internationales et le CVIIP*

# 2. Méthodologie

La section suivante décrit l'approche adoptée pour la méta-analyse du CVIIP. Pour obtenir plus d'information sur la méthodologie du Protocole du CVIIP, consultez les documents de l'ensemble de ressources du CVIIP.

## Questions de recherche

La méta-analyse visait à répondre aux questions principales et complémentaires suivantes :

**Tendances des impacts climatiques**

1. **Quels sont les types les plus courants et les plus importants de vulnérabilités des systèmes d'infrastructure liées aux phénomènes météorologiques violents, au climat et aux changements climatiques?**
    - En quoi ces vulnérabilités sont-elles similaires et différentes selon les catégories d'infrastructures et les régions du Canada?
    - Quelles sont les interactions entre les dangers climatiques et les éléments d'infrastructure qui ont donné lieu aux scores de risque les plus élevés dans l'ensemble des évaluations, ou qui méritent d'être signalées?

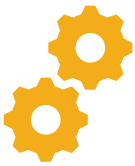
**Caractéristiques entraînant la**

2. **Quelles sont les caractéristiques qui rendent les systèmes d'infrastructure vulnérables aux impacts des phénomènes météorologiques violents et des changements climatiques au Canada?**

**vulnérabilité**

- Existe-t-il des catégories générales dans lesquelles on peut classer les vulnérabilités ou les caractéristiques entraînant une vulnérabilité?
- Ces vulnérabilités et caractéristiques sont-elles spécifiques à un système ou à un lieu, ou peut-on observer des tendances plus générales dans l'ensemble du Canada?

**Recommandations en matière de résilience**



**3. Quelles mesures pourraient être prises pour réduire au minimum les vulnérabilités?**

- Dans quelles catégories les mesures recommandées s'inscrivent-elles généralement?
- Dans quelle mesure l'EVRCC a-t-elle effectué d'autres analyses pour éclairer les mesures d'adaptation, et quelles étaient-elles (par exemple, analyse coûts-avantages, évaluation d'une série d'options, etc.).
- Dans quelle mesure les actions recommandées sont-elles spécifiques aux systèmes individuels ou plus largement applicables (touchant notamment les politiques, les codes et les normes)?

**Approches et améliorations du**

**4. Comment les EVRCC fondées sur le CVIIP soutiennent-elles la résilience climatique?**

- Quelles sont les caractéristiques communes des EVRCC fondées sur le CVIIP? Comment les praticiens adaptent-ils leurs approches pour combler les lacunes et relever les défis?

**processus d'EVRCC**

- Comment les EVRCC ont-elles contribué à la planification de la résilience et à l'image nationale des vulnérabilités climatiques et des infrastructures au Canada? Quelles sont les lacunes à cet égard?
- Quel soutien supplémentaire est nécessaire pour contribuer à surmonter les limites des EVRCC ou pour favoriser la mise en œuvre des mesures?

Approche de la méta-analyse

La méta-analyse a été réalisée en cinq phases, comme l'indique la **Figure** 3 ci-dessous.

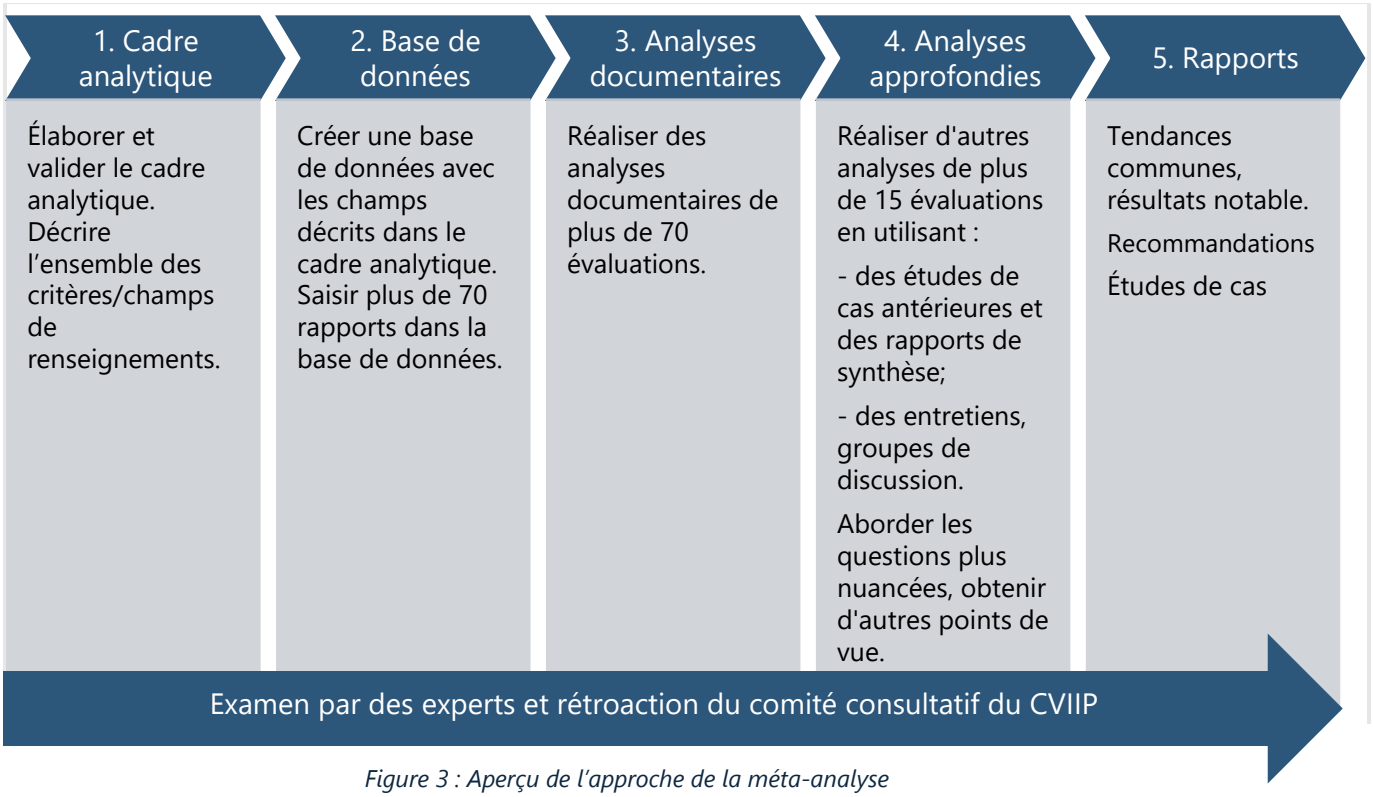



*Figure 3 : Aperçu de l'approche de la méta-analyse*

Avec plus de 100 rapports du CVIIP disponibles, la méta-analyse a nécessité une approche structurée et systématique pour synthétiser et analyser les résultats de plusieurs études. Un **cadre analytique** a été élaboré et validé pour servir de feuille de route à l'équipe de projet. Ce **cadre** définit les critères d'inclusion dans les rapports, la manière dont les données ont été structurées et organisées, ainsi que les catégories de renseignements recueillis et synthétisés.

Une **base de données** a été créée pour stocker les renseignements recueillis dans chaque rapport. Tout d'abord, toutes les études disponibles ont été examinées et incluses dans la base de données. Toute évaluation qui ne comportait pas de rapport complet et détaillé, y compris les scores de risque, a été exclue. De plus, plusieurs rapports réalisés avant 2013 ont été exclus de l'analyse. Par

conséquent, 71 des 101 études disponibles sont passées à l'étape de l'analyse documentaire. La base de données a été créée à l'aide des catégories décrites à la **section 2.3**.

Des **analyses documentaires** ont été réalisées pour 71 études. Ce processus comprenait l'examen des renseignements disponibles (principalement le rapport du CVIIP, avec des renseignements complémentaires provenant des annexes et d'autres ressources, le cas échéant) et la saisie des renseignements dans la base de données. L'analyse des données a été réalisée pour les renseignements, qui est présentée à la **section 3**.

Des **analyses approfondies** ont été réalisées pour améliorer les résultats de la méta-analyse en répondant aux questions de recherche auxquelles les rapports seuls ne permettaient pas de répondre. Le manque de ressources a obligé à limiter le nombre d'analyses approfondies à un sous-ensemble (15) de l'ensemble des évaluations. Les analyses approfondies comprenaient des recherches supplémentaires sur les renseignements accessibles au public (notamment les plans d'adaptation aux changements climatiques) et des entretiens avec les propriétaires d'infrastructures et d'autres membres concernés. L'un des principaux objectifs des analyses approfondies était de mieux comprendre comment les résultats ont été utilisés et les recommandations mises en œuvre.

Ce **rapport** résume les résultats de la méta-analyse. Il met l'accent sur les principales conclusions des analyses documentaires, sur les études de cas élaborées à partir des analyses approfondies et sur les recommandations.

Tout au long du processus, un comité consultatif de projet a été mis en place pour examiner et valider l'approche et les résultats de la méta-analyse, et présenter des suggestions.

## Analyses documentaires, collecte de données

Une base de données en ligne a été créée à l'aide d'AirTable. Ce logiciel a été choisi pour améliorer le balisage, la liaison et l'analyse des données. Chaque évaluation a été saisie dans la base de données par l'équipe de projet et le rapport a été examiné afin de recueillir les renseignements pertinents. Il s'agissait notamment de saisir des renseignements directement à partir du rapport (comme le champ d'application énoncé) et de baliser des champs pour des analyses de données plus poussées (comme des recommandations de haut niveau). Plus de 85 champs ont été recueillis pour chaque rapport dans les catégories suivantes : généralités, méthodologie, collecte et analyse des données, considérations selon la réponse des infrastructures, résultats en matière de risques, recommandations et limites. La liste complète des champs recueillis est présentée à l'**annexe A**.

## Rapports inclus dans la méta-analyse

Au total, 71 rapports ont été utilisés dans les analyses documentaires et 15 rapports ont été inclus dans les analyses approfondies. Bien que 101 rapports aient été mis à la disposition du partenariat du CVIIP au début du projet (octobre 2023), 71 seulement ont été sélectionnés pour l'analyse documentaire en raison du temps nécessaire pour l'examen de chaque évaluation. Les 29 rapports qui n'ont pas passé à l'étape suivante de l'analyse étaient des évaluations achevées avant 2013 (la méta-analyse étant axée sur la dernière décennie), des évaluations pour lesquelles il manquait certains détails de rapports (comme la notation des risques) et des évaluations pour lesquelles le type d'actif avait déjà été couvert de manière exhaustive par d'autres évaluations ayant fait l'objet d'un examen. Quatorze (14) évaluations réalisées avant 2013 ont été incluses, car elles couvrent des actifs, des lieux ou des études de cas uniques qui n'auraient pas pu être pris en compte autrement. La plupart des rapports ont été publiés entre 2018 et 2021, comme le montre la Figure 4.

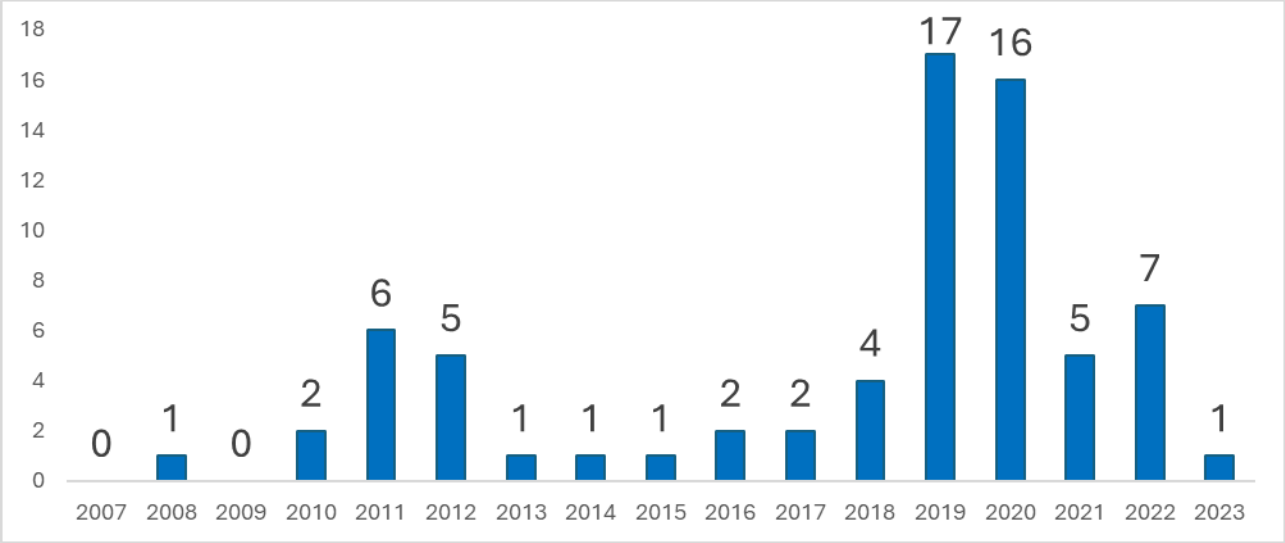



*Figure 4 : Études incluses dans la méta-analyse, par année*

Le partenariat du CVIIP est conscient que le nombre d'études n'a augmenté que depuis 2021 avec la publication du Guide d'évaluation préalable de haut niveau du CVIIP. Cette baisse du nombre d'études disponibles n'est pas représentative du nombre d'évaluations réalisées, mais du nombre d'évaluations soumises aux fins de publication.

La méta-analyse s'est également efforcée de tenir compte des variations géographiques à travers le Canada, comme le montre la Figure 5. C'est en Ontario que le nombre d'évaluations disponibles est le plus élevé (17). Une seule évaluation était disponible pour le Nunavut, mais le rapport ne contenait pas de renseignements clés, comme les scores de risque, et n'a donc pu être examiné que partiellement.

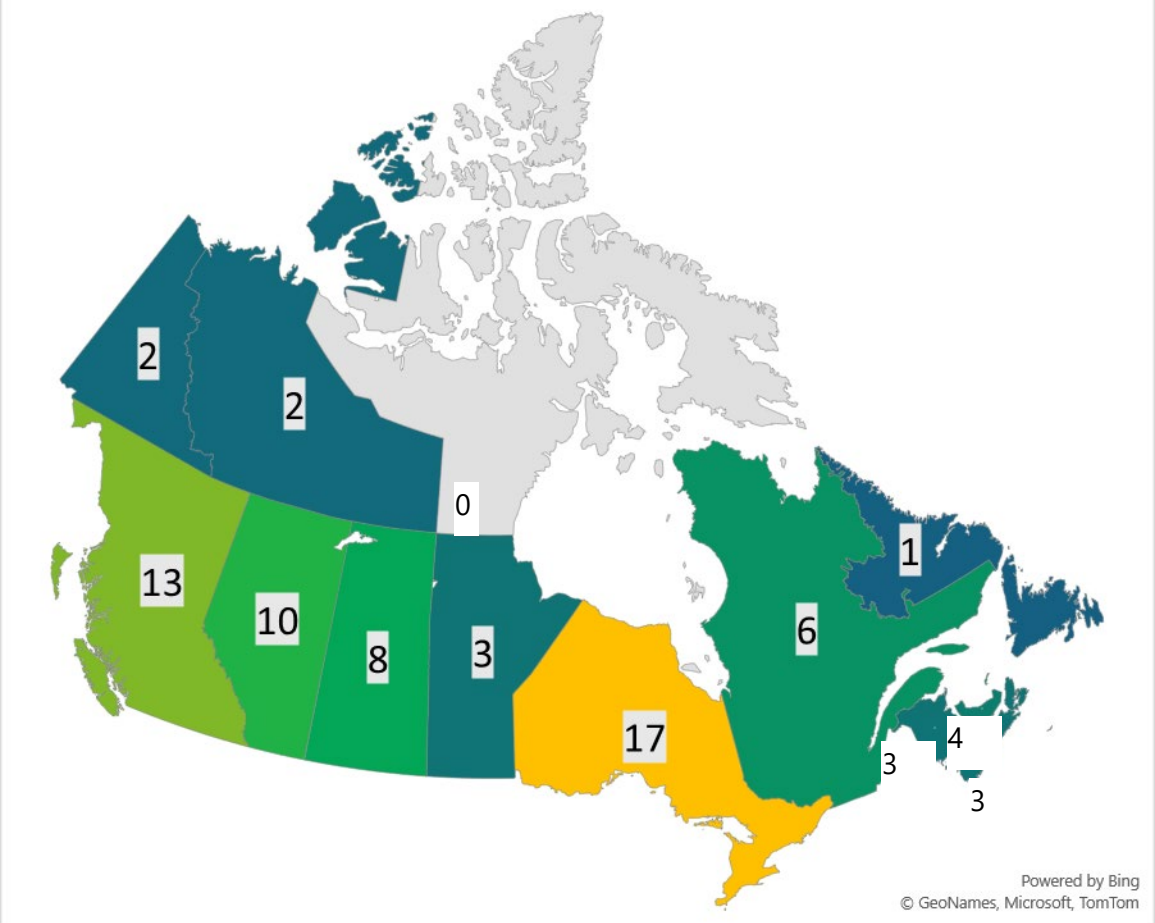



*Figure 5 : Évaluations incluses dans la méta-analyse, par lieu*

Sur les 71 évaluations du CVIIP examinées, la majorité porte sur un seul système d'infrastructure et sur les sous-systèmes qui le composent. Toutes les évaluations ont été balisées avec un type d'infrastructure primaire (c'est-à-dire au niveau du système). Le Tableau 1 résume le nombre d'études incluses dans la méta-analyse par classification de l'infrastructure primaire. Puisque certaines études ont évalué plusieurs types d'infrastructures primaires (par exemple, l'eau et les eaux usées), le nombre total d'études par type d'infrastructure dans le Tableau 1 dépasse 71. Les évaluations à l'échelle de la collectivité désignent les évaluations qui portent sur la plupart ou

l'ensemble des actifs publics d'une collectivité et sont généralement réalisées avec moins de détails relatifs à chaque type d'actif.

*Tableau 1: Caractéristiques des interventions d'urgence influençant la vulnérabilité*

| Classification des infrastructures | Nombre d'études |
|---|---|
| Eaux pluviales | 14 |
| Eaux usées | 14 |
| Bâtiments | 11 |
| Infrastructures côtières | 10 |
| Eau potable | 7 |
| Évaluations à l'échelle communautaire | 6 |
| Routes et infrastructures connexes | 6 |
| Infrastructures aéroportuaires | 5 |
| Électricité | 4 |
| Protection contre les inondations | 2 |
| Terres de loisirs et infrastructures fondées sur la nature | 2 |
| Ponts | 1 |
| Infrastructures hospitalières | 1 |

## Limites

Cette méta-analyse n'a pas cherché à évaluer la validité des résultats ni la qualité de chaque rapport d'évaluation. L'examen et la collecte des données pour chaque rapport ont été réalisés en 4 à 12 heures environ, et les champs ont ensuite été examinés par le responsable de projet aux fins de l'assurance qualité. Bien que cet examen ait été exhaustif dans le cadre de ce travail, il n'a pas été possible d'entreprendre des tâches comme un examen détaillé de toutes les données

techniques, l'évaluation de la précision ou de la justification de la notation, la comparaison des résultats de l'analyse climatique avec des résultats modélisés plus récents, ou une nouvelle validation de la notation avec les participants selon des expériences récentes.

Le partenariat du CVIIP a connaissance de plus de 300 évaluations du CVIIP achevées; cependant, seules 101 ont été officiellement présentées et publiées sur CVIIP.ca. Cette lacune est principalement due à des évaluations pour lesquelles les gestionnaires de projet n'ont pas soumis de documents, ou pour lesquelles des accords ont été conclus afin de ne pas soumettre de documents pour des raisons de confidentialité. Le partenariat du CVIIP a déployé des efforts considérables pour recueillir des rapports supplémentaires, notamment en s'adressant à des personnes-ressources clés et en sollicitant des soumissions par l'intermédiaire du site Web du CVIIP et des plateformes de médias sociaux. Les praticiens du CVIIP sont invités à soumettre des rapports au partenariat du CVIIP afin de renforcer notre connaissance collective des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques et de les prendre en compte dans les futures mises à jour de cette méta-analyse.

La capacité à recueillir et à analyser tous les résultats de l'évaluation des risques a constitué une limite importante de la méta-analyse. Chaque évaluation du CVIIP comprend un score de l'exposition (E), des conséquences (C), de vraisemblance (V) et du risque (R) pour chaque indicateur de danger climatique et chaque paire d'éléments d'infrastructure. Les 71 évaluations examinées comprenaient plus de 37 000 paires indicateur-élément de danger climatique, soit plus de 150 000 scores (E, C, V, R) sans tenir compte des multiples horizons temporels. Bien que des méthodes de collecte et d'analyse de ces scores à l'aide de l'intelligence artificielle aient été étudiées, l'équipe de projet n'a pas établi d'approche réalisable en raison des limites des fichiers d'entrée (seules les versions PDF des rapports étaient disponibles), de la nature confidentielle de certains rapports et d'erreurs potentielles. Au lieu de cela, seules les interactions à risque élevé ont été recueillies, ce qui a permis d'enregistrer plus de 1 600 interactions. Ces limites pourraient

être corrigées à l'avenir grâce à l'amélioration des outils d'analyse des données ou à l'obligation pour les projets de soumettre des scores et des résultats détaillés sur un portail en ligne.

# 3. Études de cas

Douze études de cas ont été élaborées pour soutenir cette méta-analyse. Ces études de cas ont pour but de présenter la diversité des évaluations du CVIIP, y compris toutes les étapes du cycle de vie des projets, les types d'actifs et la géographie. L'élaboration de chaque étude de cas a nécessité des recherches supplémentaires sur l'évaluation et les activités ultérieures, notamment les plans d'adaptation. Un entretien d'une heure a été organisé avec un ou plusieurs représentants du projet, y compris les responsables de projet et les consultants.

Les études de cas se trouvent dans le document supplémentaire « Méta-analyse d'étude de cas du CVIIP ». Les études de cas sont citées tout au long du rapport de méta-analyse en utilisant la colonne « nom abrégé » pour plus de simplicité.

**Comment lire les études de cas :** Chaque étude de cas est divisée en deux sections. La première moitié résume les principales étapes des évaluations du CVIIP, y compris les considérations uniques sur le champ d'application, les données et renseignements utilisés, les caractéristiques de vulnérabilité et de résilience, les résumés des risques et les recommandations. Il s'agit d'un résumé concis, il faut donc toujours se reporter au rapport détaillé complet pour obtenir plus d'information. La deuxième moitié de l'étude de cas revient sur l'évaluation, la manière dont elle a conduit à l'adaptation climatique, les avantages et les défis liés à sa réalisation, et les enseignements tirés.

| # | Nom abrégé de l'étude de cas | Nom complet de l'étude de cas | Balises |
|---|---|---|---|
| 1 | Marda Loop | Intégration de l'évaluation des risques liés aux changements climatiques dans le processus décisionnel municipal : Le projet de Marda Loop | **Lieu :** Ville de Calgary<br>**Type d'actif :** Routes et infrastructures connexes<br>**Phase du projet** : Conception<br>**Année d'achèvement** : Évaluation achevée en 2022, construction en cours en 2024 |
| 2 | Réseau AIM | Renforcement des capacités d'évaluation des risques liés aux changements climatiques : réseau Atlantic Infrastructure Management | **Lieu :** Canada atlantique<br>**Type d'actif** : Multiple<br>**Phase du projet** : Multiple<br>**Année d'achèvement :** 2023-2024 |
| 3 | IO | Renforcer la santé, renforcer la résilience : infrastructures adaptatives au climat avec Infrastructure Ontario | **Lieu** : Ontario<br>**Type d'actif :** Hôpitaux<br>**Phase du projet** : Conceptuelle, conception<br>**Année d'achèvement** : 2019-présent |
| 4 | Atlantic Ferries | Naviguer en mer agitée : renforcer la résilience climatique des systèmes de traversiers de l'Atlantique | **Lieu** : Nouveau-Brunswick, Île-du-Prince-Édouard, Nouvelle-Écosse<br>**Type d'actif** : Transport (traversiers)<br>**Phase du projet** : Fonctionnement régulier, renouvellement<br>**Année d'achèvement** : 2018-2020 |
| 5 | Ruisseau Bragg | Une planification communautaire pionnière : une analyse de haut niveau des risques climatiques par Bragg Creek Trails | **Lieu** : Bragg Creek, Alberta<br>**Type d'actif** : Terres de loisirs et infrastructures en nature<br>**Phase du projet** : Actifs existants<br>**Année d'achèvement** : 2023 |
| 6 | MOTI de la C.-B. | Ouvrir la voie : 15 ans de résilience climatique sur les autoroutes de la Colombie-Britannique | **Lieu** : Colombie-Britannique<br>**Type d'actif** : Routes<br>**Phase du projet** : Actifs existants, nouveaux actifs<br>**Année d'achèvement** : 2009 – en cours |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 | TORI-PN | Développer des infrastructures résilientes avec la Trousse d'outils de résilience des infrastructures des Premières Nations (TORI-PN) | **Lieu** : Ontario<br>**Type d'actif** : Ensemble de la collectivité<br>**Phase du projet** : Multiples, principalement des actifs existants<br>**Année d'achèvement** : 2016-présent |
| 8 | PortsToronto | Mener le changement à bon port : intégration des risques climatiques dans la planification des transports pour PortsToronto | **Lieu** : Ontario<br>**Type d'actif** : Infrastructure côtière, aéroports<br>**Phase du projet** : Fonctionnement régulier, renouvellement et réhabilitation<br>**Année d'achèvement** : 2019 |
| 9 | Systèmes électriques | Alimenter la résilience : évaluer les risques climatiques pour les systèmes électriques du Canada à l'aide du Protocole du CVIIP | **Lieu** : Î.-P.-É., Ontario<br>**Type d'actif** : Électrique<br>**Phase du projet** : Existant<br>**Année d'achèvement** : 2019, 2022 |
| 10 | Faro | Modernisation de Faro en fonction du climat : concevoir les systèmes d'eau, d'égouts, de tempête et les routes pour l'avenir | **Lieu** : Yukon<br>**Type d'actif** : Eaux pluviales, eaux, eaux usées, routes<br>**Phase du projet** : Conception<br>**Année d'achèvement** : Évaluation achevée en 2019, construction en cours en 2024 |
| 11 | Riverside | La résilience à Riverside : s'adapter aux défis posés par les inondations à East Windsor | **Lieu** : Ontario<br>**Type d'actif** : Eaux pluviales, eaux, eaux usées<br>**Phase du projet** : Conception<br>**Année d'achèvement** : Évaluation achevée en 2019, construction en cours en 2024 |
| 12 | Surrey | Façonner les rives : tirer parti du CVIIP dans la stratégie d'adaptation aux inondations côtières de la ville de Surrey | **Lieu** : Surrey, Colombie-Britannique<br>**Type d'actif** : Littoral<br>**Phase du projet** : Divers<br>**Année d'achèvement** : 2017 |

# 4. Principales conclusions

Les principales conclusions représentent les tendances et les observations cernées dans le cadre des analyses documentaires. Ces analyses comprenaient la collecte et l'examen de haut niveau de données provenant de rapports, comme le décrit la **section 2**. Pour certaines évaluations, un examen approfondi, comprenant des entretiens et l'examen de documents supplémentaires, comme des plans d'adaptation, s'est ajouté aux renseignements recueillis.

## Résultats de la méthodologie du CVIIP

Les sections suivantes résument les principaux éléments méthodologiques recueillis et analysés dans le cadre de la méta-analyse. La collecte et l'examen de ces renseignements visaient principalement à déterminer comment les EVRCC fondées sur le CVIIP soutiennent la résilience climatique et établissent les caractéristiques et les méthodes communes. Tout au long de cette section, des encadrés « **conseils aux praticiens** » sont utilisés pour attirer l'attention sur des décisions méthodologiques spécifiques que les praticiens du CVIIP peuvent prendre pour mieux s'aligner sur les pratiques exemplaires actuelles.

### Ressources du CVIIP

Le Protocole du CVIIP est le document phare qui a été élaboré pour la première fois par Ingénieurs Canada en 2006. Sur les 71 évaluations incluses dans la méta-analyse, 61 font référence au Protocole du CVIIP. Depuis la publication du Guide d'évaluation préalable de haut niveau (GEPHN) du CVIIP en 2021, plusieurs évaluations ont cité cette approche ou réalisé une évaluation mixte comprenant des éléments du Protocole du CVIIP et du GEPHN du CVIIP. Quinze (15) évaluations utilisant le GEPHN ont été incluses dans la méta-analyse. De plus, quatre évaluations ont été étudiées qui utilisent la Trousse d'outils de résilience des infrastructures des Premières Nations

(TORI-PN) qui a adapté le Protocole du CVIIP pour les collectivités des Premières Nations. Seize (16) évaluations examinées faisaient explicitement référence au respect de la norme ISO 31000, ce qui démontre l'importance de cette harmonisation avec les ressources du CVIIP.

Deux autres ressources du CVIIP ont été offertes en version bêta, le Manuel d'évaluation des grands portefeuilles du CVIIP et le Protocole vert. Aucune évaluation citant ces méthodes n'était disponible aux fins d'examen.

## Champ d'application

Le cadrage du champ d'application est une phase critique de la conduite d'une évaluation fondée sur le CVIIP. Tous les rapports d'évaluation doivent indiquer le champ d'application et les objectifs de l'évaluation. Le champ d'application de l'évaluation tient compte de facteurs comme l'objectif de l'évaluation, les considérations de compétence, une description de haut niveau du système évalué, les limites de l'évaluation, l'interdépendance du système dans le contexte élargi de la collectivité et la manière dont le cycle de vie des actifs a été adapté à l'horizon temporel de l'évaluation.

Chaque évaluation a été examinée et balisée en fonction de son champ d'application et de ses objectifs (voir la **Figure** 6**)**.

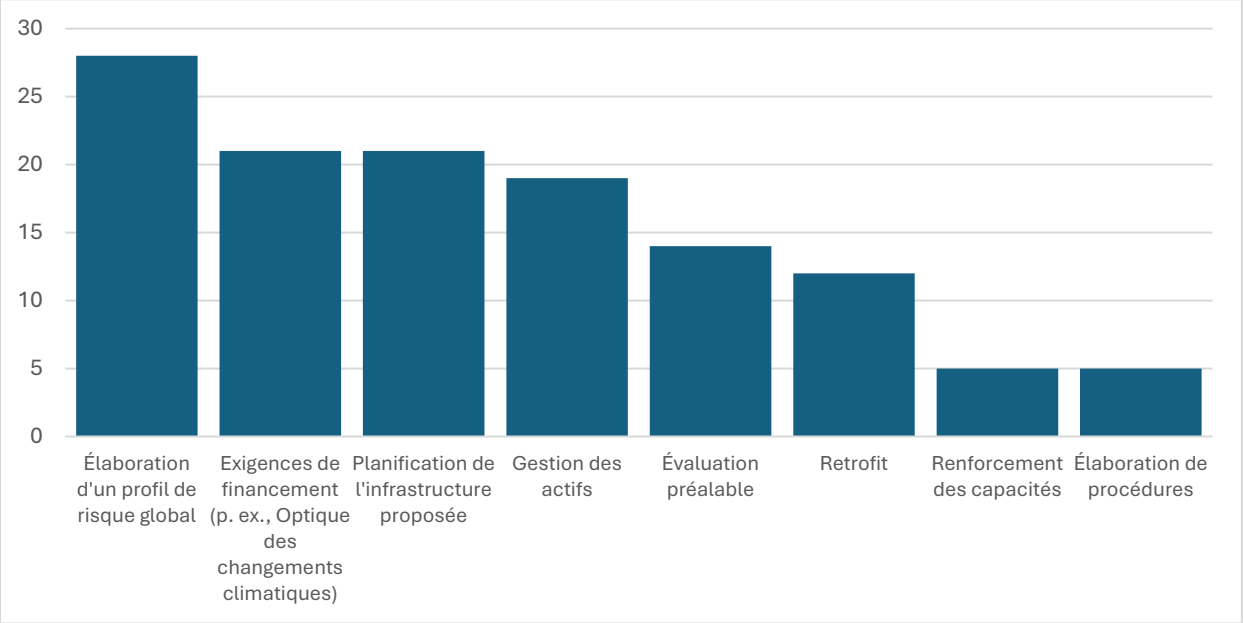



*Figure 6 : Nombre d'évaluations utilisant des mots clés spécifiques pour décrire leur champ d'application*

Voici les observations sur le champ d'application et les objectifs de la méta-analyse :

- **Exigences en matière de financement :** Au cours des dernières années, de nombreuses études (21 dans la méta-analyse depuis 2018) ont été menées dans le cadre d'initiatives, notamment le Programme d'infrastructure Investir dans le Canada d'Infrastructure Canada, qui exige une optique climatique[3]. Ces études sont généralement menées sur des actifs proposés qui en sont à l'étape de la conception ou du début de la conception.
- **Infrastructures de soutien :** De nombreuses évaluations ont été explicitement cadrées pour aller au-delà de l'infrastructure physique détenue et exploitée par le promoteur du projet, afin d'inclure l'infrastructure de soutien. Il peut s'agir d'incidences sur le personnel

[3] https://logement-infrastructure.canada.ca/pub/other-autre/cl-occ-fra.html

chargé de l'exploitation et de la maintenance ou sur des services publics tiers. Même si une portée élargie peut à l'occasion accroître la complexité de l'évaluation, elle peut également permettre de mieux comprendre les incidences.

- **Évaluations à l'échelle de la collectivité :** Historiquement, de nombreuses évaluations du CVIIP se sont concentrées sur un seul actif. Au cours des dernières années, il y a eu une demande croissante d'évaluation des risques climatiques de tous les actifs que possède une municipalité ou une collectivité des Premières Nations. Il s'agit souvent d'études préalables, mais elles sont très utiles pour répertorier et hiérarchiser les risques dans le contexte élargi de la collectivité. Les résultats de ces études sont souvent très pertinents pour la planification de la gestion des actifs.
- **Besoin pour un processus cohérent :** De nombreuses évaluations ont utilisé le Protocole du CVIIP parce qu'elles souhaitaient disposer d'un processus cohérent, méthodologique, fiable et défendable pour évaluer les risques liés aux changements climatiques. Ces rapports d'évaluation font souvent référence au Protocole du CVIIP et à des normes, notamment la norme ISO 31000[4]. Le Protocole du CVIIP a été conçu pour s'aligner sur la norme ISO 31000 afin de répondre à ces exigences.

**Conseils aux praticiens :** Une définition claire du champ d'application du projet est essentielle à la réussite des évaluations et doit être bien décrite dans les rapports. La définition du champ d'application peut souvent être itérative, mais elle doit donner des indications claires sur l'objectif du travail, les limites et les résultats attendus. L'élaboration et la communication du champ d'application avec les parties intéressées peuvent aider à répondre aux attentes et à gérer la dérive

[4] https://www.iso.org/fr/iso-31000-risk-management.html

des objectifs. L'établissement de la portée du projet peut également déterminer le niveau de détail nécessaire ou attendu pour l'évaluation.

### Phase du cycle de vie des actifs

Toutes les évaluations du CVIIP examinées ont été balisées en fonction de la phase du cycle de vie, comme le montre la **Figure** 7. Dans plusieurs cas, les évaluations ont été balisées en fonction de plusieurs phases. Par exemple, une évaluation portant sur un système déjà en fonctionnement régulier peut avoir un composant en cours de rénovation qui se trouve actuellement au stade de la conception.

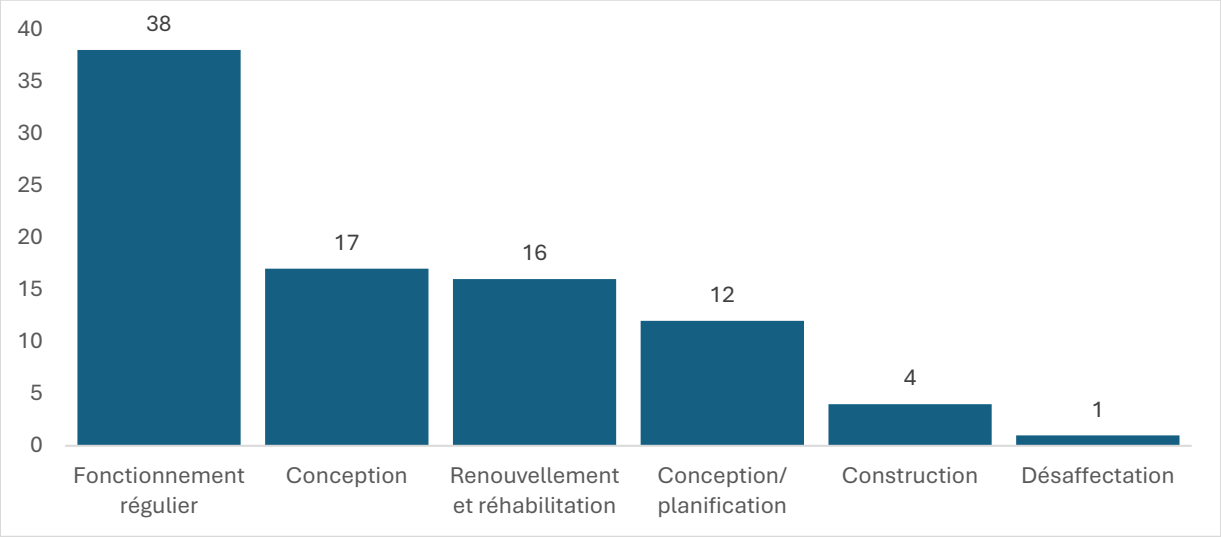



*Figure 7 : Nombre d'évaluations par phase du cycle de vie des infrastructures*

Lorsque des renseignements sur l'âge étaient disponibles, de nombreux actifs exploités de manière régulière ont été construits il y a plus de 50 ans, avec une année de construction moyenne en 1968. De nombreuses évaluations du CVIIP ont été réalisées sur des actifs vieillissants pour lesquels des décisions doivent être prises concernant les travaux d'amélioration, la remise en état ou la désaffectation, et pour lesquels les changements climatiques doivent être pris en compte.

## Indicateurs et éléments des dangers climatiques

Une partie importante de la méthodologie du CVIIP consiste à définir les indicateurs de dangers climatiques (IDC) et les éléments qui composent le système d'infrastructure évalué.

Le **Tableau 2** et la **Figure 8** montrent les distributions du nombre d'indicateurs de dangers climatiques, d'éléments et d'interactions (calculés selon le nombre d'IDC x éléments) pour les évaluations. La plupart des évaluations utilisent entre 8 et 18 indicateurs de dangers climatiques et entre 12 et 43 éléments. Il n'y a pas de tendance claire indiquant que le nombre d'IDC ou d'éléments utilisés augmente ou diminue en fonction du lieu ou de l'année d'achèvement de l'évaluation.

**Conseils aux praticiens :** Le nombre d'IDC ou d'éléments sélectionnés ne correspond pas nécessairement au niveau de détail, de complexité ou d'effort requis pour l'évaluation. Par exemple, plusieurs évaluations approfondies ont été réalisées en utilisant un petit nombre d'éléments et d'IDC pour représenter la réponse d'un système à un seul type de danger, comme les fortes pluies ou les inondations côtières. À l'inverse, une évaluation de très haut niveau peut comporter des centaines d'interactions possibles. Cette situation est fréquente lorsqu'il s'agit d'évaluer un portefeuille d'actifs par rapport à tous les dangers climatiques pertinents. Toutefois, des considérations logistiques entrent en jeu, en particulier lorsqu'il s'agit de traiter des données climatiques et de planifier un atelier. Lorsqu'il y a beaucoup d'éléments et d'IDC, il est encore plus important de prévoir des méthodes complètes et un ordre du jour bien structuré pour discuter des risques dans un délai donné. Cela permet de s'assurer que l'évaluation demeure gérable et productive pour toutes les parties intéressées et l'équipe de projet.

*Tableau 2: Nombre d'indicateurs de dangers climatiques et d'éléments utilisés dans les évaluations*

| | Indicateurs de dangers climatiques | Éléments | Nombre d'interactions |
|---|---|---|---|
| **Minimum** | 3 | 2 | 15 |
| Moyen | 13 | 26 | 357 |
| Maximum | 33 | 182 | 2912 |

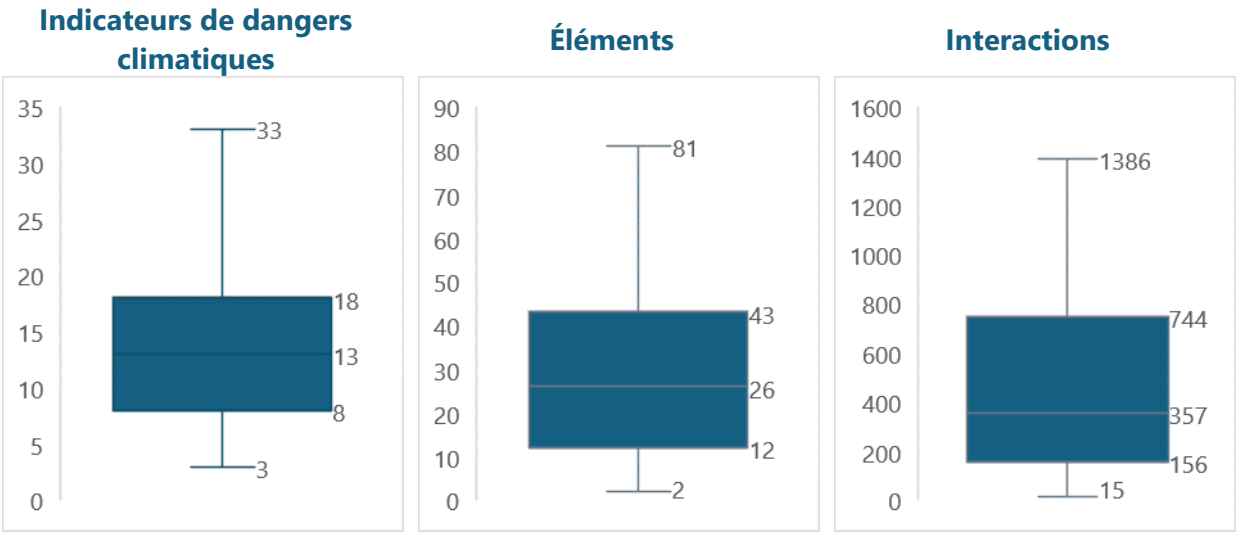



*Figure 8 : Nombre d'indicateurs de dangers climatiques, d'éléments et d'interactions entre les évaluations*

Trois cent douze (312) indicateurs uniques de dangers climatiques ont été utilisés dans les 71 études examinées. Un paramètre plus générique a été attribué à chacun de ces indicateurs afin de regrouper et de comprendre ces résultats. Les 32 paramètres génériques sélectionnés sont présentés au **Tableau 3** et classés selon la fréquence d'utilisation. Les indicateurs de dangers climatiques les plus fréquemment utilisés sont liés à la chaleur, aux fortes précipitations, au froid et au vent. Dans de nombreux cas, les évaluations utilisent plusieurs indicateurs de dangers climatiques classés dans le même paramètre de hiérarchie supérieure.

**Conseils aux praticiens :** Il est souvent utile de définir plusieurs indicateurs de dangers climatiques représentant différents seuils. Par exemple, les évaluations peuvent définir différents seuils de température, comme des températures dépassant 30 °C et 35 °C. Ces seuils peuvent avoir différents impacts sur l'infrastructure évaluée ou différentes vraisemblances d'occurrence. Il est essentiel d'avoir une connaissance bien documentée de ces seuils pour formuler des recommandations et planifier ultérieurement les mesures d'adaptation. Cela permet de s'assurer que les solutions sont adaptées aux éléments et systèmes spécifiques évalués.

*Tableau 3: Paramètres climatiques utilisés dans les évaluations*

| Paramètres | Nombre d'IDC uniques | Exemples d'indicateurs de dangers climatiques | Nombre de fois où les IDC ont été utilisés |
|---|---|---|---|
| Chaleur | 19 | Chaleur extrême, vague de chaleur, température maximale journalière supérieure à 38 °C | 82 |
| Fortes précipitations | 32 | Précipitations de forte intensité, précipitations – 1 heure, 5 ans, jours de précipitations les plus humides | 81 |
| Froid | 21 | Coup de froid, refroidissement éolien <=-30 °C pendant 2 heures et plus | 77 |
| Vent | 26 | Vents violents – rafales de 90 km/h, vents violents – rafales de 120 km/h, vents extrêmes/rafales, vents (derecho/microrafales) | 69 |
| Neige | 17 | Jours avec >10 cm de chute de neige sur une large zone, durée des chutes de neige | 63 |
| Pluie verglaçante/verglas | 9 | Accumulation de verglas, pluie verglaçante, précipitations – verglas – accumulation de 15 mm de verglas | 60 |
| Gel et dégel | 4 | Dégel hivernal, cycles an-1 divisés par 30 +3 °C à -3 °C, cycles de gel-dégel | 43 |
| Littoral | 8 | Élévation du niveau de la mer, ondes de tempête, événements combinés de marée haute, de vents violents et d'élévation du niveau de la mer | 42 |
| Fortes chutes de neige | 12 | 15 cm de neige en 1 jour, 9 jours et plus avec 5 cm et plus de neige, poudrerie/blizzard | 37 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Température moyenne | 14 | Température journalière moyenne, hivers plus chauds | 36 |
| Sécheresse et pénurie d'eau | 7 | Pénuries d'eau, indice d'humidité totale <= 550 mm, sécheresse/période sèche | 36 |
| Pluies prolongées | 8 | Précipitations soutenues, fortes précipitations totales sur 5 jours, précipitations de longue durée | 33 |
| Pluie d'hiver | 10 | Pluie sur la neige, pluie sur le sol gelé | 28 |
| Tempêtes | 18 | Fréquence des tempêtes violentes, des ouragans ou des tempêtes tropicales, des tempêtes extratropicales et des événements d'ouragans | 27 |
| Inondations | 12 | Inondations fluviales/terrestres, littoral – marées hautes 76 m, riverain – 100 ans réglementaire | 25 |
| Foudre | 4 | Foudre – Toute frappe à proximité d'une infrastructure, foudre – densité annuelle la plus élevée | 25 |
| Pluie moyenne | 11 | Précipitations sous forme de pluie, précipitations – saison des crues (élévation élevée), total des précipitations de mars > 60 mm | 22 |
| Givre | 6 | Pénétration du gel, jours de gel | 22 |
| Tornade | 3 | Fréquence des tornades dans une zone de 25 km, fréquence des tornades dans une zone de 50 km | 21 |
| Grêle | 4 | Précipitations (grêle) – 4,5 cm, tempête de grêle, tempête de grêle >19 mm de diamètre | 19 |
| Brouillard | 4 | Brouillard, brouillard épais, brouillard glacé | 19 |
| Variabilité | 7 | Température diurne extrême, variabilité, augmentation de température extrême maximale et durée journalière/mensuelle, variations saisonnières de la température | 17 |
| Feux de forêt/incendies | 6 | Indice de chaleur, de sécheresse et de vent, feux d'herbe, augmentation de température combinée à une augmentation des jours secs et à une augmentation des tempêtes | 16 |
| Autres | 10 | Eau contaminée, acidification des océans, organismes nuisibles et maladies – tiques à pattes noires et maladie de Lyme, jours d'hiver >-11 °C, exposition aux UV – indice UV >=10, séisme – événement de forte | 13 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | magnitude, rayonnement solaire, température de l'eau, coefficient de ruissellement des eaux pluviales lié à l'utilisation des terres | |
| Précipitations moyennes | 4 | Précipitations annuelles, précipitations automnales | 13 |
| Pergélisol | 10 | Gel du sol, indice de dégel du sol, regel des berges | 13 |
| Qualité de l'air | 5 | Pollution atmosphérique, >45 jours d'avis de QA | 11 |
| Autres processus hydrologiques | 7 | Niveau de la nappe phréatique, niveau phréatique, pluie sur sol saturé | 7 |
| Rivières/lacs | 6 | Débit de la rivière/augmentation de la glace, niveau du cours d'eau, débit de l'eau en hiver | 7 |
| Humidité | 3 | Humidité extrême, périodes de forte humidité | 6 |
| Fonte des neiges | 5 | Fonte rapide des neiges, pics de débit dus à la fonte des neiges, crue printanière avec des niveaux d'eau élevés | 6 |

### Horizons temporels

La détermination de l'horizon temporel est un élément important de la définition du champ d'application des évaluations du CVIIP. Les horizons temporels doivent être choisis en fonction de la durée de vie de l'infrastructure évaluée et nécessitent une compréhension des données climatiques et du système évalué. Dans certains cas, les systèmes évalués sont équipés de composants dont les estimations du cycle de vie sont différentes, et les horizons temporels doivent être soigneusement sélectionnés afin de refléter ces différences.

Comme le montre la **Figure 9**, 42 % des évaluations ont utilisé un seul horizon temporel, 46 % deux horizons temporels et un plus petit nombre (11 %) trois horizons temporels ou plus.

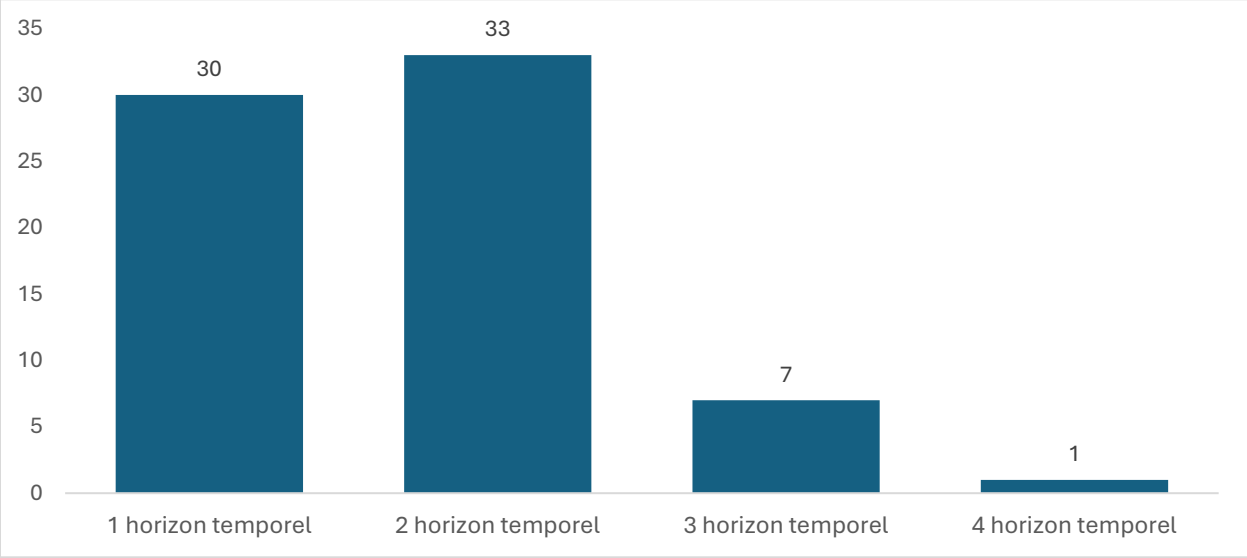



*Figure 9 : Nombre d'évaluations utilisant un nombre spécifique d'horizons temporels*

**Conseils aux praticiens :** Il est souvent plus efficace pour les spécialistes du climat de générer simultanément des projections climatiques pour plusieurs horizons temporels et scénarios d'émissions. Même s'il n'est peut-être pas nécessaire d'établir de multiples horizons temporels pour l'évaluation des risques, ils pourraient être utilisés plus tard pour éclairer la formulation de recommandations plus détaillées. Les spécialistes du climat devraient discuter de l'établissement de projections climatiques en gardant à l'esprit les utilisations futures potentielles avant de choisir un seul horizon temporel ou un seul scénario d'émissions.

La **Figure 10** montre les horizons temporels utilisés. La plupart (76 %) des évaluations incluent l'horizon 2050, suivi de l'horizon 2080 (41 %). Ces horizons sont souvent définis comme étant « à court terme » (années 2030), « à moyen terme » (années 2050) et « à long terme » (années 2080). L'horizon temporel sélectionné doit correspondre au cycle de vie de l'actif et, dans la plupart des cas, cet horizon est indiqué dans le rapport. Dans certains cas, les rapports indiquent que les données climatiques ne sont disponibles que pour des périodes spécifiques et que des ajustements sont nécessaires.

Un petit nombre d'évaluations ont été réalisées en ne tenant compte que des données climatiques historiques, sans inclure les scénarios futurs liés aux changements climatiques. Ces évaluations ont été réalisées en adoptant une approche pilote en 2012 afin de déterminer si la méthodologie du CVIIP pouvait être utilisée pour des évaluations ne tenant compte que des conditions climatiques historiques. Le climat historique et le climat actuel ne sont pas identiques en raison de l'évolution rapide du climat au cours des dernières décennies. Au fur et à mesure que notre compréhension des changements climatiques s'améliore, que les impacts des changements climatiques deviennent plus apparents et que les projections climatiques deviennent plus largement disponibles, il est recommandé d'intégrer les changements climatiques futurs dans les évaluations.

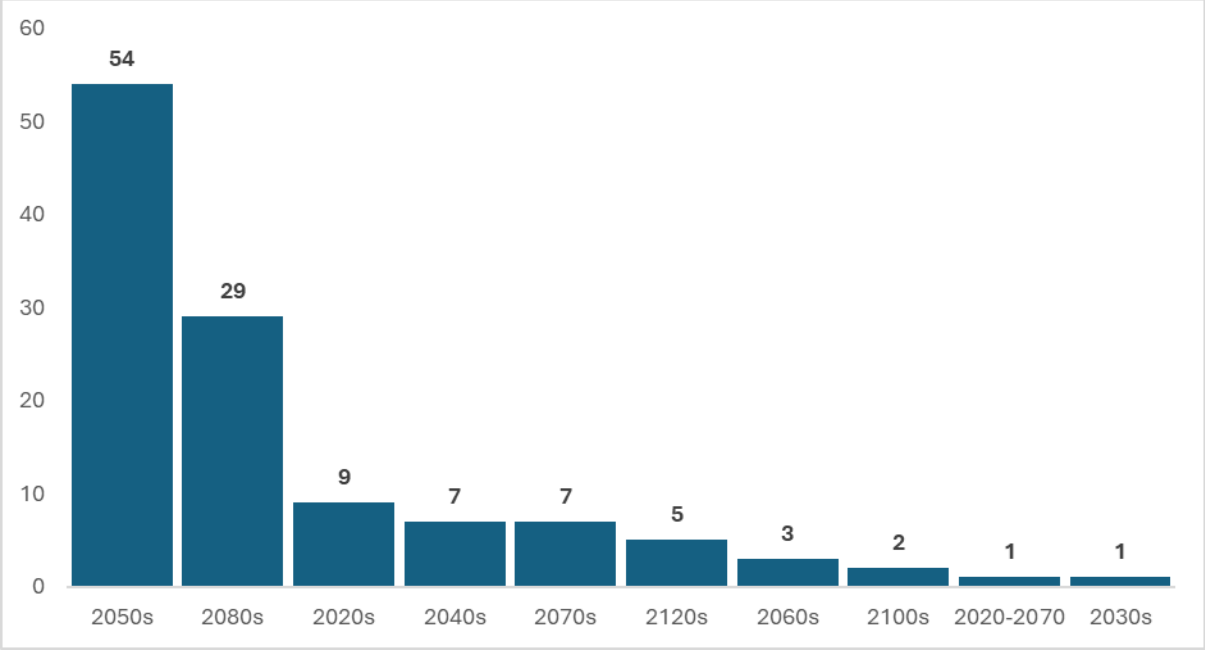



*Figure 10 : Nombre d'évaluations pour chaque horizon temporel de rechange*

Les évaluations doivent utiliser et documenter une période de référence normale pour le climat. La normale climatique doit inclure une période de 30 ans pour comprendre le système climatique,

car une période inférieure à 30 ans peut refléter davantage de variations naturelles, sans favoriser une compréhension globale des tendances des changements climatiques. Dans les évaluations examinées, la période de référence 1981-2010 a été utilisée le plus souvent (21 études), suivie par 1971-2000 (15 études) et 1976-2005 (12 études).

**Conseils aux praticiens :** Les normales climatiques 1991-2020 produites par Environnement et Changement climatique Canada sont en cours d'élaboration et pourront être utilisées pour les évaluations lorsqu'elles seront prêtes. Il peut également être utile de comparer les données observées à l'époque où l'infrastructure a été conçue ou construite. Par exemple, une usine de traitement des eaux usées datant de 1955 pourrait bénéficier de comparaisons aux données de la période de référence 1941-1970. Il ne faut pas oublier que les données historiques ne doivent pas être comparées directement aux projections. Les projections climatiques doivent toujours être comparées aux données historiques modélisées. Voir la page Donneesclimatiques.ca : Comprendre les données historiques pour obtenir plus d'information et consulter un spécialiste qualifié du climat pour les évaluations.

### Scénarios d'émissions

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est la source internationale de renseignements sur les changements climatiques qui a le plus d'autorité. Le GIEC élabore des rapports d'évaluation tous les cinq (5) ans environ, qui traitent de l'état des connaissances sur les changements climatiques, de leurs causes, de leurs impacts potentiels et des options de réponse. Chaque évaluation s'appuie sur un ensemble de modèles climatiques mondiaux qui sont utilisés pour faire des projections sur les changements climatiques futurs. Différents scénarios d'émissions sont utilisés avec les modèles pour évaluer l'éventail des futurs changements climatiques potentiels en fonction des différents niveaux possibles de concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Au fil du temps, les modèles climatiques ont été

améliorés – d'une « génération » de modèles à l'autre – et les méthodes pour établir les scénarios d'émissions ont également évolué.

La plupart des évaluations du CVIIP examinées dans le cadre de cette méta-analyse ont été réalisées lorsque les projections climatiques disponibles provenaient des générations de modèles utilisées pour le « cinquième Rapport d'évaluation » (RE-5) du GIEC ou pour le « sixième Rapport d'évaluation » (RE-6) du GIEC. Lors du passage de la génération RE-5 à la génération RE-6 de modèles, les scénarios d'émissions utilisés pour appliquer les modèles ont également changé, passant de l'approche du profil représentatif d'évolution de concentration (RCP) à l'approche du profil socioéconomique partagé (SSP).

Parmi les RCP et SPP, le RCP 8,5 et le SSP5-8,5 sont respectivement les scénarios d'émissions les plus élevés. Puisque ces deux scénarios reflètent le mieux les niveaux d'émissions mondiaux à ce jour, on les appelle souvent des scénarios « du statu quo », mais cette terminologie n'est pas recommandée. Dans les évaluations du CVIIP fondées sur les modèles de la génération RE5 ou RE6, le RCP 8.5 et le SSP5-8.5 ont été les scénarios d'émissions les plus couramment utilisés, respectivement (voir la **Figure 11**). Parmi les évaluations qui précisent le(s) scénario(s) d'émissions choisi(s), la plupart (69 %) s'appuient sur un seul scénario (généralement 8,5). Sur les 31 % qui ont utilisé plusieurs scénarios d'émissions, la plupart ont utilisé une combinaison des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.

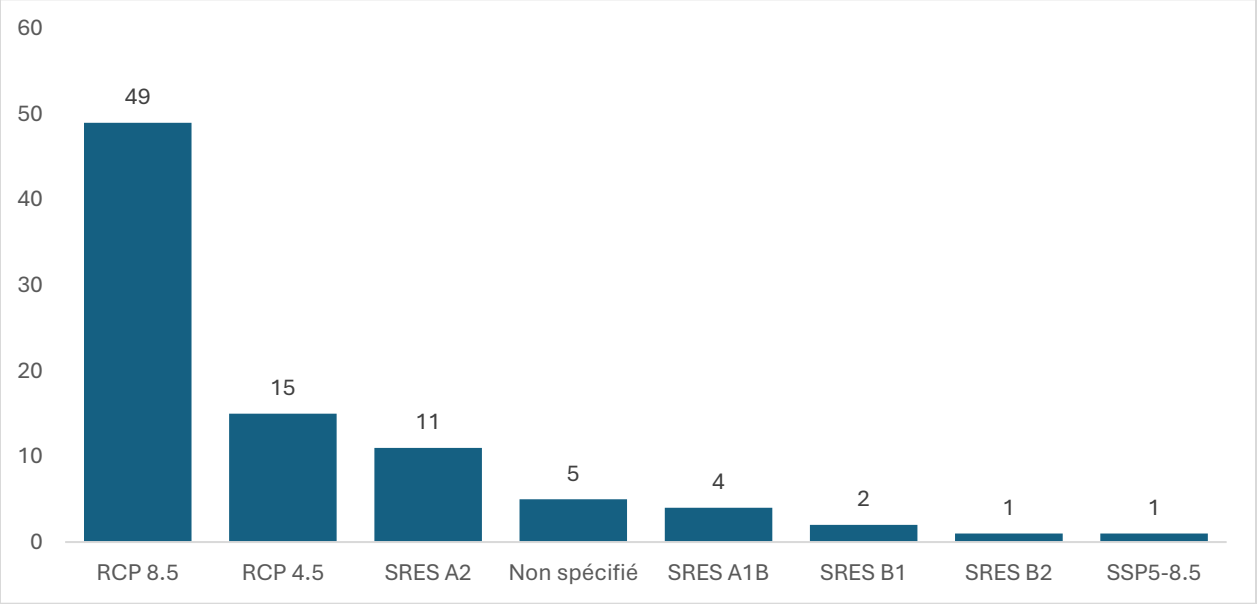



*Figure 11 : Scénarios d'émissions utilisés dans les évaluations*

**Conseils aux praticiens :** La plupart des évaluations devraient appliquer, au minimum, le profil de concentration de gaz à effet de serre le plus élevé. Dans le RE6, il s'agit du SSP5-8.5. Ces scénarios d'émissions élevées entraînent généralement le plus grand nombre de changements climatiques futurs prévus par rapport aux conditions historiques modélisées. Ils constituent donc un bon choix si vous avez l'intention de soumettre le système à un « test de résistance », ce qui permet d'établir le risque maximal. Cependant, l'utilisation d'une série de scénarios de gaz à effet de serre peut également être bénéfique pour la planification de l'adaptation, en obligeant, par exemple, à prendre en compte de manière plus explicite les sensibilités et les réponses du système dans le contexte d'une série de conditions plausibles. Peu importe le nombre de scénarios de gaz à effet de serre utilisés, les évaluations doivent, en règle générale, faire appel à des ensembles à multiples modèles. Pour obtenir plus d'information, voir Donnéesclimatiques.ca : Comprendre les

ensembles multimodèles [5] et Comprendre les trajectoires communes d'évolution socio-économique (SSP)[6].

### Visites de sites

Cinquante-sept pour cent (57 %) des évaluations examinées comprenaient une visite de site. Les visites de sites peuvent être très utiles pour comprendre le système et parler franchement avec le personnel local de la façon dont le système a fonctionné dans le passé, des caractéristiques de vulnérabilité et de la façon dont il a réagi aux événements extrêmes précédents. Ces visites permettent souvent de voir les systèmes, de prendre des photos et de poser des questions. Certaines études ont noté qu'une visite du site n'était pas nécessaire, car le personnel avait une expérience pratique de la conception, de l'exploitation et de l'entretien de l'actif évalué, et y participait de manière significative. Dans cet exemple, l'équipe d'évaluation a estimé que la participation d'un personnel compétent à la collecte de données, aux entretiens et aux ateliers était suffisante.

**Conseils aux praticiens :** Lorsqu'une visite de site n'est pas possible, il est fortement recommandé d'obtenir des renseignements pertinents au niveau local par d'autres méthodes, notamment des entretiens avec le personnel opérationnel, des sondages et l'examen de photographies du site.

[5] https://donneesclimatiques.ca/interactive/comprendre-les-ensembles-multimodeles

[6] https://donneesclimatiques.ca/ressource/comprendre-les-trajectoires-communes-devolution-socioeconomique-ssp

## Ateliers

Le Protocole du CVIIP s'est toujours appuyé sur des ateliers pour obtenir de la rétroaction et des points de vue sur les risques. Un ou plusieurs ateliers ont été organisés pour 80 % des évaluations examinées, comme le montre la **Figure 12**. Sur les 20 % d'études qui ne comportaient pas d'atelier, la plupart ont été réalisées depuis 2020. Les rapports ont cerné trois raisons principales pour lesquelles aucun atelier n'a été organisé : les contraintes attribuables à la pandémie de COVID-19 (et les ateliers virtuels n'étaient pas possibles non plus), le manque de temps ou de ressources (en particulier pour les évaluations préalables de haut niveau) et le manque de capacité du personnel des propriétaires d'infrastructures.

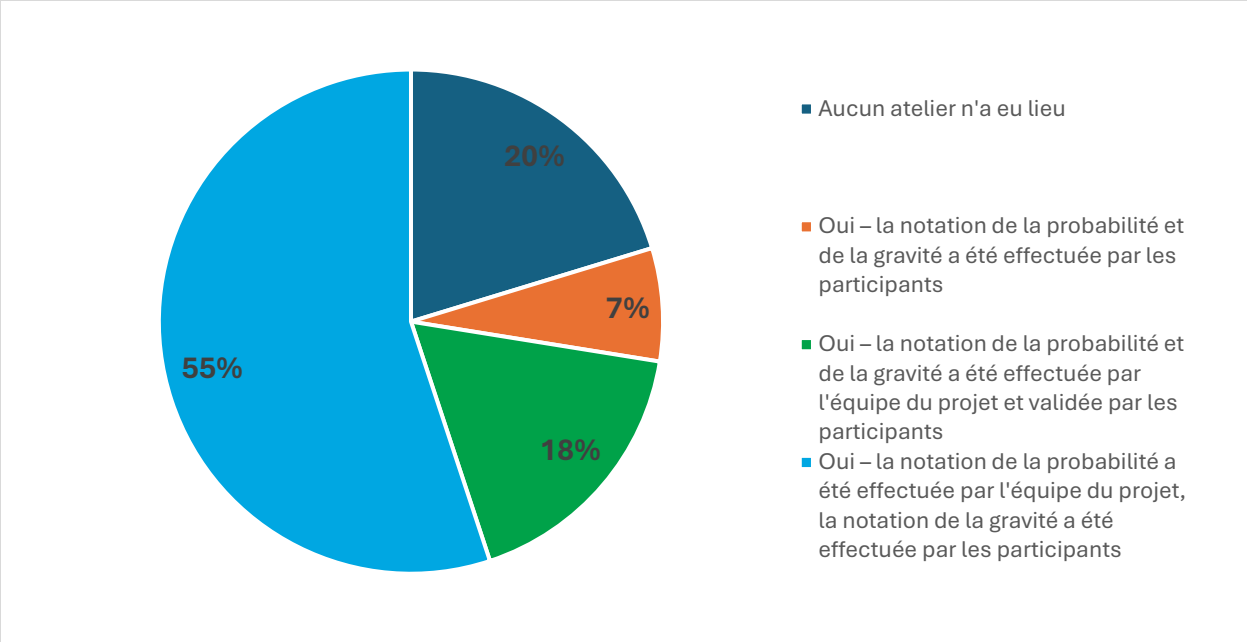



*Figure 12 : Type de participation aux ateliers*

Dans la plupart des cas, les ateliers ont été organisés une fois l'analyse des données climatiques achevée et les scores de vraisemblance attribués. La notation de la gravité de l'impact était

généralement au cœur des ateliers. La notation de la gravité dans les ateliers a été utilisée pour 44 des 71 évaluations. Douze évaluations ont été examinées dans lesquelles l'équipe de projet (généralement des consultants embauchés par le propriétaire de l'infrastructure) a procédé à la notation des risques en l'absence d'un atelier et a validé ces résultats. Dans un petit nombre de cas, la notation de la vraisemblance a également été réalisée par les participants à l'atelier, généralement selon une analyse des données climatiques. Plusieurs évaluations indiquent que des ateliers supplémentaires ont été organisés une fois la notation terminée, afin de soutenir l'élaboration de recommandations et la planification de l'adaptation.

La moitié des rapports examinés mentionnent les noms et les titres des participants (ou « parties intéressées ») ou les types de participants impliqués dans l'évaluation, y compris ceux qui ont assisté aux ateliers. Ces participants ont été classés et résumés dans la **Figure 13**. Ces valeurs ne représentent pas le nombre de participants, car certaines évaluations peuvent compter plusieurs participants dans la même catégorie. Les participants les plus fréquemment cités sont les professionnels dans les domaines techniques ou de l'ingénierie, suivis des professionnels de la science climatique, ainsi que de l'exploitation et de la maintenance. Plusieurs évaluations ont identifié des participants uniques qui ne sont pas souvent inclus, comme des spécialistes en matière d'invalidité ou des experts de la qualité de l'eau. La variété des types de participants est un échantillon de la diversité des expertises et des détenteurs de connaissances qui peuvent être mobilisés dans le cadre du processus. Il n'y a pas de limites quant au nombre de participants ou au type d'expertise requis. Tout cela doit refléter le champ d'application du projet et les résultats escomptés.

Tous les entretiens réalisés ont soulevé la mobilisation, y compris les ateliers, comme l'un des aspects les plus bénéfiques de la réalisation d'une évaluation du CVIIP (voir la section 5). La mobilisation au sein d'une organisation et avec d'autres parties intéressées permet non seulement

de mieux comprendre les impacts grâce à une expérience concrète, mais aussi d'accroître la sensibilisation aux changements climatiques et la capacité d'adaptation des participants.

**Conseils aux praticiens :** La méthodologie du CVIIP a été élaborée selon le principe de la sollicitation d'experts, reconnaissant les difficultés, voire l'impossibilité, d'obtenir des données très pertinentes pour évaluer de manière quantifiable les impacts du climat sur les infrastructures. L'expérience et les connaissances collectives des parties intéressées réunies pour l'atelier visent à combler ces lacunes. Les connaissances locales et la compréhension du système évalué sont inestimables pour compléter les connaissances générales sur les impacts des changements climatiques. Les évaluations du CVIIP réalisées sans l'aide d'un atelier ou, à tout le moins, sans l'examen approfondi et la validation par des représentants locaux connaissant bien le système à l'étude, pourraient négliger des considérations importantes et nuire à la qualité des résultats. L'atelier est un forum important qui permet de rassembler des expertises, des perspectives et des points de vue différents.

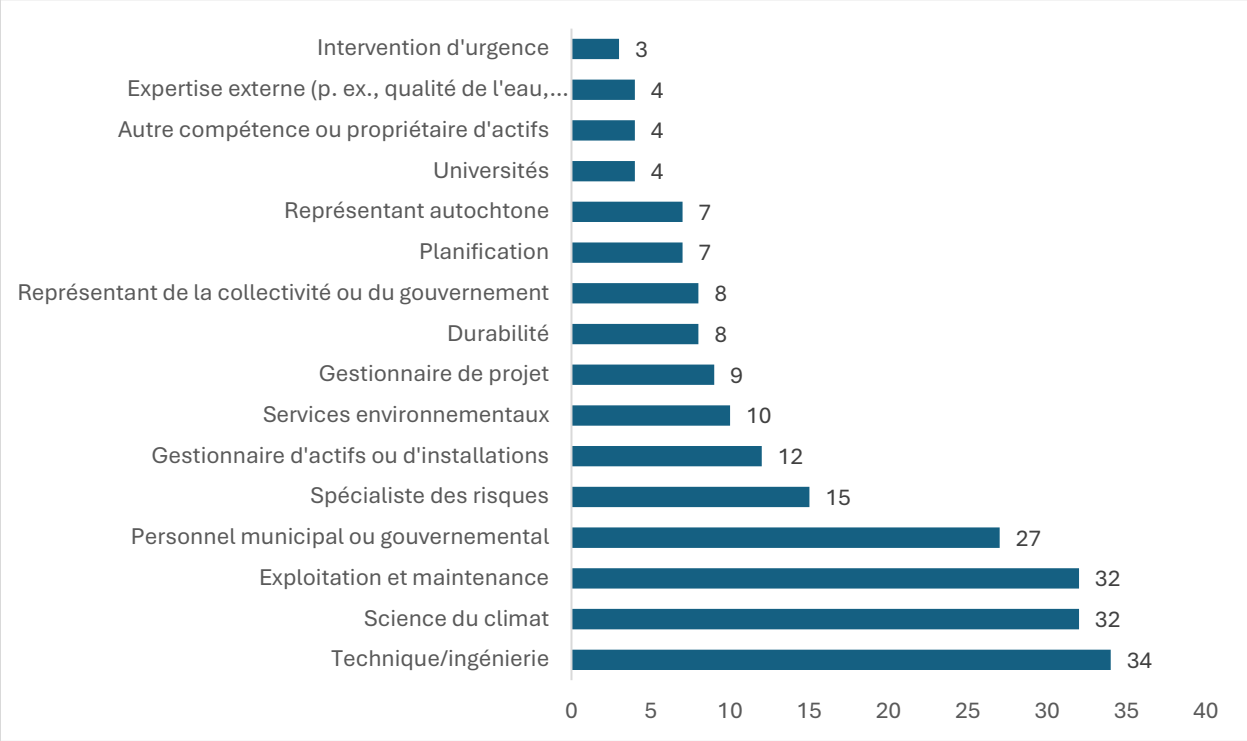



*Figure 13 : Nombre d'évaluations, incluant chaque type de participation*

## Notation des risques

Le Protocole du CVIIP fournit des exemples de méthodes de notation des seuils de vraisemblance, de conséquence et de risque, y compris des espaces prévus pour les définitions pour chaque niveau des échelles ordinales données à titre d'exemple. Il convient de noter que dans les versions précédentes du Protocole du CVIIP, le terme « vraisemblance » désignait la probabilité et le terme « conséquence » désignait la gravité de l'impact. Les tableaux suivants montrent la proportion d'évaluations du CVIIP qui ont utilisé chacune des méthodes de notation fournies par le Protocole, ou des méthodes tirées/adaptées des exemples du Protocole. Ces résultats montrent que la plupart des praticiens ont adopté d'emblée (sans les adapter) les exemples fournis par le protocole.

*Tableau 4: Définitions de la vraisemblance*

| Méthode de notation | Définitions de la notation | Nombre d'études (%) |
|---|---|---|
| **Méthode A – définitions qualitatives** | 0 = Négligeable, sans objet<br>1 = Très improbable, improbable<br>2 = Mince possibilité<br>3 = Possible, occasionnel<br>4 = Un peu probable, normal<br>5 = Probable, fréquent<br>6 = Probable, souvent<br>7 = Très probable, vers la certitude | 48 (40 %) |
| **Méthode B – probabilité** | 0 = <0,1 % / <1 sur 1 000<br>1 = 1 % / 1 sur 100<br>2 = 5 % / 1 sur 20<br>3 = 10 % / 1 sur 10<br>4 = 20 % / 1 sur 5<br>5 = 40 % / 1 sur 2,5<br>6 = 70 % / 1 sur 1,4<br>7 = >99 % / >1 sur 1,01 | 23 (19 %) |
| **GEPHN du CVIIP Conditions de base médianes** | 1 = Surviendra probablement moins souvent que le climat actuel<br>2 = ↑<br>3 = Surviendra probablement aussi souvent que le climat actuel<br>4 = ↓<br>5 = Susceptible de se produire plus souvent que le climat actuel | 19 (16 %) |
| **Autre méthode** | Exemple :<br>1 = >1 en 50 ans/très improbable, improbable<br>2 = 1 fois sur 10 à 1 fois sur 50 ans/mince possibilité<br>3 = 1 fois sur 1 an à 1 fois sur 10 ans/possible, occasionnel<br>4 = 10 par an à 1 par an/un peu probable, normal<br>5 = >10 par an/probable, fréquent | 31 (26 %) |

**Conseils aux praticiens :** Si les définitions de la méthode A, de la méthode D, de la méthode E et du GEPHN peuvent servir de points de départ raisonnables aux praticiens pour établir des méthodes de notation adaptées à leur contexte et à leur objectif, il peut s'avérer nécessaire d'ajuster les échelles. Les définitions utilisées pour décrire chaque niveau de vraisemblance, de conséquence ou de risque doivent utiliser des éléments descriptifs qui les rendent non ambigus (c'est-à-dire pour que le même score soit interprété de la même manière par chaque membre de l'équipe d'évaluation et par toute autre personne qui pourrait avoir besoin d'utiliser les résultats de l'évaluation à une date ultérieure). Par exemple, des termes comme « modéré » sont très subjectifs et les participants aux évaluations doivent s'entendre sur une définition et un exemple de ce que signifie un tel terme. Ces définitions sans ambiguïté doivent être documentées dans le rapport afin de clarifier les raisons de la notation. Les exemples d'autres définitions de notation peuvent servir d'inspiration.

*Tableau 5: Méthodes d'évaluation des conséquences*

| Définitions de la notation | Nombre d'études (%) | Méthode de notation |
|---|---|---|
| **Méthode D** | 0 = Aucun effet<br>1 = Mesurable<br>2 = Mineur<br>3 = Modéré<br>4 = Majeur<br>5 = Grave<br>6 = Dangereux<br>7 = Catastrophique | 34 (47 %) |
| **Méthode E** | 0 = Négligeable, sans objet<br>1 = Très faible, quelques changements mesurables<br>2 = Faible, légère perte de service<br>3 = Perte modérée de service<br>4 = Perte majeure de service, perte partielle de service<br>5 = Perte de capacité, perte partielle de fonction<br>6 = Majeur, perte de fonction<br>7 = Extrême, perte de biens | 5 (7 %) |

| | | |
|---|---|---|
| **Évaluation préalable de haut niveau du CVIIP** | 1 = Très faible<br>2 = Faible<br>3 = Modéré<br>4 = Élevé<br>5 = Très élevé | 3 (4 %) |
| **Autre méthode (définitions simplifiées)** | Exemple :<br>0 - Aucun d'effet<br>1 - Insignifiant<br>2 - Mineur<br>3 - Modéré<br>4 - Majeur<br>5 - Catastrophique | 22 (31 %) |
| **Autre méthode (définitions détaillées)** | Exemple :<br>Effets physiques sur le système : perturbations physiques de la transmission, de la distribution ou d'autres actifs.<br>Déploiement des opérations et de la maintenance : personnel ou ressources nécessaires pour régler les perturbations des opérations.<br>Rétablissement de la charge : le temps nécessaire pour rétablir le service électrique aux clients lors d'une panne.<br>Perte financière : coûts de restauration pour traiter les conséquences (par exemple, coût de réparation ou de remplacement d'un actif).<br>Santé et sécurité du personnel : réduction de la capacité de travail ou blessures liées aux événements climatiques. | 8 (11 %) |

*Tableau 6: Seuils de tolérance au risque – Méthodes de notation*

| Définitions de la notation | Nombre d'études (%) | Méthode de notation |
|---|---|---|
| **Protocole du CVIIP – Échelle en sept points** | <12 = Risque faible<br>12-36 = Risque modéré<br>>36 = Risque élevé<br>7 = Cas particulier | 31 (42 %) |
| **GEPHN du CVIIP – Échelle en cinq points** | 1-9 = Risque faible<br>10-16 = Risque modéré<br>>16 = Risque élevé<br>5 = Cas particulier | 17 (23 %) |
| **Autre méthode** | Exemple :<br>≤ 5, Faible : aucune mesure requise. | 25 (34 %) |

| | | |
|---|---|---|
| | 6 à 12, Modéré : surveillance recommandée; des mesures peuvent être requises si la menace se matérialise; une analyse plus détaillée peut être nécessaire.<br>15 à 25, Élevé : mesures requises; attention immédiate si le risque survient dans le contexte du climat actuel; planification de l'adaptation nécessaire si le risque survient dans le contexte des projections climatiques futures. | |

## Facteurs influençant la vulnérabilité et la résilience

Cette section présente les caractéristiques communes établies qui rendent les systèmes et les éléments d'infrastructure plus ou moins vulnérables aux conditions météorologiques violentes et aux impacts des changements climatiques au Canada. Ces caractéristiques sont classées dans les catégories suivantes : état, conception et fonctionnalité, intervention en cas d'urgence, politique et gouvernance, et géographie, paysage et utilisation des terres. Ces catégories s'alignent sur les critères de réponse liée à la performance du Protocole, car elles contribuent elles aussi à fournir une base pour l'établissement des critères de risque et l'analyse des conséquences; toutefois, les catégories présentées ici comprennent les caractéristiques de sensibilité (c.-à-d. une vulnérabilité en hausse) et de résilience (c.-à-d. une vulnérabilité en baisse) qui déterminent la réponse liée à la performance. En d'autres termes, ces caractéristiques aident à comprendre comment les infrastructures pourront s'adapter et maintenir un niveau de service lorsqu'elles sont soumises à des contraintes dues à des conditions météorologiques extrêmes et aux changements climatiques.

Les définitions suivantes sont décrites dans le volume 5 du Protocole du CVIIP (2024) et sont fournies dans la méta-analyse pour donner un contexte et améliorer la compréhension. Pour obtenir plus d'information, consultez le document d'accompagnement sur le vocabulaire.

**Vulnérabilité de l'ingénierie :** Insuffisance de la capacité des infrastructures publiques à faire face aux effets négatifs, et à bénéficier des effets positifs, des changements dans les conditions climatiques utilisées pour concevoir et exploiter les infrastructures.

**Vulnérabilité** : Propension ou prédisposition à subir des dommages.

**Résilience** : Capacité des systèmes sociaux, économiques et écologiques interconnectés à faire face à un événement, une tendance ou une perturbation dangereux, en réagissant ou en se réorganisant de manière à maintenir leur fonction essentielle, leur identité et leur structure. La résilience est un aspect positif lorsqu'elle maintient la capacité d'adaptation, d'apprentissage ou de transformation.

Cette méta-analyse a tenté de généraliser ces caractéristiques afin qu'elles ne soient pas trop spécifiques à un type d'actif ou d'emplacement. Il existe quelques exceptions, comme les infrastructures côtières situées sous le niveau de la mer.

**Conseils aux praticiens :** Les caractéristiques de vulnérabilité et de résilience des systèmes d'infrastructure présentées dans ce rapport peuvent servir de soutien supplémentaire pour établir et caractériser la vulnérabilité et la résilience des systèmes dans les évaluations futures. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive applicable à tous les systèmes, mais elle peut donner des idées ou soulever des considérations susceptibles d'être approfondies.

### État

L'état de l'actif peut augmenter ou diminuer la vulnérabilité aux changements climatiques. Les caractéristiques qui conduisent à un mauvais état et à des problèmes de performance peuvent accroître la vulnérabilité de l'infrastructure. Inversement, les actifs en bon état sont souvent plus résilients aux changements climatiques. Le **Tableau 7** décrit les caractéristiques liées à l'état des actifs établies par les évaluations du CVIIP comme contribuant à la vulnérabilité du ou des systèmes concernés.

*Tableau 7: Caractéristiques liées à l'état fréquemment répertoriées par les évaluations du CVIIP comme influençant la vulnérabilité*

| Caractéristique | Description |
|---|---|
| **Augmente la vulnérabilité** | |
| **Vieillissement et détérioration connexe** | Bon nombre des actifs évalués arrivent à la fin de leur durée de vie utile, ou la dépassent, et subissent une détérioration liée à l'âge, ce qui réduit leur capacité à fournir des services. Des problèmes comme les fuites, les dommages aux fondations et l'instabilité structurelle sont courants. Les évaluations qui ont permis d'établir les actifs ayant dépassé leur durée de vie utile prévue mettent souvent en évidence une plus grande vulnérabilité aux changements climatiques.<br>**Exemple :** L'évaluation de la Première Nation de Yellow Quill, réalisée à l'aide du rapport 2017 du Système de rapports sur la condition des biens (SRCB), a révélé que certains biens essentiels étaient classés dans la partie inférieure de la fourchette « passable » et caractérisés comme montrant des signes de détérioration et de sous-performance. Le même rapport du SRCB indiquait que les lacunes cernées |

| | |
|---|---|
| | pouvaient s'aggraver en l'absence d'intervention. Pour les périodes futures (dans le cadre des changements climatiques), l'évaluation du CVIIP a donc attribué des scores de risque élevé à de nombreux composants pour lesquels le SRCB a établi des scores d'état « passable » au moment où l'évaluation du CVIIP a été réalisée. |
| **Dommages causés par les processus hydrologiques (inondations, érosion, dégel du pergélisol)** | Les zones situées près des rivières, au-dessous du niveau de la mer, au niveau de la mer ou près du niveau de la mer, dans les zones de pergélisol, ou faisant l'objet d'un mauvais drainage peuvent être confrontées à des défis permanents, notamment les inondations, l'intrusion d'eau salée, l'érosion et l'instabilité. Certaines structures, comme les brise-lames et les pierres armées, contribuent à atténuer les inondations côtières, mais l'érosion et l'instabilité demeurent préoccupantes, en particulier dans le contexte de l'évolution des conditions climatiques. Lorsque les actifs sont historiquement ou fréquemment exposés aux impacts des processus hydrologiques, leur état peut se détériorer plus rapidement et ils peuvent devenir plus vulnérables à l'intensification des dangers hydrologiques ou à d'autres dangers climatiques, notamment les vents extrêmes.<br>**Exemple 1 :** Une évaluation menée à Placentia, à Terre-Neuve, qui se trouve près du niveau de la mer, a mis en évidence des problèmes d'érosion dans certaines parties du brise-lames en raison de l'action continue des vagues, dont certaines dépassent parfois le brise-lames, compromettant ainsi son état et sa fonctionnalité.<br>**Exemple 2** : L'aéroport de Saint John, au Nouveau-Brunswick, a enregistré des inondations en 2019 et 2020 en raison de précipitations extrêmes, d'épisodes de fonte de neiges abondantes et du débordement |

| | |
|---|---|
| | des berges de la rivière Mispec, qui coule au sud et à l'est de l'aéroport. Le rapport indique que l'augmentation prévue des précipitations extrêmes et de la fonte rapide des neiges pourrait également accroître les inondations de la rivière Mispec et les impacts sur les infrastructures aéroportuaires. L'évaluation a donné lieu à 47 interactions à risque élevé, dont 6 associées aux inondations riveraines et terrestres et 24 aux précipitations extrêmes. Les risques les plus élevés étaient liés à l'inondation de la piste et des infrastructures aéroportuaires, entraînant des interruptions potentielles des horaires de vol, des besoins accrus en matière de maintenance et des incidences sur la santé et la sécurité du personnel. |
| **Manque d'entretien/de ressources d'entretien** | L'entretien de routine est l'un des facteurs les plus importants de l'état des infrastructures. Alors que seules quelques études font état d'un manque d'entretien comme facteur de détérioration de l'état des actifs et, par conséquent, d'une augmentation de la vulnérabilité aux dangers climatiques, la plupart des études présentent des recommandations pour améliorer les activités d'exploitation et maintenance (E&M) (voir section 3.3). Ce manque d'entretien est souvent attribuable à des ressources limitées (notamment en ce qui concerne le financement et les ressources humaines) qui peuvent retarder les réparations et les travaux d'amélioration, un facteur qui augmente la vulnérabilité soulignée dans de nombreuses études de cas.<br>**Exemple** : Lors d'un entretien avec le personnel de PortsToronto, les membres du personnel ont déclaré être surpris que l'évaluation n'ait pas répertorié d'interactions à risque élevé en raison, en partie, du mauvais état des actifs à cause d'une combinaison d'actifs approchant la fin de leur vie utile et d'un manque de maintenance proactive. Certaines contraintes de capacité ont exigé que les activités d'E&M |

| | |
|---|---|
| | soient réalisées de manière plus réactive. Cela comprend une réduction importante de la main-d'œuvre depuis la pandémie COVID-19. Cependant, à l'issue de l'évaluation, PortsToronto a reconnu qu'il fallait faire davantage pour intégrer les considérations climatiques dans les activités d'E&M et adopter une approche plus proactive de la gestion des risques climatiques. |
| **Renforce la résilience** | |
| **Améliorations ou remplacements** | Les travaux d'amélioration réalisés ou prévus peuvent améliorer l'état des infrastructures. Ces efforts impliquent des mesures proactives, notamment le remplacement des systèmes CVC vieillissants, l'amélioration des toitures, l'installation de luminaires à haut rendement énergétique et l'intégration de technologies modernes. La mise en œuvre de ces initiatives permet de moderniser les systèmes d'infrastructure, de les rendre plus efficaces sur le plan énergétique et d'améliorer leur fonctionnalité globale, ce qui se traduit par une meilleure performance et une plus grande longévité dans le contexte de conditions climatiques et de dangers qui ne cessent d'évoluer.<br>**Exemple 1 :** Le tronçon Yellowhead de l'autoroute 16 a été l'un des quelques tronçons de l'autoroute choisis par le ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique (MOTI) pour déterminer si l'un de ses composants présentait un risque de défaillance, de perte de service ou de dommages dus à des événements climatiques extrêmes. L'évaluation a montré que le tronçon Yellowhead était relativement robuste et n'a pas cerné d'interactions à risque élevé. Il a été noté que cela |

| | |
|---|---|
| | était en partie attribuable à la maturité de l'autoroute et à sa réhabilitation continue tout au long de sa durée de vie, donnant lieu à des degrés élevés de résilience. |
| **Maintenance, inspections et surveillance continue** | Les activités de surveillance, d'inspection et de maintenance en cours sont notées dans toutes les évaluations afin de s'assurer que l'infrastructure demeure dans un état optimal en traitant les problèmes mineurs avant qu'ils ne se transforment en problèmes plus importants.<br>**Exemple 1** : Certains actifs des autoroutes 6 et 39 en Saskatchewan ont été considérés comme étant en bon état de fonctionnement grâce aux programmes permanents de surveillance, d'entretien et de remplacement du ministère des Autoroutes et des Infrastructures de la Saskatchewan. L'évaluation des autoroutes 6 et 39 de la Saskatchewan a permis de répertorier 48 interactions à risque élevé pour les actifs proposés et existants. Toutefois, le rapport indique que la plupart des scores de risque élevé sont dus à des scores de vraisemblance élevés et qu'aucune des interactions n'avait un score de gravité supérieur à 3. Les scores de gravité étaient plus faibles, en partie grâce aux mesures d'atténuation des risques déjà mises en place par le ministère des Autoroutes et des Infrastructures de la Saskatchewan pour les événements climatiques. Par exemple, en réponse aux variations de température en hiver, le personnel d'exploitation et de maintenance (E&M) nettoie les ponceaux de drainage en utilisant des méthodes comme la vapeur et les procédures de fonctionnement sécuritaire pour le travail avec de la chaleur. Les recommandations visant à réduire les risques liés à l'exploitation et à la maintenance incluent la continuité des services puisque les actifs sont déjà en bon état de fonctionnement grâce aux programmes permanents de surveillance, d'entretien et de remplacement mis en place par le ministère. |

## Conception et fonctionnalité

La plupart des infrastructures construites au Canada ont été conçues selon des données climatiques historiques. Avec l'évolution des conditions climatiques, les capacités structurelles et fonctionnelles des systèmes d'infrastructure sont plus susceptibles d'être dépassées en raison des dangers climatiques ou de diminuer plus rapidement au fil du temps en raison de l'augmentation des intempéries. Par conséquent, les conditions climatiques changeantes peuvent compromettre l'intégrité structurelle et la capacité fonctionnelle des systèmes d'infrastructure, réduisant leur capacité à fonctionner comme prévu.

*Tableau 8: Caractéristiques de conception et de fonctionnalité fréquemment cernées par les évaluations du CVIIP comme influençant la vulnérabilité*

| Caractéristique | Description |
|---|---|
| **Augmente la vulnérabilité** | |
| **Capacités de conception et de charge insuffisantes** | De nombreuses évaluations soulignent que les capacités de charge des infrastructures peuvent être insuffisantes pour faire face à l'augmentation prévue de la fréquence et de l'ampleur des événements extrêmes ou à l'évolution des conditions moyennes.<br>**Exemple 1 :** La capacité de drainage des routes ou des pistes pour résister à des précipitations extrêmes, comme l'indiquent les évaluations des eaux pluviales de la ville de Vernon et de l'aéroport Mike Zubko, et les charges de refroidissement des bâtiments pendant une vague de chaleur, qui augmentent la vulnérabilité dans les évaluations de trois bâtiments publics d'Infrastructure Ontario et de l'Hôpital général régional de Nanaimo (NRGH). |
| **Emplacement de l'actif sur le site** | L'emplacement d'un actif sur le site a été associé à des vulnérabilités dans de nombreuses évaluations. De plus, les actifs dont l'accessibilité est limitée laissent entrevoir des difficultés potentielles pour effectuer rapidement des travaux d'entretien ou de réparation, en particulier en cas d'urgence. Parmi les emplacements sur le site qui peuvent accroître la vulnérabilité, on |

| | |
|---|---|
| | peut citer les systèmes électriques qui se trouvent dans un sous-sol, la hauteur des actifs au-dessus ou au-dessous du niveau de la mer, les composants qui se trouvent à l'extérieur, dont des arbres, des lignes de transmission et des stations de relevage.<br>**Exemple :** La ville d'Altona, au Manitoba, a réalisé une évaluation de la résilience des infrastructures de drainage existantes et proposées de la ville en vue de présenter une demande de financement dans le cadre du programme d'Infrastructures vertes, sous le volet Adaptation, résilience et atténuation des catastrophes. L'évaluation a permis de répertorier 27 risques élevés pour les années 2050, et 31 pour les années 2080. Dans les deux cas, un risque élevé résulte de l'interaction entre le panneau électrique de la station de relevage proposée et la foudre, en raison de l'augmentation prévue de l'intensité des tempêtes. La station de relevage proposée est vulnérable parce qu'elle est conçue pour être située à l'extérieur, contrairement à la station de relevage existante, qui ne présente pas de risque élevé et qui est protégée dans un bâtiment. |
| **Matériaux de construction** | L'utilisation de certains matériaux de construction, notamment les toitures métalliques, les bardeaux d'asphalte, les bardages en vinyle et les charpentes en bois, bien que courante, peut contribuer à la vulnérabilité au fil du temps en raison des intempéries, de la décomposition et des faiblesses structurelles. Cette caractéristique, bien qu'importante à prendre en compte, n'a pas donné lieu à des interactions à risque élevé dans les évaluations, en partie en raison de la nature à long terme de l'impact qui peut être atténué par l'exploitation et la maintenance (E&M).<br>**Exemple** : Hydro Ottawa a fait part de ses préoccupations concernant la fissuration et le fendillement des matériaux, par exemple des matériaux à base de polymères, causés par le stress thermique et les cycles de gel et de dégel.<br>**Exemple :** L'évaluation des vulnérabilités de l'ingénierie des infrastructures publiques de Toronto Hydro-Electric System a cerné des risques particuliers de faible gravité et de probabilité élevée de poudrerie et de fortes chutes de neige. Au fil du temps, les sels de déglaçage peuvent altérer les actifs, réduisant ainsi la performance, la durabilité et la résilience de l'infrastructure électrique. Cependant, en raison de la lenteur de l'altération, l'exploitation et la maintenance continues peuvent atténuer les impacts si on leur accorde la priorité. |

| | |
|---|---|
| **Drainage insuffisant** | Les systèmes de drainage inadéquats, notamment les ponceaux, les rigoles et les fossés, exacerbent les problèmes d'inondation lors des précipitations de forte intensité. Le manque d'infrastructures de drainage adéquates peut entraîner l'accumulation d'eau, l'érosion et l'endommagement des routes, de la végétation et des sentiers adjacents.<br>**Exemple :** L'aéroport Mike Zubko, dans les Territoires du Nord-Ouest, a mis en évidence la formation de flaques d'eau à l'intersection d'une voie de circulation et de la piste parce que le drainage naturel de la surface était bloqué par l'infrastructure. Un mauvais drainage n'est pas seulement une préoccupation d'inondation, il peut aussi accélérer le dégel du pergélisol. Ces préoccupations ont conduit à une interaction à risque modéré, car l'aéroport a reconnu l'importance d'un drainage adéquat et, au moment de l'évaluation, réalisait des travaux d'amélioration du drainage de surface, notamment en installant de nouvelles bermes et de nouveaux ponceaux. |
| **Renforce la résilience** | |
| **Protection des actifs** | La résilience s'améliore si l'actif intègre un élément de protection, comme des brise-lames, des digues et une protection contre la foudre.<br>**Exemple :** Au début des années 1990, la ville de Placentia a construit un brise-lames parallèle à la plage principale en réponse à de multiples inondations. Le rapport indique que depuis la construction du brise-lames, il n'y a pas eu d'inondations dans le centre-ville de Placentia. |
| **Systèmes de soutien supplémentaires** | Certaines infrastructures comportent des équipements redondants, comme les stations de relevage des égouts dotées de plusieurs pompes fonctionnant selon un système en service et en attente, ou les bâtiments dotés de systèmes de ventilation supplémentaires. Cette redondance améliore la résilience en fournissant des capacités de secours en cas de défaillance de l'équipement. |

| | |
|---|---|
| | **Exemple** : Le district de Tofino a entrepris une évaluation selon l'Optique des changements climatiques sur la conception de l'usine de traitement des eaux usées proposée, les améliorations du transport, les améliorations de l'émissaire et l'installation de traitement des résidus. La station a été conçue à l'origine pour résister aux débits de pointe de temps de pluie jusqu'en 2040, avec un espace et une capacité de canalisation supplémentaire pour les années 2060. L'évaluation n'a répertorié que des interactions à risque modéré-faible pour les ouvrages de prises d'eau et les stations de pompage face à l'augmentation des précipitations journalières maximales, car les deux systèmes ont été conçus avec une redondance à 100 %. Il s'agissait notamment d'améliorer les stations de pompage existantes et d'ajouter une autre station de pompage et des conduites de refoulement, ainsi que des tamis et des unités de dessablage conçus pour les débits de pointe futurs et de clarificateurs secondaires dans les eaux d'amont. |
| **Équipements de sécurité** | De nombreux bâtiments sont équipés de dispositifs de sécurité, notamment des détecteurs de fumée, des avertisseurs d'incendie, des systèmes de gicleurs, des extincteurs, des panneaux de sortie de secours, des éclairages d'urgence, des caméras de sécurité et des dispositifs d'accessibilité. Ces dispositifs améliorent la sécurité en cas d'urgence et contribuent à la résilience des infrastructures.<br>**Exemple :** Alors que certaines évaluations, comme celles de Yellow Quill et de la TORI-PN de Kasabonika, mentionnent qu'il existe déjà des équipements de sécurité dans les bâtiments hautement critiques, comme les centres d'éducation, de nombreuses autres présentent des recommandations visant à accroître la résilience par l'ajout de dispositifs de sécurité. Par exemple, l'ERCC du musée Glenbow selon l'Optique des changements climatiques et l'ERCC de Marda Loop ont recommandé que les projets prévoient des stations de remplissage de bouteilles d'eau pour favoriser la santé et la sécurité des utilisateurs lors d'épisodes de chaleur extrême. |

| | |
|---|---|
| **Aménagement à faible impact (AFI)** | La mise en œuvre de l'AFI, notamment les surfaces perméables, les jardins de pluie et les rigoles de drainage biologique, fait partie des mesures qui ont été intégrées, en particulier en tant que stratégies d'atténuation des inondations. La mise en œuvre de ces pratiques d'AFI contribue à la gestion des eaux de ruissellement, à la réduction des inondations et à l'amélioration de la qualité de l'eau. En imitant les processus naturels, ces techniques renforcent la résilience des infrastructures en réduisant la dépendance à l'égard des systèmes de drainage conventionnels et en atténuant les effets de l'urbanisation sur les cycles hydrologiques.<br>**Exemple** : La ville de Vancouver, afin de réduire les débordements des égouts unitaires dus à des contraintes de capacité, a incorporé des mesures d'AFI, notamment des bassins de biorétention et des puisards, dans la conception du projet de renouvellement du réseau d'égouts et d'infrastructures vertes de Hastings Sunrise, comme approche rentable de la gestion des volumes excédentaires d'eau de pluie. |

## Intervention d'urgence

Les mesures d'intervention d'urgence peuvent avoir une incidence considérable sur la vulnérabilité ou la résilience des infrastructures face aux impacts des changements climatiques. Des interventions inadéquates peuvent exacerber la gravité des événements liés aux changements climatiques, entraînant des perturbations prolongées et des dommages importants. À l'inverse, des mesures d'urgence bien planifiées et prises au bon moment peuvent atténuer les impacts, favoriser un rétablissement rapide et diminuer les pertes socio-économiques globales. L'intégration de protocoles d'intervention d'urgence efficaces dans des stratégies élargies d'adaptation aux changements climatiques est essentielle pour renforcer la résilience des infrastructures et protéger les collectivités contre les futurs défis climatiques.

*Tableau 9: Caractéristiques des interventions d'urgence influençant la vulnérabilité*

| Caractéristique | Description |
|---|---|
| **Augmente la vulnérabilité** | |
| **Défis opérationnels** | Le personnel opérationnel est confronté à des difficultés accrues lors d'événements météorologiques extrêmes, notamment les tempêtes de neige, les ouragans et les vents violents. Les problèmes d'accès, l'état des routes et les tâches supplémentaires comme le déneigement et le déblayage des arbres peuvent avoir une incidence sur l'efficacité des interventions d'urgence.<br>**Exemple :** La municipalité du district de Shelburne (MDS), en Nouvelle-Écosse, a réalisé une évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques de l'usine de traitement des eaux d'égout (UTEE) de Sandy Point. Parmi les éléments évalués figuraient le personnel d'exploitation et de maintenance (E&M) et sa capacité à accéder aux infrastructures de l'UTEE et à assurer sa maintenance en cas d'événements extrêmes. L'impact sur le personnel d'exploitation et de maintenance est donc |

| | |
|---|---|
| | plus important dans cette évaluation, car il a des tâches supplémentaires, comme le déneigement et le déblayage des arbres, et il doit répondre aux plaintes de la population. Ces impacts ont donné lieu à des interactions à risque élevé liées à l'accès aux composants des infrastructures lors d'événements climatiques, comme les ouragans. |
| **Accès limité aux infrastructures** | L'état des routes résultant des événements climatiques peut poser des problèmes d'accès à de nombreuses collectivités éloignées et à certains systèmes d'infrastructure, ce qui limite la capacité à recevoir des ressources, comme de l'eau, de la nourriture, du carburant et de l'aide supplémentaire en cas d'urgence.<br>**Exemple :** En raison des craintes que le vent et les précipitations n'endommagent l'unique route d'accès à la ville de Tofino, en Colombie-Britannique, la nouvelle conception des stations de pompage et de l'usine de traitement des eaux usées comprend des génératrices de secours; toutefois, l'incapacité potentielle de réalimenter les génératrices en carburant si la route est endommagée continue de susciter des inquiétudes. |
| **Absence de plans d'intervention d'urgence tenant compte des changements climatiques** | Bien que les villes et les organisations disposent de plans et de procédures d'intervention en cas d'urgence, peu de ces plans ont été mis à jour pour tenir compte de l'évolution des dangers et des risques due aux changements climatiques. Les mises à jour impliqueraient une coordination avec les organismes gouvernementaux, les centres de surveillance météorologique et d'autres parties intéressées afin d'anticiper et d'atténuer les risques.<br>**Exemple** : Tous les terminaux de traversiers appartenant à Transports Canada (TC) disposent de manuels et de procédures d'intervention d'urgence complets pour les questions opérationnelles et les risques; toutefois, il a été noté que ces plans pourraient être améliorés s'ils étaient mis à jour annuellement pour inclure les dangers potentiels, un système de surveillance et de suivi et la communication. Lors d'un entretien avec TC, il a été noté que depuis l'évaluation, les plans d'intervention d'urgence, la surveillance, le suivi et les rapports sont tous effectués de manière continue par l'opérateur du port. |
| **Renforce la résilience** | |

| | |
|---|---|
| **Préparation aux interventions d'urgence** | Certaines organisations disposent déjà de protocoles et de plans d'intervention d'urgence détaillés, adaptés à des risques spécifiques, notamment les inondations, en fonction de facteurs comme le niveau des rivières et les prévisions météorologiques.<br>**Exemple :** La ville de Placentia, à Terre-Neuve, a entrepris une évaluation des vulnérabilités afin de déterminer si ses infrastructures publiques pouvaient supporter les charges supplémentaires attendues avec les changements climatiques. L'évaluation comprenait un examen de sa planification des mesures d'urgence. La ville a mis en place des procédures de planification d'urgence en partie en raison d'une inondation importante du centre-ville à la suite de la rupture de son mur de protection contre les inondations. L'évaluation a déterminé que la planification d'urgence était suffisante. Elle a dépassé les augmentations prévues de l'élévation du niveau de la mer, des ondes de tempête et de la combinaison des deux, ce qui lui a valu un score de vulnérabilité inférieur à 1. |
| **Alimentation et production de secours** | Certaines infrastructures, comme les usines de traitement des eaux, les stations de relevage des eaux usées et les établissements de soins de santé, sont équipées de génératrices ou de systèmes d'alimentation électrique de secours. Ces dispositifs assurent la continuité des services essentiels et des communications en cas de panne de courant, ce qui accroît la résilience aux perturbations.<br>**Exemple :** La ville de Powell a entrepris une évaluation de la résilience climatique selon l'Optique des changements climatiques de la conception de l'installation consolidée de traitement des eaux usées (ICTEU) proposée pour remplacer trois installations existantes qui n'étaient plus conformes à la réglementation. L'ICTEU a été conçue pour l'horizon 2050, avec la possibilité d'une amélioration au-delà de cette période. L'évaluation porte sur l'infrastructure électrique et l'alimentation de secours, et a révélé un risque modéré lié aux températures élevées et aux feux de forêt. Toutefois, ces risques existent à l'horizon 2080 de l'infrastructure et peuvent être réévalués et améliorés si nécessaire. L'évaluation note que l'alimentation de secours pour l'ICTEU et les nouvelles stations de pompage ont été incluses dans la conception à 90 % en tant que stratégie de résilience climatique. |

## Politique et gouvernance

Les politiques, les lignes directrices, les normes, les réglementations et les dynamiques de gouvernance à différents niveaux (fédéral, provincial/territorial, municipal et local) jouent toutes un rôle important dans la propriété des infrastructures, la prise de décision, l'exploitation et, en fin de compte, la manière dont les propriétaires d'infrastructures réagissent aux changements climatiques. Ces cadres peuvent influer sur tout, de la conception et de la construction à l'entretien courant et à l'adaptation aux conditions changeantes. Ils façonnent souvent les incitations et les contraintes auxquelles sont confrontés les propriétaires et les exploitants d'infrastructures, influençant ainsi leurs choix en matière de stratégies d'adaptation aux changements climatiques et d'atténuation de leurs effets.

*Tableau 10: Caractéristiques des politiques et de la gouvernance influençant la vulnérabilité*

| **Caractéristique** | |
|---|---|
| **Augmente la vulnérabilité** | |
| **Complexité de compétence** | De nombreuses évaluations mentionnent des complexités de compétence impliquant plusieurs organismes ou niveaux de gouvernement, ce qui peut entraîner des retards ou des inefficacités dans la prise en compte des vulnérabilités et des risques liés aux infrastructures, ou empêcher la recherche de solutions pour régler les problèmes, en raison de structures de mesures incitatives conflictuelles entre les organisations.<br>**Exemple :** Lors d'un entretien, il a été souligné que certaines régions du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard et de Terre-Neuve sont classées comme « non constituées », sans compétence municipale ou régionale, et que la planification de l'utilisation des terres et l'octroi de permis sont gérés par la province. Dans certains cas, les municipalités tentent de gérer les inondations, mais la majorité du bassin versant se trouve dans des régions non constituées. Sans communication entre ces organisations, il sera difficile de gérer les risques. |

| | |
|---|---|
| **Respect de la réglementation** | Les réglementations, les règlements administratifs et les normes régissent différents aspects des infrastructures, notamment les critères de conception, l'exploitation, l'entretien, les processus administratifs et les considérations environnementales. Le respect de ces réglementations est essentiel pour les projets d'infrastructure; cependant, ce ne sont pas toutes les réglementations qui prennent en compte les changements climatiques, soulevant des préoccupations concernant les nouveaux projets d'infrastructure qui pourraient continuer à maintenir le statu quo, car les nouvelles approches peuvent être perçues comme introduisant des responsabilités qui n'auraient pas été encourues si des approches déjà normalisées (statu quo) avaient été utilisées à la place.<br>**Exemple :** Plusieurs entretiens ont révélé une réticence occasionnelle de la part des professionnels des infrastructures à réaliser des conceptions au-delà des exigences des codes de construction provinciaux et des codes modèles nationaux de construction. Dans ces cas, il est important de souligner que les codes présentent des normes minimales et que les concepteurs peuvent être responsables de la sécurité publique, ce qui nécessite la prise en compte des impacts futurs des changements climatiques qui dépassent les exigences des codes existants. À mesure que la sensibilisation s'améliore, ce problème devient moins grave. Toutefois, des mises à jour et des orientations sont encore nécessaires aux niveaux régional et national pour éclairer le processus décisionnel et s'assurer que les considérations relatives à la résilience sont intégrées de manière efficace dans les projets d'infrastructure. |
| **Changements réglementaires** | Certaines évaluations mentionnent la nécessité éventuelle de modifier les règlements, les règlements administratifs et les normes, ce qui suggère que les environnements réglementaires actuels peuvent entraver l'adaptation des infrastructures à l'évolution des exigences, ce qui pourrait accroître la vulnérabilité si les changements ne sont pas mis en œuvre de manière efficace ou au bon moment.<br>**Exemple :** En 2010, l'Office de protection de la nature de Toronto et de la région (TRCA) a entrepris une évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques des composants du barrage de Claireville dans la rivière Don, du barrage G. |

| | |
|---|---|
| | Ross Lord dans la rivière Humber et de leurs réservoirs. Une évaluation hydraulique détaillée des modifications du débit d'entrée du barrage ou du risque de rupture du barrage dans le contexte de l'augmentation des événements extrêmes, comme les précipitations extrêmes et la crue maximale probable (CMP), n'a pas été réalisée en raison d'une compréhension insuffisante de ces interactions. Cependant, il a été noté qu'au moment de l'évaluation, des responsables d'initiatives provinciales examinaient les considérations opérationnelles et réglementaires de ces interactions. Cela a conduit à recommander à la TRCA de suivre de près le ministère des Ressources naturelles (MRN), qui est responsable de la réglementation régissant la conception, l'exploitation et la gestion des barrages en Ontario, et d'autres organismes de réglementation pour les changements apportés à la conception des barrages et aux normes de performance qui prennent en compte les changements climatiques, et de réaliser une évaluation de cette nature pour les deux barrages sans délai, dès que ces renseignements seront disponibles. |
| **Démographie/ vulnérabilité sociale** | Le statut socio-économique, la répartition par âge, la diversité culturelle et l'accès aux ressources au sein d'une collectivité influencent considérablement sa capacité à s'adapter et à faire face aux dangers liés au climat. Les groupes marginalisés, comme les ménages à faibles revenus, les personnes âgées, les communautés autochtones et les personnes handicapées, portent souvent un fardeau disproportionné des impacts climatiques en raison d'un accès limité aux ressources sociales, économiques et politiques. De plus, des facteurs comme l'accès aux soins de santé et les injustices historiques exacerbent les vulnérabilités. De nombreuses études menées à travers le Canada ont souligné le lien entre la vulnérabilité sociale et la vulnérabilité des infrastructures.<br>**Exemple** : L'étude de cas de la Trousse d'outils pour la résilience des infrastructures des Premières Nations (TORI-PN) révèle que les infrastructures des Premières Nations sont en moins bon état en raison de contraintes financières. Même si des fonds sont disponibles pour la conception de nouvelles infrastructures, le fait demeure que les fonds ne sont pas suffisants pour les opérations courantes, la maintenance et l'entretien. Il en résulte une dépréciation de la durée de vie des |

| | |
|---|---|
| | infrastructures et une augmentation des risques dans les collectivités. Consultez l'étude de cas de la TORI-PN pour savoir comment la TORI-PN a ouvert la voie aux collectivités des Premières Nations afin qu'elles reçoivent le financement nécessaire à la construction d'infrastructures et de collectivités résilientes aux changements climatiques. |
| **Renforce la résilience** | |
| **Mobilisation communautaire** | Les préoccupations et les commentaires des collectivités sont importants dans les processus de planification et de prise de décision en matière d'infrastructures. Les expériences, les perspectives et les connaissances locales sont essentielles pour comprendre comment les dangers climatiques se manifestent et évoluent dans le temps, et leurs impacts sur les infrastructures et les systèmes sociaux, ce qui est nécessaire pour bien comprendre les risques. Les projets d'infrastructure peuvent répondre aux préoccupations des collectivités en matière de drainage, d'inondations et d'impacts potentiels des activités voisines.<br>**Exemple :** Une évaluation du CVIIP a été menée sur le barrage de Metolong au Lesotho, en Afrique du Sud. Cette évaluation comprenait le développement complet de chaînes d'impact et une mobilisation importante pour comprendre comment les impacts sur le système d'eau potable entraîneraient des répercussions étendues sur les utilisateurs en aval. |
| **Considérations environnementales et développement durable** | Les réglementations et les politiques incluent souvent des considérations relatives à la protection de l'environnement et au développement durable. Il s'agit notamment de la gestion des eaux pluviales, de la protection des habitats de poissons, de la réduction de la pollution et de l'intégration d'infrastructures vertes en réponse aux impacts des changements climatiques.<br>**Exemple :** La gestion des risques associés aux inondations urbaines est un résultat courant des évaluations du CVIIP, et les recommandations ne sont pas uniquement axées sur des solutions d'infrastructure grise. De nombreuses évaluations, dont l'évaluation des vulnérabilités et des risques associés aux changements climatiques (EVRCC) de la ville de Lethbridge et le Plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville d'Aurora, comprennent des recommandations visant à exiger des normes d'aménagement à faible impact et à promouvoir la rétention des eaux de ruissellement. |

## Géographie, paysage et utilisation des terres

L'emplacement géographique de l'infrastructure, le paysage environnant et l'utilisation des terres peuvent influencer de manière considérable sa vulnérabilité aux changements climatiques. Les caractéristiques naturelles, notamment les forêts, les zones humides et les prairies, contribuent aux processus hydrologiques d'une région. Il devient de plus en plus évident qu'il faut s'appuyer sur ces caractéristiques pour atténuer certains des risques liés aux changements climatiques qui pèsent sur les infrastructures en fournissant des services comme l'atténuation des eaux pluviales, la filtration naturelle de l'eau, la régulation de la température, ainsi que la prévention de l'érosion et des glissements de terrain grâce à la stabilisation des sols.

*Tableau 11: Caractéristiques liées à la géographie, au paysage et à l'utilisation des terres influençant la vulnérabilité*

| Caractéristique | Description |
|---|---|
| **Augmente la vulnérabilité** | |
| **Proximité de l'eau** | Plusieurs sites d'évaluation sont situés à proximité de plans d'eau importants, notamment des rivières, des lacs et des océans. Cette proximité augmente le risque d'inondation, d'ondes de tempête et d'érosion. De nombreux sites d'étude présentant des risques élevés liés aux inondations et aux précipitations extrêmes sont situés à proximité d'un plan d'eau. **Exemple** : Le centre-ville de Calgary est traversé sur 10,5 kilomètres par la rivière Bow, ce qui rend la ville vulnérable aux inondations riveraines dans une zone très peuplée. Les cartes d'inondation indiquent que les inondations pourraient devenir plus fréquentes et plus graves au cours du siècle prochain. |
| **Caractéristiques du sol** | Les caractéristiques du sol, notamment le pergélisol, les sols qui retiennent l'humidité ou qui sont très érodables, peuvent rendre les infrastructures vulnérables aux inondations et à l'érosion. Dans certaines régions, le pergélisol ou les nappes phréatiques élevées peuvent également nuire à la stabilité du sol. |

| | |
|---|---|
| | **Exemple :** L'aéroport Mike Zubko est situé sur un pergélisol continu avec une forte teneur en glace de fond dans les 10 à 20 mètres supérieurs du sol. En 2013, une partie de la piste était impraticable en raison d'infiltrations dans le remblai de la piste et de la dégradation thermique du sol riche en glace. Bien qu'il s'agisse d'un facteur de vulnérabilité important, l'évaluation a répertorié des interactions à risque modéré associées au réchauffement du pergélisol et à la réduction de la capacité portante ou à l'affaissement de la piste, car il s'agit d'un processus lent qui peut être géré par la surveillance et l'entretien. Par conséquent, la connaissance des caractéristiques du sol, des processus hydrologiques connexes et de la manière de gérer les impacts potentiels peut grandement réduire la vulnérabilité de l'infrastructure. |
| **Extraction des ressources** | Des activités comme l'exploitation minière et forestière ainsi que les pratiques agricoles peuvent entraîner des répercussions importantes sur l'environnement, notamment la destruction et la pollution des habitats, menant à l'instabilité des sols et à l'augmentation de la demande pour les systèmes de traitement de l'eau.<br>**Exemple** : Les préoccupations concernant l'augmentation des eaux de ruissellement dépassant la capacité des bassins versants de l'autoroute Yellowhead sont mentionnées en raison des changements de la végétation de surface attribuables à l'exploitation forestière et à l'éclosion du dendroctone du pin. |
| **Urbanisation et surface imperméable** | De nombreuses zones d'étude sont fortement urbanisées, avec des surfaces imperméables comme l'asphalte et le béton recouvrant une grande partie des terres. Les surfaces imperméables réduisent le drainage naturel, augmentant le ruissellement lors des tempêtes et la pression sur les systèmes de drainage. Cette tendance peut exacerber les inondations et dépasser les capacités des infrastructures de drainage lors de fortes précipitations, qui devraient augmenter avec les changements climatiques.<br>**Exemple :** La ville de Montréal est fortement urbanisée et imperméable, avec des surfaces bâties représentant 57 % de la superficie. Cette situation accroît les risques liés aux inondations urbaines, car la capacité de drainage est insuffisante. |

| | |
|---|---|
| **Croissance ou changement de la population** | De nombreuses évaluations soulignent que la croissance démographique et l'urbanisation entraînent une augmentation de la demande de services d'infrastructure, notamment l'approvisionnement en eau, le traitement des eaux usées, les transports et les systèmes mécaniques. La croissance rapide de la population pourrait dépasser la capacité des systèmes d'infrastructure existants, exacerbant les vulnérabilités aux impacts des changements climatiques, dont les changements dans les régimes de précipitations et les événements météorologiques extrêmes.<br>**Exemple :** En 2021, la ville de Melville a mené une évaluation de la résilience climatique sur la conception du projet d'agrandissement de la lagune. Le fait que le système de lagune existant approchait ou dépassait sa capacité de traitement et de stockage a motivé cette nouvelle conception. L'augmentation de la population et de la production d'eaux usées dans la ville dépasse la capacité du système existant, ce qui rend le système vulnérable et limite la capacité de croissance de la ville. Ainsi, la nouvelle conception d'agrandissement de la lagune des eaux usées vise à répondre aux besoins d'une population projetée d'environ 7 000 habitants. |
| **Renforce la résilience** | |
| **Caractéristiques naturelles et végétation** | La préservation et la restauration des espaces verts, des arbres et des forêts, des plaines inondables naturelles et des zones humides sont utilisées dans le cadre de stratégies d'atténuation des inondations, de processus de filtration naturelle de l'eau et d'ombrage. La préservation et la restauration des caractéristiques naturelles peuvent améliorer la résilience des infrastructures en fournissant un stockage naturel des crues, des zones d'absorption et un habitat pour la biodiversité. Les caractéristiques naturelles contribuent à atténuer les impacts des changements climatiques, tout en fournissant des services écosystémiques qui soutiennent le bien-être de la collectivité. |

| | |
|---|---|
| | **Exemple :** La ville de Selkirk, en Saskatchewan, élabore un Plan de gestion des forêts urbaines dans le cadre de son programme de gestion des immobilisations. Ce plan prévoit notamment un projet pluriannuel de couvert forestier urbain. Pour recevoir un financement du Programme d'infrastructure Investir dans le Canada (PIIC), la ville a réalisé une évaluation de la résilience aux changements climatiques de son inventaire forestier. Le projet de couvert forestier urbain est une mesure d'adaptation prévue dans le cadre de la Stratégie d'adaptation aux changements climatiques de la ville de Selkirk afin de réduire les impacts des changements climatiques sur ses infrastructures bâties et ses résidents, notamment le stress physique et les défaillances des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation dus à l'augmentation des vagues de chaleur, les refoulements et les déversements d'eaux usées, ainsi que les inondations en raison de l'augmentation des précipitations.[7] L'évaluation de la résilience a permis de cerner les impacts des changements climatiques sur le couvert forestier urbain et les mesures d'adaptation nécessaires pour le maintenir en bonne santé afin qu'il puisse continuer à fournir des services d'adaptation à la ville. |

[7] Stratégie d'adaptation aux changements climatiques de la ville de Selkirk (en anglais)

## Tendances et modèles en matière de risques climatiques

Les évaluations du CVIIP sont des exercices de hiérarchisation visant à répertorier, à caractériser et à classer les risques liés aux changements climatiques. La plupart des évaluations classent les résultats en trois catégories : risques faibles, risques modérés et risques élevés. Même si cette section se concentre sur les interactions à risque élevé saisies lors de la création de bases de données et des analyses documentaires (voir section 2), il est essentiel de reconnaître l'importance de tous les scores et résultats liés aux risques dans chaque évaluation. Le fait de mettre l'accent sur les risques élevés ne diminue en rien l'importance du processus d'établissement et de documentation des risques faibles et modérés.

Si de nombreuses évaluations adoptent un seuil commun pour définir les « risques élevés » (comme l'indique la section 4 sur la notation des risques), l'interprétation de ces risques varie souvent de manière significative d'une évaluation à l'autre. Par exemple, une évaluation pourrait classer une interaction comme ayant des « conséquences extrêmes » uniquement si elle entraîne une perte totale de l'actif, des interruptions de service et des impacts en cascade sur la collectivité en aval. En revanche, une autre évaluation pourrait classer une interaction comme ayant des « conséquences extrêmes » si elle entraîne la perte de l'actif, peu importe les impacts en aval. Les évaluations qui présentent des définitions claires des conséquences et qui tiennent compte de l'ampleur des impacts en cascade permettent une compréhension et une comparaison plus systématiques des risques entre les différentes évaluations. Toutefois, l'objectif premier d'une évaluation du CVIIP est de fournir des résultats exploitables adaptés aux besoins spécifiques du propriétaire effectuant l'évaluation, plutôt que de favoriser les comparaisons directes entre les évaluations.

La **Figure 14** montre le nombre d'études qui ont donné lieu à des interactions à risque élevé. Vingt-trois (23) des 71 rapports examinés ne font état d'aucune interaction à risque élevé, quel que soit l'horizon temporel (32 %). Les aéroports sont les types d'actifs qui ont donné lieu au plus

grand nombre de risques élevés, les cinq évaluations cernant des risques élevés pour au moins un horizon temporel. Les infrastructures côtières ont fait l'objet du plus petit nombre d'études présentant des risques élevés, cinq sur neuf ne présentant aucun risque élevé.

La **Figure 15** montre les paramètres climatiques qui entraînent des risques élevés en fonction du nombre d'évaluations dans lesquelles le paramètre est utilisé. Le paramètre qui a le plus souvent entraîné des risques élevés lorsqu'il était utilisé était l'humidité, souvent en lien avec les systèmes mécaniques des bâtiments. Dans de nombreux cas, les risques liés à l'humidité sont prévus d'augmenter considérablement dans le cadre des futurs scénarios de changements climatiques. Les paramètres de chaleur (par exemple, les vagues de chaleur) et de fortes précipitations (par exemple, précipitations de 1 fois sur 20 ans) sont ensuite les plus fréquemment associés à des interactions à risque élevé. Les paramètres liés à la chaleur et aux fortes précipitations sont également deux des paramètres les plus fréquemment utilisés dans les évaluations.

Le **Tableau 12** présente chaque paramètre climatique et chaque élément d'infrastructure majeur, et indique si l'interaction entraîne un risque élevé, aucun risque ou si elle n'a pas été évaluée. La **Figure 16** indique le nombre de paramètres climatiques entraînant des risques élevés par type d'infrastructure. Vingt et un (21) paramètres climatiques différents ont entraîné des risques élevés associés aux bâtiments (les plus élevés), contre seulement deux (2) associés aux infrastructures de protection contre les inondations. Il peut être plus complexe de formuler des recommandations globales et des stratégies d'adaptation pour les biens présentant des scores de risques élevés associés à de multiples dangers, même si de nombreuses recommandations peuvent accroître la résilience face à de multiples dangers.

Il est également important de noter le nombre d'études incluses par type d'infrastructure. Il est plus difficile de tirer des conclusions lorsque les évaluations comportent moins d'études (comme les ponts, pour lesquels une seule évaluation était disponible), car les données sont représentatives d'un seul actif et d'un seul lieu.

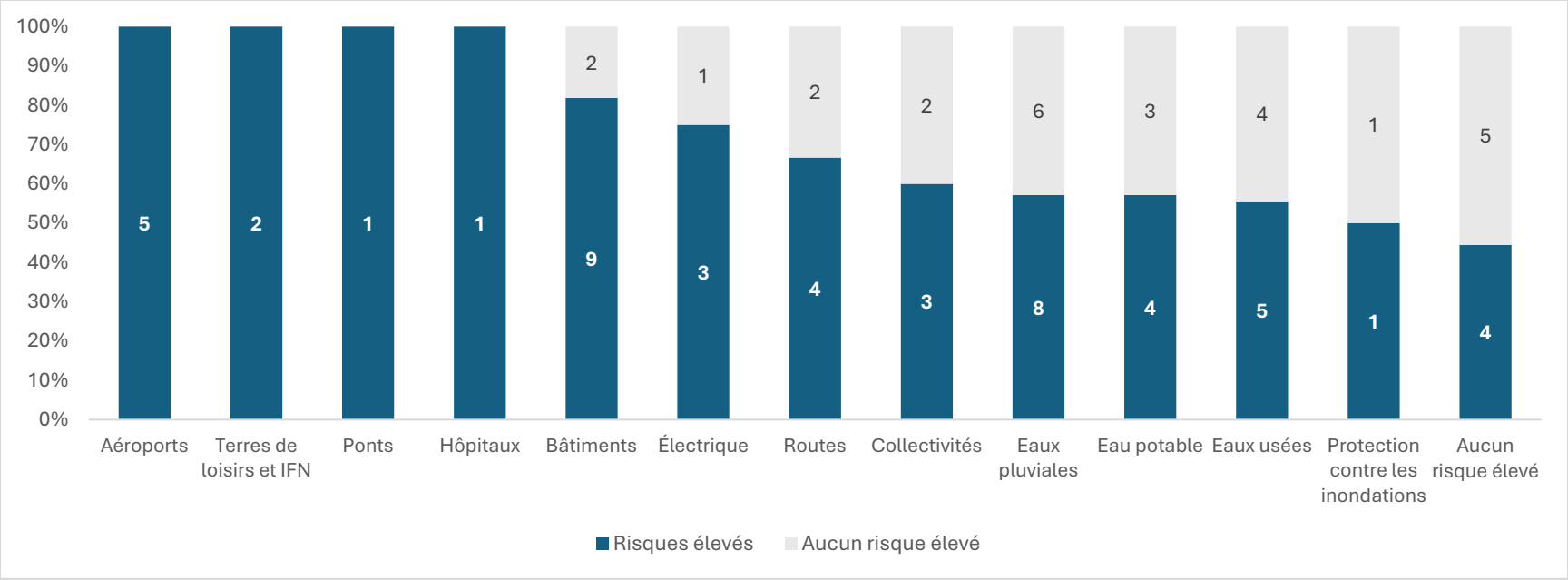



*Figure 14 : Études présentant des risques élevés, par type d'infrastructure*

**Note** : Le chiffre affiché dans chaque barre représente le nombre d'évaluations qui ont été examinées. Par exemple, cinq évaluations d'aéroports ont été examinées et toutes les cinq ont indiqué des risques élevés. Seules deux évaluations relatives à la protection contre les inondations ont été examinées, et l'une d'entre elles indiquait des risques élevés, tandis que l'autre ne l'indiquait pas. En raison de la taille de l'échantillon, il n'est pas conseillé de déduire qu'une catégorie d'infrastructure particulière est plus ou moins sensible aux impacts des changements climatiques.

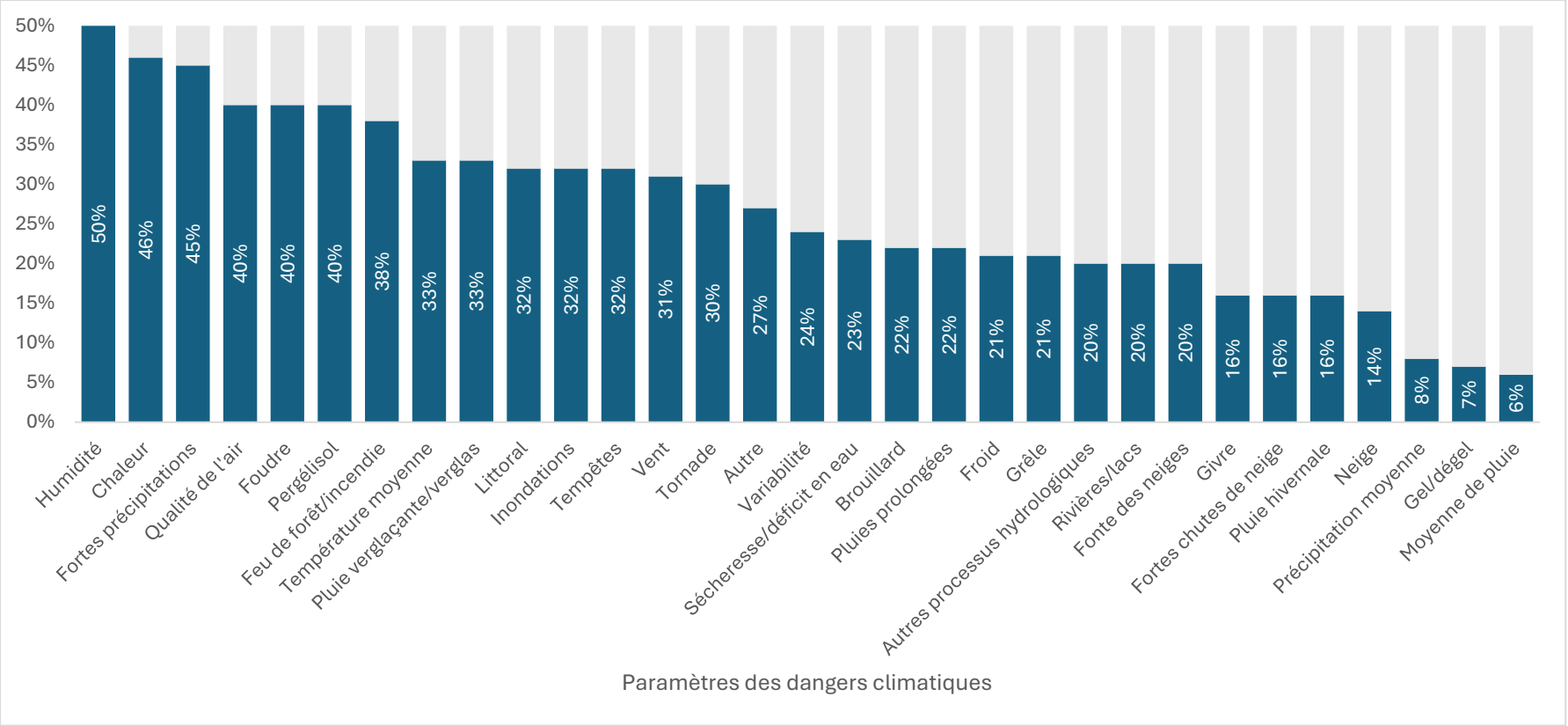



*Figure 15 : Études entraînant des risques élevés (quel que soit l'horizon temporel) lorsque le paramètre est inclus*

*Tableau 12: Paramètres climatiques entraînant des risques élevés, par type d'infrastructure (risques élevés, aucun risque élevé, paramètre non utilisé)*

| Paramètres climatiques | Type d'infrastructure (nombre d'études) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aéroports (5) | Ponts (1) | Bâtiments (11) | Littoral (10) | Collectivités (5) | Électricité (4) | Protection contre les | Hôpitaux (1) | Eau potable (7) | Terrains de loisirs et | Routes (6) | Eaux pluviales | Eaux usées (14) |
| Qualité de l'air | | | | | | | | | | | | | |
| Précipitations moyennes | | | | | | | | | | | | | |
| Pluies moyennes | | | | | | | | | | | | | |
| Température moyenne | | | | | | | | | | | | | |
| Littoral | | | | | | | | | | | | | |
| Froid | | | | | | | | | | | | | |
| Sécheresse/déficit en eau | | | | | | | | | | | | | |
| Inondations | | | | | | | | | | | | | |
| Brouillard | | | | | | | | | | | | | |
| Gel/dégel | | | | | | | | | | | | | |
| Pluie verglaçante/verglas | | | | | | | | | | | | | |
| Gel au sol | | | | | | | | | | | | | |
| Grêle | | | | | | | | | | | | | |

| Paramètres climatiques | Type d'infrastructure (nombre d'études) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aéroports (5) | Ponts (1) | Bâtiments (11) | Littoral (10) | Collectivités (5) | Électricité (4) | Protection contre les | Hôpitaux (1) | Eau potable (7) | Terrains de loisirs et | Routes (6) | Eaux pluviales | Eaux usées (14) |
| Chaleur | | | | | | | | | | | | | |
| Fortes précipitations | | | | | | | | | | | | | |
| Fortes chutes de neige | | | | | | | | | | | | | |
| Humidité | | | | | | | | | | | | | |
| Foudre | | | | | | | | | | | | | |
| Autres | | [8] | [9] | | | | | | | [10] | | | |
| Autres questions hydrologiques | | | | | | | | | | | | | |
| Pergélisol | | | | | | | | | | | | | |
| Pluies prolongées | | | | | | | | | | | | | |
| Rivières/lacs | | | | | | | | | | | | | |
| Neige | | | | | | | | | | | | | |
| Fonte des neiges | | | | | | | | | | | | | |

[8] Sismique
[9] Soleil/Solaire
[10] Organismes nuisibles et maladies

| Paramètres climatiques | Type d'infrastructure (nombre d'études) | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aéroports (5) | Ponts (1) | Bâtiments (11) | Littoral (10) | Collectivités (5) | Électricité (4) | Protection contre les | Hôpitaux (1) | Eau potable (7) | Terrains de loisirs et | Routes (6) | Eaux pluviales | Eaux usées (14) |
| Tempêtes | | | | | | | | | | | | | |
| Tornade | | | | | | | | | | | | | |
| Variabilité | | | | | | | | | | | | | |
| Feux de forêt/incendie | | | | | | | | | | | | | |
| Vent | | | | | | | | | | | | | |
| Pluie d'hiver | | | | | | | | | | | | | |

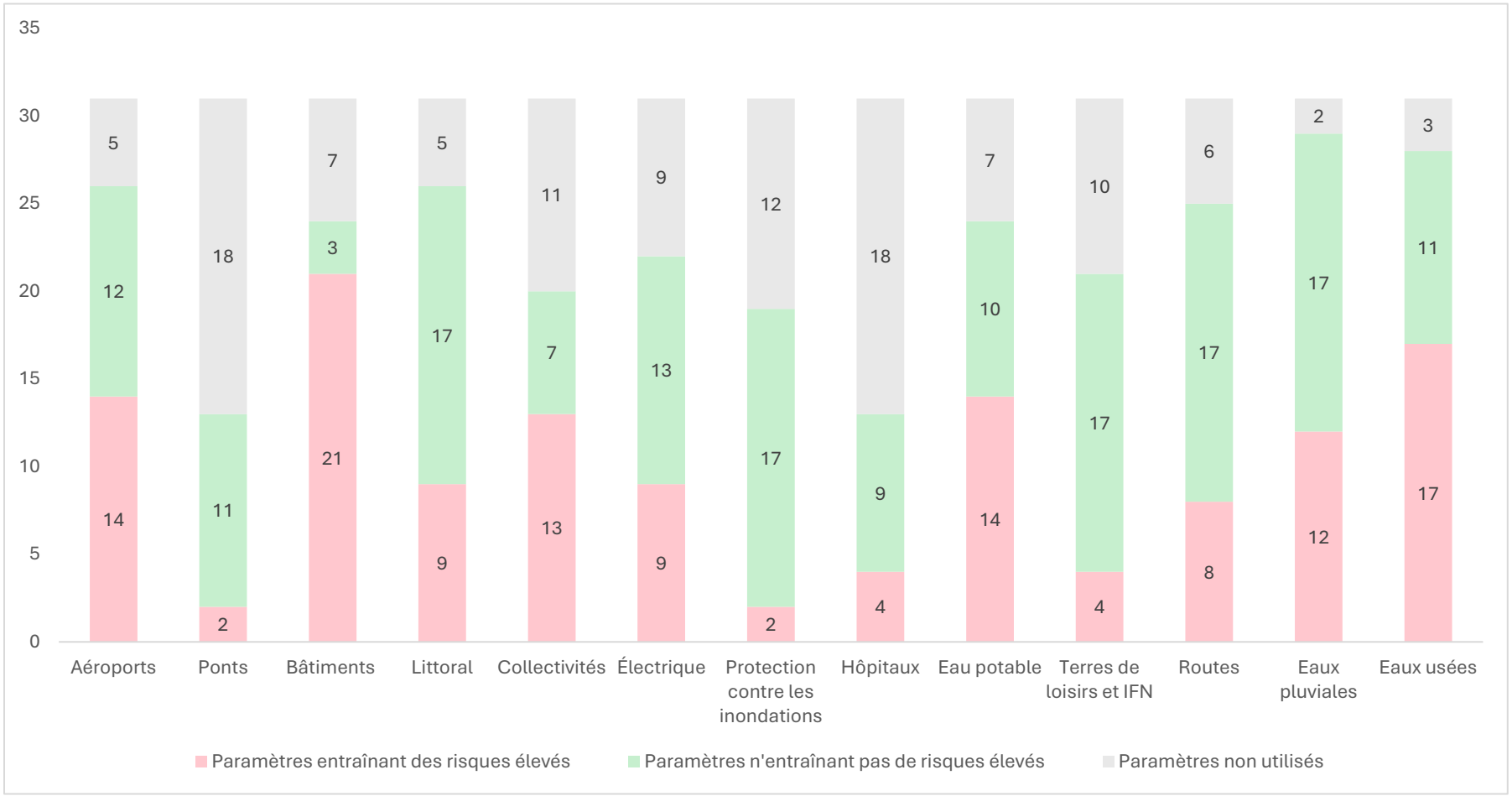



*Figure 16 : Nombre de paramètres entraînant des risques élevés par type d'infrastructure*

## Recommandations issues des évaluations du CVIIP

Les recommandations formulées dans les évaluations du CVIIP se répartissent généralement en quatre catégories :

- **Mesures correctives** : efforts visant à réduire les risques par des interventions physiques, notamment la réingénierie, la remise à neuf, la reconstruction et le renforcement.
- **Mesures de gestion** : efforts visant à réduire les risques sans modifier physiquement le système. Il peut s'agir de mesures comme l'élaboration de procédures de gestion des risques et la présentation de formations pour gérer les nouveaux dangers.
- **Mesures politiques** : efforts de réduction des risques qui sont plus vastes et plus globaux que l'adaptation aux changements climatiques au-delà des systèmes d'infrastructure individuels. Il peut s'agir de mesures comme l'élaboration d'un plan d'adaptation aux changements climatiques pour une municipalité ou la mise à jour des critères de conception pour intégrer les projections climatiques.
- **Étude supplémentaire :** efforts visant à mieux comprendre les facteurs de risque et les données pour soutenir la planification. Il peut s'agir de mesures comme la modélisation des bassins versants et l'analyse coûts-avantages.

On pense souvent à tort que toutes les recommandations issues d'une évaluation des risques climatiques concernent la modernisation ou le renforcement des actifs. De nombreuses recommandations formulées à l'issue de l'évaluation du CVIIP sont axées sur des interventions, notamment l'amélioration des pratiques de maintenance, qui peuvent améliorer la résilience sans nécessiter d'interventions coûteuses.

Souvent, les recommandations formulées à l'issue d'une évaluation ne peuvent pas être mises en œuvre immédiatement sans une évaluation supplémentaire. Historiquement, cela n'a pas fait partie de l'évaluation du CVIIP, prenant plutôt la forme d'une initiative de suivi. Un petit nombre

d'évaluations examinées ont procédé à une analyse plus poussée afin d'éclairer les mesures d'adaptation. Seulement trois évaluations examinées ont réalisé une analyse coûts-avantages sur un sous-ensemble des recommandations proposées dans l'évaluation. Un suivi supplémentaire au moyen d'entretiens a permis de cerner de nombreux exemples concrets de mise en œuvre des recommandations. Consultez les études de cas pour une discussion plus détaillée.

**Conseils aux praticiens :** Même si le répertoire existant des évaluations du CVIIP peut constituer une source d'inspiration précieuse, il est important de se rappeler le contexte dans lequel les recommandations ont été formulées. Certaines des premières évaluations du CVIIP ont été réalisées à une époque où le concept d'adaptation des infrastructures aux changements climatiques était encore émergent et où les ressources étaient limitées. À mesure que notre compréhension des risques liés aux changements climatiques et des stratégies d'adaptation évolue, les praticiens sont encouragés à repousser les limites des recommandations incluses et de la manière dont elles sont élaborées. Il pourrait s'agir de formuler des recommandations plus complètes et exploitables, comme un plan de mise en œuvre pour aider les propriétaires à prendre des décisions.

Presque toutes les évaluations ont recommandé des mesures correctives et des études supplémentaires spécifiques aux systèmes évalués, tandis que les recommandations en matière de gestion et de politique ont tendance à être plus largement applicables, par exemple l'amélioration des pratiques et procédures d'exploitation et de gestion, et des plans d'intervention d'urgence afin d'intégrer les changements climatiques. Toutefois, 47 % des évaluations ont recommandé des améliorations à la conception spécifique des systèmes ou aux spécifications des matériaux, ce qui relève des recommandations politiques.

## Mesures correctives

Les recommandations de mesures correctives comprennent généralement des mesures de réingénierie, de remise à neuf, de reconstruction et de renforcement. La mesure corrective la plus courante dans les évaluations concerne l'amélioration des infrastructures liées aux inondations, notamment l'augmentation de la hauteur des crêtes des digues, l'ajout de systèmes de drainage secondaire et les pratiques d'AFI pour contribuer à la gestion des eaux de ruissellement. Ces catégories n'ont pas pour but de présenter de manière exhaustive toutes les recommandations potentielles, mais plutôt de fournir un portrait général des types de recommandations couramment envisagées dans les évaluations du CVIIP.

Le **Tableau 13** résume ces catégories et présente des exemples.

*Tableau 13: Types courants de recommandations de mesures correctives*

| Mesures correctives | Exemple | Nombre d'évaluations |
|---|---|---|
| Travaux d'amélioration sur les infrastructures liées aux inondations | « Pour répondre au risque de débordement de la digue, il est recommandé de reconstruire le système de digues existant le long de son tracé actuel afin d'assurer une élévation continue du sommet de 177,1 m. L'établissement de cette élévation du sommet de la digue peut être réalisé en utilisant une combinaison de bermes de terre, de murs soutenus par des bermes de terre, de murs, de barrières mécaniques automatisées et en élevant la promenade Riverside. » – Évaluation des risques d'inondation d'East Riverside | 34 |

| | | |
|---|---|---|
| Modernisation | « Si la turbidité de l'eau de puits augmente, les postes d'urgence pour le lavage des yeux existants devraient être revus et modernisés avec un système de filtration en ligne intégré ou externe. » – Rapport d'évaluation des risques liés aux changements climatiques de l'aéroport de Penticton | 26 |
| Améliorer l'alimentation ou la source de rechange | « Fournir une alimentation de secours permanente à la nouvelle station de pompage et une alimentation de secours temporaire (prise pour groupe électrogène portable) à la station de pompage existante. » – Vulnérabilité de la modernisation de l'usine de traitement des eaux d'égout de Sandy Point aux changements climatiques | 23 |
| Augmenter la capacité | « De nouvelles infrastructures, incluant éventuellement des volumes de rétention supplémentaires (tunnel d'interception ou rétention ou autre) devront être envisagées dans un avenir proche afin d'atteindre les objectifs de contrôle des débordements de l'ordre de 7 fois par saison estivale, qui sont largement dépassés dans les conditions actuelles, avec une fréquence de débordement observée d'environ 50 fois par saison estivale. » – *Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques des réseaux de types combiné, pseudo-séparatif et pluvial du bassin tributaire de l'ouvrage de surverse Belgrand à Laval* | 23 |
| Intégrer les risques climatiques dans la conception | « Renforcer la capacité d'adaptation dans la conception de la digue pour permettre une augmentation supplémentaire de 1 m de la hauteur de la crête de la digue, en particulier pour répondre à l'élévation continue du niveau de la mer. » – Évaluation de la résilience de la digue maritime du parc *Xwu'nekw selon l'Optique climatique* | 20 |

| | | |
|---|---|---|
| Utilisation de solutions fondées sur la nature | « Introduire des plantes résistantes à la sécheresse pour aider à stabiliser les talus des routes et des sentiers. » – *Évaluation des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques pour la ville de Lethbridge* | 20 |
| Élévation/déplacement des actifs | « Les panneaux solaires et l'équipement électrique connexe peuvent être installés avec un franc-bord plus élevé par rapport au niveau d'inondation prévu, afin d'assurer la fonctionnalité de la ferme solaire. » – *Projet d'intégration et de stockage de l'énergie solaire de Summerside* | 19 |
| Améliorations liées à la chaleur | « Utilisation de plastiques résistants à la température pour les structures de jeux. » – *Évaluation du CVIIP de trois parcs municipaux – ville de Mississauga* | 15 |
| Remplacement des composants vieillissants | « Tous les actifs existants dépasseront leur durée de vie restante estimée et nécessiteront d'importants travaux de remise en état ou de remplacement avant cela. » – Évaluation des risques liés aux actifs de transport (ERAT) dans le contexte des changements climatiques, terminal de traversier de Digby, Nouvelle-Écosse | 13 |
| Renforcement | « Cerner les mesures d'atténuation ou d'évitement des risques liés aux vents forts à extrêmes, notamment la fixation (ancrage) des composants des actifs comme les toits, les structures d'éclairage, etc. – Impacts des changements climatiques sur les infrastructures de l'eau et des eaux usées à Akwesasne | 10 |
| Améliorations liées aux conditions météorologiques hivernales | « Pour les nouvelles installations de tuyaux, s'assurer que les tuyaux se trouvent sous le niveau maximum de gel dans le sol. Installer un matériau isolant au-dessus des tuyaux pour les protéger davantage contre le gel. » – Impacts des changements climatiques sur les infrastructures de la Première Nation de Yellow Quill | 9 |

| | | |
|---|---|---|
| Systèmes de secours | « Concevoir des génératrices ou des systèmes de stockage d'énergie de secours avec des systèmes de refroidissement dimensionnés pour les conditions de 2050. » – Évaluation de la résilience aux changements climatiques du musée Glenbow selon l'Optique climatique | 7 |
| Protection contre la foudre | « La conception doit prévoir une protection contre la foudre et de l'équipement de communication afin de réduire le risque de perte d'équipement et envisager des systèmes d'alimentation de secours pour maintenir les opérations pendant les pannes de courant. » – Évaluation de la résilience aux changements climatiques du centre récréatif et civique de la ville de Meadow Lake | 7 |
| Aménagement à faible impact (AFI) | Appliquer des stratégies d'aménagement à faible impact (AFI) et d'autres stratégies « à la source » ou de « contrôle au niveau du lot » visant à réduire et à retarder la charge du système de convoyeur. – *Plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville d'Aurora* | 7 |
| Améliorations liées aux vents | « Conception minutieuse des drains et des infrastructures des eaux pluviales pour qu'ils soient résistants aux débris provenant des vents et d'autres tempêtes violentes. » – *Évaluation de la résilience aux changements climatiques du musée Glenbow selon l'Optique climatique* | 7 |
| Installation de dispositifs de surveillance et de capteurs | « Pour faire face au potentiel de contournement des digues par le réseau d'égouts, des solutions de rechange de conception ont été élaborées pour différents scénarios – chacun impliquant l'installation de dispositifs de prévention des refoulements ou de vannes registres aux points de connexion du réseau d'égouts pour empêcher l'écoulement des eaux de crue à l'intérieur des terres. » – *Évaluation des risques d'inondation d'East Riverside* | 6 |

| | | |
|---|---|---|
| Amélioration de la ventilation | Mettre en place une conception rigoureuse de la gestion de l'humidité, y compris des écrans de pluie, des barrières contre l'humidité dans les fondations, un placement judicieux des entrées d'air, des jonctions d'enveloppe permettant un drainage et un séchage adéquats, une barrière d'air robuste avec une isolation extérieure, des stratégies visant à réduire les ponts thermiques et le potentiel de condensation. – *Évaluation de la résilience aux changements climatiques du musée Glenbow selon l'Optique climatique* | 6 |
| Installation d'un système de communication | Fournir un système radio SCADA/télémétrie pour répondre aux perturbations des communications lors d'événements extrêmes. – Vulnérabilité de la modernisation de l'usine de traitement des eaux d'égout de Sandy Point aux changements climatiques | 4 |
| Efficacité de l'utilisation de l'eau | Envisager un programme accéléré de remplacement des appareils de plomberie afin de réduire la consommation d'eau potable et la pression sur l'approvisionnement régional en eau domestique. – *Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques de l'Hôpital général régional de Nanaimo (NRGH)* | 3 |

## Mesures de gestion

De nombreuses recommandations issues des évaluations du CVIIP ont tendance à être liées aux activités de gestion, car elles sont beaucoup plus faciles et moins coûteuses à mettre en œuvre, tout en réduisant les risques. Ces mesures peuvent inclure l'élaboration de nouvelles procédures ou la mise à jour de procédures existantes, des documents d'orientation, l'éducation et la formation du personnel, et le transfert des risques par le biais de l'assurance. La recommandation de gestion la plus fréquente dans toutes les évaluations est la mise à jour des procédures d'exploitation et de gestion, suivie de près par l'augmentation des fréquences d'entretien, de surveillance et d'inspection. Dans la mesure où les ressources le permettent, ces recommandations peuvent constituer un moyen rentable de réduire les risques et de veiller à ce que les infrastructures demeurent en bon état de fonctionnement. Le **Tableau 14** résume ces catégories.

*Tableau 14: Types courants de mesures de gestion*

| Mesures de gestion | Exemple | Nombre d'évaluations |
|---|---|---|
| Inclure le climat dans les pratiques/procédures d'E&M | Réaliser une vérification des procédés et méthodes actuels d'exploitation et de maintenance, ainsi que des procédures opérationnelles normalisées, et évaluer leur rigueur par rapport aux conditions climatiques futures. – *Évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques de l'aéroport Mike Zubko* | 43 |
| Améliorer la maintenance | Procéder à l'entretien et à l'inspection de routine des génératrices de secours en raison du risque accru de pannes de courant associées aux pluies verglaçantes et aux tempêtes de | 33 |

| | | |
|---|---|---|
| | verglas, avant l'événement météorologique ou les exercices de préparation. – *Évaluation des vulnérabilités des actifs de PortsToronto aux changements climatiques et aux conditions météorologiques extrêmes* | |
| Renforcer la surveillance | Le suivi des données sur l'intensité des précipitations par intervalles de 5 minutes permettra d'établir un solide ensemble de données de référence utiles pour déterminer les vulnérabilités aux changements climatiques à l'avenir. Cet ensemble de données peut également éclairer la prise de décision liée aux conditions météorologiques, notamment le calendrier des activités d'entretien. – *Système de gestion des eaux pluviales de la ville de Nelson* | 29 |
| Augmenter la fréquence des inspections | Les inspections annuelles des toits peuvent aider à déceler les problèmes de réduction de la durée de vie, comme la dégranulation, la fissuration et la courbure de la membrane du toit. Ces inspections permettent d'anticiper les problèmes de réduction de la durée de vie et de planifier le renouvellement avant les défaillances critiques. – *Évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques de l'Hôpital général régional de Nanaimo (NRGH)* | 24 |
| Collecte des données | Exiger des entrepreneurs qu'ils documentent les conditions météorologiques qui ont causé des problèmes de maintenance majeurs. Théoriquement, cela inclurait les données météorologiques sur les précipitations, le vent, etc., provenant de la station météorologique la plus proche. Cela permettrait d'établir un lien entre les problèmes d'infrastructure et les données climatiques et faciliterait le suivi futur de cette interaction. | 20 |

| | | |
|---|---|---|
| | *– Ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique – autoroute 116, Yellowhead* | |
| Revoir/étudier la conception de l'infrastructure/la capacité de charge | Étudier la capacité de réserve actuelle de l'autoroute Yellowhead pour faire face à l'évolution de l'hydrologie en raison de l'augmentation des précipitations extrêmes locales. *– Ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique – autoroute 116, Yellowhead* | 20 |
| Améliorer la documentation/les rapports | Consigner dans une base de données facilement accessible les événements et les situations (comme les défaillances d'infrastructure, les problèmes d'entretien et les interventions opérationnelles) liés à des conditions météorologiques extrêmes. – *Évaluation du système de collecte et de traitement des eaux pluviales et des eaux usées de la ville de Welland* | 18 |
| Élaborer des pratiques de travail et d'exploitation sécuritaire | Créer un comité de santé et de sécurité chargé d'élaborer des politiques relatives aux vagues de chaleur et un plan de protection des travailleurs soumis à des événements climatiques extrêmes. Offrir une formation en premiers soins aux superviseurs et au personnel afin de leur permettre de reconnaître rapidement les maladies liées à la chaleur et de les traiter. – *Impacts des changements climatiques sur les infrastructures de la Première Nation de Kasabonika Lake* | 15 |
| Éducation et formation | Aider les propriétaires fonciers à protéger leur propriété contre les refoulements sanitaires grâce à des programmes d'éducation et de mesures incitatives. – *Plan d'adaptation aux changements climatiques de la ville d'Aurora* | 13 |

| | | |
|---|---|---|
| Utilisation de solutions fondées sur la nature | Identifier les secteurs où les infrastructures vertes (biorétention, plantation d'arbres, espaces verts, etc.) seraient les plus efficaces pour gérer les eaux pluviales en amont. – *Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du réseau de drainage unitaire de Montréal* | 12 |
| Améliorer la communication | Préparer un plan de communication d'urgence et une formation du personnel pour les événements météorologiques extrêmes. Les plans doivent porter sur la sécurité des collections, du personnel et des visiteurs. – *Évaluation de la résilience aux changements climatiques selon l'Optique climatique du musée Glenbow* | 10 |
| Améliorer/assurer la qualité de l'eau | Installer des systèmes de traitement de l'eau au point d'entrée (systèmes portables d'osmose inverse et de désinfection par UV) afin de réduire les risques de contamination de l'eau pour les propriétaires raccordés à des citernes. – *Impacts des changements climatiques sur les infrastructures de la Première Nation de Yellow Quill* | 10 |
| Élaborer ou améliorer les procédures ou lignes directrices en matière de santé et de sécurité | Continuer ou commencer à fournir des équipements de protection individuelle (EPI) appropriés liés aux conditions météorologiques et susceptibles de réduire les risques d'exposition. – *Évaluation du CVIIP pour Maritime Electric Company ltée.* | 10 |
| Inclure les résultats dans le système de gestion des actifs | Créer ou poursuivre un programme de gestion des actifs et des bâtiments afin de répertorier et d'entretenir les éléments vulnérables aux changements climatiques qui bénéficieront de mesures correctives et d'un plan d'entretien et de réparation prévu au calendrier. – *Évaluation du bâtiment d'ingénierie actuel et de la nouvelle annexe de l'Université de la Saskatchewan* | 4 |

## Mesures politiques

Les recommandations politiques sont généralement des mesures d'ordre supérieur aux mesures de gestion décrites dans la section précédente. Ces recommandations sont généralement plus complexes et nécessitent un travail supplémentaire pour être mises en œuvre après l'évaluation. Les recommandations politiques les plus fréquentes concernent la mise à jour de la conception ou des spécifications des matériaux pour les actifs futurs (comme l'augmentation de la taille des ponceaux pour tenir compte de l'augmentation des précipitations). De plus, de nombreuses conclusions des évaluations des risques peuvent être intégrées dans d'autres initiatives liées aux changements climatiques, notamment une stratégie d'adaptation. Les recommandations du **Tableau 15** montrent la valeur associée à la participation d'un groupe diversifié à l'évaluation, car bon nombre de ces recommandations nécessitent une collaboration qui dépasse la responsabilité du promoteur du projet.

*Tableau 15: Types courants de recommandations politiques*

| Mesures politiques | Exemple | Nombre d'évaluations |
|---|---|---|
| Mettre à jour les spécifications, les codes ou les normes de conception ou de matériaux | Développer des paramètres de conception et des lignes directrices pertinents et pratiques pour aider les concepteurs à prendre en compte l'influence future des changements climatiques sur la conception des infrastructures routières. Par exemple, il est actuellement difficile de tenir compte de l'effet de l'augmentation de l'ampleur et de la fréquence des précipitations sur les débits de pointe extrêmes des cours d'eau, car il ne s'agit pas d'une relation linéaire. La conception hydrotechnique future pourrait nécessiter une ingénierie | 33 |

| | | |
|---|---|---|
| | plus complexe, comme une analyse continue des précipitations et la modélisation des bassins versants. – *Ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique – autoroute 116, Yellowhead* | |
| Inclure le climat dans la stratégie/le plan/la politique | En tant qu'organisation du secteur public, Island Health sera chargée d'élaborer des plans d'atténuation et d'adaptation échelonnés sur 10 ans afin de répondre aux exigences du nouveau *BC Climate Leadership Plan*. Les hôpitaux ont tendance à avoir une empreinte environnementale importante, mais compte tenu de leur rôle régional central, ils ont également un potentiel unique pour fournir un leadership et servir de points d'ancrage et de modèles communautaires pour les mesures de développement durable. L'intégration d'une résilience à faible émission de carbone en intégrant la planification de la résilience aux changements climatiques à l'efficacité énergétique (et à d'autres aspects de la gestion du carbone) offre toute une série d'avantages et de synergies connexes, y compris un gain de temps et de ressources financières. Une telle approche pourrait servir de modèle à la région en matière de leadership climatique. – *Évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques de l'Hôpital général régional de Nanaimo (NRGH)* | 32 |
| Mise à jour des interventions d'urgence | Mettre à jour la procédure et le manuel d'interventions d'urgence, y compris l'examen annuel des dangers potentiels, une fonction de surveillance et de suivi, le manuel et la communication. – *Évaluation des risques liés aux actifs de transport (ERAT) dans le contexte des changements climatiques, terminal de traversier de Digby, Nouvelle-Écosse* | 31 |
| Mobilisation d'autres administrations | Anticiper et planifier les collaborations pour les événements météorologiques à risque élevé, comme les interactions avec les services d'urgence et communautaires, les | 17 |

| | | |
|---|---|---|
| | organismes externes et la communauté elle-même. – *Impacts des changements climatiques sur les infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées à Akwesasne* | |
| Améliorer la documentation/les rapports | Documenter les décisions de gestion prises par PortsToronto en lien avec les séances d'information hebdomadaires du Conseil international du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent. – *Évaluation de la vulnérabilité des actifs de PortsToronto aux changements climatiques et aux conditions météorologiques extrêmes* | 2 |
| Programmes de mesures incitatives | Promouvoir et offrir des mesures incitatives pour la conservation de l'eau dans l'agriculture urbaine, y compris le recyclage des eaux grises et les technologies de rétention et de stockage de l'eau. – *Évaluation des vulnérabilités et des risques climatiques de la ville de Lethbridge* | 2 |
| Aménagement à faible impact | Mettre à jour l'étude de 2013 sur les valeurs d'intégration du capital naturel d'Aurora afin de refléter les actifs actuels et le plan de gestion des actifs. | 2 |

## Étude supplémentaire

Une fois l'évaluation des risques du CVIIP achevée, des études supplémentaires sont souvent nécessaires pour mieux éclairer les facteurs de risque des infrastructures, notamment les facteurs qui favorisent les risques, les dangers climatiques et les données en cours d'élaboration, ou des études qui permettent de mieux soutenir les recommandations, comme les analyses coûts-avantages ou les études d'impact social. La recommandation d'étude supplémentaire la plus fréquente dans toutes les évaluations est d'effectuer de nouvelles évaluations des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques (EVRCC) au fur et à mesure que les données climatiques et la science continuent d'évoluer. Les éléments/matériaux d'infrastructure spécifiques et les études hydrologiques constituent le deuxième ensemble de recommandations le plus fréquent, dans l'intention de mieux éclairer les résultats associés aux risques spécifiques ou les interactions entre les dangers climatiques et les composants qui n'étaient pas pris en compte dans la portée de l'évaluation initiale. Le **Tableau 16** résume ces catégories.

*Tableau 16: Types courants d'études supplémentaires recommandées*

| Mesures supplémentaires de l'étude | Exemple | Nombre d'évaluations |
|---|---|---|
| Analyse du climat futur | Entreprendre une analyse climatique supplémentaire pour déterminer l'impact actuel et futur du brouillard et du vent sur les activités (lorsque la station météorologique de l'île sera pleinement opérationnelle). – *Évaluation des vulnérabilités des actifs de PortsToronto aux changements climatiques et aux conditions météorologiques extrêmes* | 28 |

| | | |
|---|---|---|
| Étude spécifique sur les infrastructures ou les matériaux | Inspection par télévision en circuit fermé du système de collecte existant afin d'identifier les sources possibles de débit entrant et d'infiltration. – *Vulnérabilité de la modernisation de l'usine de traitement des eaux d'égout de Sandy Point aux changements climatiques* | 24 |
| Études hydrologiques/modélisation | Une étude visant à estimer les augmentations potentielles des débits et de la fréquence des crues devrait être réalisée, y compris une modélisation hydrologique utilisant des valeurs climatiques projetées. Cette étude permettra de mieux éclairer les décisions en matière d'exploitation et de conception. – *Rapport d'évaluation du CVIIP sur les infrastructures des eaux pluviales de la ville de Vernon* | 18 |
| Étude technique | Un examen technique devrait être entrepris pour évaluer si le système de ventilation existant est adéquatement conçu pour répondre aux besoins de refroidissement de l'espace. – *Rapport d'évaluation des risques liés aux changements climatiques de l'aéroport de Penticton* | 10 |
| Courbes IDF | Les répercussions sur l'application des relations IDF actualisées et projetées (c.-à-d. 2020 et 2050), établies pour cette évaluation des risques, devraient être évaluées afin de déterminer l'applicabilité à long terme pour la conception des réseaux d'égouts. – *Évaluation du système de collecte et de traitement des eaux pluviales et des eaux usées de la ville de Welland* | 8 |
| Analyse coût-avantage | Réaliser une analyse de rentabilité pour l'installation d'une infrastructure de catégorie 2/3 pour la visibilité réduite afin de permettre aux avions d'arriver et de décoller dans des conditions de visibilité réduite. – *Stratégie de résilience aux changements climatiques de l'aéroport de Saint John, Nouveau-Brunswick* | 6 |

| | | |
|---|---|---|
| Suivi et évaluation à long terme | Réévaluer la vulnérabilité aux changements climatiques tous les cinq ans avec plusieurs parties intéressées, notamment les exploitants de l'aéroport, ainsi que les propriétaires et les utilisateurs de l'aéroport, à mesure que de nouvelles données de référence, des renseignements sur la performance des infrastructures et des modèles climatiques améliorés deviennent disponibles. – *Évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques de l'aéroport Mike Zubko* | 6 |
| Étude sur les solutions fondées sur la nature | L'abondance d'espaces verts sur le site devrait être utilisée pour gérer de manière durable les eaux pluviales dans le cadre de l'infrastructure naturelle du site. Des études supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement la capacité de l'étang sec en matière d'eaux pluviales et la demande supplémentaire du développement proposé. – *Évaluation de la résilience aux changements climatiques de Forest Lawn Multiplex* | 4 |
| Recherche sur l'innovation technologique | Étudier la possibilité d'une utilisation plus répandue de l'automatisation de la distribution. – *Évaluation du CVIIP pour Maritime Electric Company ltée* | 3 |
| Évaluation de la criticité | Il a été déterminé que plusieurs des stations de pompage critiques risquent d'être touchées par des inondations. Puisque les projections climatiques indiquent une augmentation potentielle des tempêtes et des inondations, il est recommandé de procéder à un examen de ces stations de pompage et de prendre des mesures correctives pour assurer la protection nécessaire contre les inondations. – *Infrastructure d'approvisionnement en eau de la ville de Calgary* | 2 |
| Analyse judiciaire | Réaliser une étude de cas détaillée de la tempête du 30 avril 2017 afin : 1) d'évaluer correctement la hauteur de l'onde de tempête et la pénétration du littoral pendant | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| | l'événement; 2) de préciser le calcul de la période de retour de l'événement; 3) de déterminer les tempêtes similaires qui se sont produites historiquement et 4) de mieux déterminer la vraisemblance de futures tempêtes de nature semblable sous l'effet du réchauffement climatique. – *Évaluation du CVIIP de trois parcs municipaux – ville de Mississauga* | |
| Évaluation des impacts sur la santé publique | La surveillance et la projection des tendances des changements climatiques et des impacts connexes sur la santé, notamment les épisodes de chaleur extrême, les feux de forêt, les inondations et la prévalence accrue des maladies (par exemple, la maladie de Lyme, le virus Zika, le virus du Nil occidental), peuvent contribuer à l'analyse des flux de patients et souligner les problèmes de capacité interne qui en découlent. Le suivi des visites à l'hôpital pour des problèmes respiratoires à la suite de feux de forêt et d'épisodes de chaleur extrême par le BC Centre for Disease Control (BCCDC) est un exemple du type de système de détection précoce et d'alerte auquel l'Hôpital général régional de Nanaimo pourrait se connecter. On s'attend aussi à ce que les changements climatiques favorisent l'émergence de nouveaux risques pour la santé susceptibles d'entraîner des conséquences sur la capacité d'exploitation de l'hôpital. – *Évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques de l'Hôpital général régional de Nanaimo (NRGH)* | 2 |

## Lacunes et limites cernées

Il est recommandé d'indiquer les limites dans le cadre de tous les rapports du CVIIP. La plupart des évaluations examinées comportent une section sur les limites. Chaque rapport a été examiné et balisé avec un type standard de limite, comme l'indique le **Tableau 17.** Les limites les plus souvent mentionnées sont liées à la modélisation climatique et à la science climatique, suivies par l'accès aux données.

*Tableau 17: Limites déclarées*

| Limites déclarées | Nombre d'évaluations |
|---|---|
| Modélisation climatique | 39 |
| Science climatique | 36 |
| Accès aux données | 23 |
| Effets/impacts en cascade non pris en compte | 14 |
| Niveau de détail | 11 |
| Hypothèse voulant que les données reçues soient correctes | 10 |
| Jugement professionnel | 10 |
| Incertitude | 8 |
| Aucune analyse coût-avantage | 7 |
| Aucune visite de site | 5 |
| Calendrier du projet | 5 |
| Étape 4 : analyse technique | 5 |
| Nombre de scénarios ou horizon temporel | 4 |
| Limitation de la compétence | 3 |
| Hypothèse selon laquelle l'état de l'actif demeure le même | 2 |
| Instruments désuets | 1 |

# 5. Avantages de la réalisation d'une EVRCC

Les sections suivantes décrivent certains des avantages de la réalisation d'évaluations des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques (EVRCC) à l'aide du Protocole du CVIIP qui ont été mis en évidence lors du processus de la méta-analyse. Des citations anonymes tirées des entretiens menés dans le cadre de l'élaboration des études de cas sont présentées.

## Renforcement des capacités et mobilisation

- Les évaluations du CVIIP offrent la possibilité de renforcer les capacités des organisations, y compris celles du propriétaire de l'infrastructure qui entreprend l'évaluation et d'autres parties intéressées.
- Tout au long du processus, des champions internes sont formés, soutenus et habilités. Cette compréhension et cette sensibilisation accrues soutiennent directement l'action.
- La mobilisation pendant toute la durée d'une évaluation peut favoriser une culture d'expertise et d'appropriation au sein de l'organisation. Un sentiment d'appropriation des résultats des risques et une meilleure compréhension permettent de s'assurer que les efforts de résilience vont au-delà de la phase d'évaluation initiale.
- Cette mobilisation assure non seulement la prise en compte de diverses perspectives, mais facilite également le partage des connaissances et la collaboration.
- Les évaluations du CVIIP ont permis de nouer des relations durables au sein des organisations et entre elles.
- En assurant la participation des participants de différents secteurs, les EVRCC favorisent une approche globale de la planification de la résilience, améliorant ainsi l'efficacité et la pertinence des stratégies qui en découlent.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Réunir des groupes et des points de vue différents est toujours précieux pour nous. Bon nombre des résultats relatifs aux risques et aux impacts en cascade n'auraient pas été possibles sans ces conversations. »
- « Notre processus de mobilisation a réuni des équipes qui ne travaillent pas souvent en collaboration ou ne partagent pas de renseignements. Notre équipe opérationnelle ne savait pas combien de membres de la collectivité avaient été déplacés après une inondation jusqu'à ce qu'elle apprenne par les services sociaux que des centaines de personnes avaient eu besoin d'aide pour trouver un autre logement. Cela nous a aidés à comprendre les répercussions en aval sur les collectivités, au-delà des infrastructures. »
- « Nous avons besoin d'experts en matière de changements climatiques, mais il est beaucoup plus significatif et essentiel d'avoir un directeur municipal et un membre du personnel du service des travaux publics qui se soucient des changements climatiques. Il faut que le climat soit compris et intégré dans tous ces rôles pour que les mesures soient efficaces. »
- « J'ai participé à plusieurs ateliers réunissant des propriétaires d'infrastructures municipales, des experts du climat et des fournisseurs de services, ainsi que le secteur élargi de l'environnement. Il existe de nombreuses organisations, y compris des organisations sans but lucratif, qui pourraient autrement ne pas être mobilisées dans ce type d'activités, mais qui peuvent apporter une valeur et une expertise considérables. »

### Processus structuré, mais flexible

- Le CVIIP a été utilisé dans un éventail incroyablement vaste de types d'infrastructures, d'échelles et de lieux, et a permis d'atteindre un grand nombre d'objectifs.
- Les utilisateurs du Protocole du CVIIP s'accordent à dire que l'approche est à la fois rigoureuse et flexible. La gamme d'applications d'évaluation incluse dans la méta-analyse peut inspirer d'autres personnes à adapter l'approche à leurs besoins spécifiques.
- Plusieurs évaluations ont intégré une évaluation du CVIIP dans une initiative beaucoup plus large, comme l'élaboration d'une stratégie d'adaptation côtière ou d'un plan directeur.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Lorsqu'on est plus à l'aise avec le Protocole du CVIIP, on peut voir comment les étapes fondamentales peuvent être adaptées à nos besoins. »

### Confirmation et consolidation des renseignements

- Malgré une sensibilisation accrue aux changements climatiques, on hésite encore à intégrer les changements climatiques dans les nouvelles conceptions et les initiatives de hiérarchisation. Les résultats de l'évaluation du CVIIP, en particulier lorsque des risques élevés sont établis, constituent un outil utile pour rationaliser la planification de l'adaptation future.
- Dans certains cas, une évaluation du CVIIP est l'occasion de rassembler les renseignements et les connaissances dont dispose déjà une organisation. Il se peut qu'elle soit consciente des impacts climatiques, mais qu'elle n'ait pas encore formulé la manière dont ceux-ci touchent ses activités et ses actifs.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Il se peut que les ingénieurs envisagent déjà d'intégrer le climat dans leur conception, mais qu'ils s'inquiètent des conséquences, comme le fait de se faire dire qu'ils font de la surconception ou que les coûts ne sont pas justifiés. Les résultats de l'EVRCC constituent une ressource claire et défendable qui permet de rationaliser les décisions pour passer à l'action. »

### Démontrer son engagement à agir

- Plusieurs évaluations ont utilisé les résultats de l'évaluation du CVIIP pour présenter une demande et obtenir du financement, comme le Fonds d'atténuation et d'adaptation en matière de catastrophes (FAAC). Ces exemples montrent qu'une EVRCC, une fois achevée, peut indiquer que l'organisation s'est sincèrement engagée à prendre des mesures et qu'elle a établi des priorités.

**Ce que nous avons entendu :**

- Malheureusement, plusieurs organisations que nous avons interrogées ont été confrontées à des événements extrêmes, notamment des ouragans, des tempêtes de vents violents, des inondations et des incendies, qui étaient précisément décrits dans leur évaluation des risques. Ces événements ont entraîné des répercussions importantes sur les infrastructures publiques, notamment des interruptions de service et des dommages qui ont profondément touché les collectivités. Dans les situations où votre crédibilité et votre réputation sont menacées, il est important de démontrer les mesures concrètes prises pour répertorier ces résultats et éviter qu'ils ne se reproduisent. Plusieurs organisations ont souligné qu'après un événement, l'adaptation au climat devient une priorité plus importante et que le fait d'avoir préparé des idées augmente la vraisemblance qu'elles puissent être mises en œuvre. Même si elle n'est pas entièrement proactive, cette approche est préférable à l'absence totale de plan pour aborder les risques.

## Recommandations exploitables

- L'un des principaux avantages des EVRCC concerne leur capacité à générer des recommandations exploitables. Il peut s'agir de recommandations très spécifiques pour des actifs particuliers ou de principes généraux d'intégration des risques climatiques.
- En concentrant leurs efforts sur les vulnérabilités et les risques les plus importants, les organisations peuvent maximiser l'effet de leurs ressources limitées et réduire au minimum les pertes potentielles dues aux événements liés au climat.
- En évaluant les vulnérabilités et les risques de manière exhaustive, les EVRCC donnent aux organisations des indications précises sur les domaines nécessitant une attention et une intervention.

- Ces recommandations servent de feuille de route pour la mise en œuvre de mesures d'adaptation ciblées, permettant aux organisations de hiérarchiser les mesures en fonction des risques et des possibilités cernés.
- Les EVRCC constituent une étape vers l'optimisation de l'allocation des ressources en établissant les domaines où les investissements dans la résilience seront les plus rentables.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Le résultat final d'une évaluation doit être une feuille de route claire pour la planification de l'adaptation au climat. Les recommandations doivent décrire les prochaines étapes à franchir, les responsables et le calendrier de mise en œuvre. »
- « De plus en plus, les propriétaires d'infrastructures exigent que les EVRCC et les initiatives de traitement des risques soient directement liées à un seul et même projet, ou en fassent partie. Cette approche permet de s'assurer que des mesures sont prises et que les rapports ne restent pas sur un bureau sans suivi. »

# 6. Défis communs concernant les EVRCC

Les sections suivantes décrivent certaines des difficultés liées à la réalisation d'EVRCC à l'aide du Protocole du CVIIP qui ont été mises en évidence lors du processus de la méta-analyse. Des citations anonymes tirées des entretiens menés dans le cadre de l'élaboration des études de cas sont présentées.

## Temps et ressources nécessaires

- Plusieurs entretiens ont souligné le fait que la réalisation d'une évaluation du CVIIP exige des ressources importantes. Même si l'on fait appel à des experts externes, les connaissances et l'expertise internes du propriétaire de l'infrastructure sont toujours sollicitées.
- De nombreuses organisations, en particulier les plus petites ou celles de la limite Sud, peuvent ne pas disposer des ressources nécessaires pour réaliser des évaluations exhaustives.
- Réunir un groupe diversifié d'experts nécessite des compétences en matière de coordination et de facilitation. Comme le souligne la section sur les avantages, la valeur de cet effort ne doit pas être sous-estimée dans un effort de rationalisation ou de réduction des coûts.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Ne sous-estimez pas le temps nécessaire pour assurer l'efficacité de la mobilisation et de la facilitation. On a souvent tendance à consacrer la majorité du temps aux tâches techniques et à négliger la communication. Prévoir une mobilisation plus importante que prévu peut donner des résultats surprenants et bénéfiques. »

- « Il est beaucoup plus facile de procéder à une évaluation lorsqu'il y a un financement externe ou une expertise fournie. »

### Accès aux données climatiques et approches d'analyse

- L'élaboration et l'interprétation rigoureuses des données climatiques constituent systématiquement un défi majeur dans la conduite d'une évaluation du CVIIP. Bien que des progrès aient été réalisés dans ce domaine depuis la première utilisation du Protocole en 2008, cela demeure un défi.
- L'accès à des données climatiques fiables a été mentionné comme l'une des principales limites dans toutes les évaluations examinées. De plus, la question de la confiance à l'égard des données utilisées a été soulevée à plusieurs reprises lors des entretiens. Certaines personnes interrogées ont indiqué qu'elles étaient confiantes dans l'utilisation des données pour l'évaluation, mais qu'il faudra travailler davantage pour intégrer la planification fondée sur des scénarios dans les conceptions futures.
- Depuis la dernière mise à jour du Protocole du CVIIP en 2016, plusieurs outils, dont donneesclimatiques.ca, l'Atlas climatique du Canada, les Portraits climatiques et PAVICS d'Ouranos, et le *Climate Explorer* du PCIC ont été introduits. Bon nombre des évaluations examinées n'avaient pas accès à ces outils, ce qui laisse entrevoir la possibilité de rationaliser la collecte et l'analyse des données climatiques à l'avenir.
- La disponibilité croissante de portails de données climatiques a été utile; cependant, il demeure nécessaire de présenter davantage d'orientations sur certains sujets, notamment la manière d'utiliser des données indirectes pour les dangers qui ne peuvent pas être facilement obtenues au niveau local (comme les inondations par crue, le brouillard et les ouragans), le calcul des statistiques sur les événements extrêmes, la combinaison de renseignements quantitatifs et qualitatifs dans une évaluation unique, et la comparaison des dangers chroniques et aigus.

**Ce que nous avons entendu :**

- Il n'existe actuellement aucun ensemble normalisé de qualifications ou de compétences permettant d'évaluer l'ensemble des compétences des spécialistes du climat pour la réalisation des évaluations du CVIIP. Il est donc difficile d'embaucher ces experts et d'avoir confiance dans les résultats qu'ils fournissent.
- Il existe un besoin évident d'orientations supplémentaires ou de soutien dans le cadre du Protocole du CVIIP et de formation supplémentaire pour soutenir la science climatique appliquée pour les applications du CVIIP. Des efforts continus sont nécessaires pour relever ces défis.
- La collaboration continue avec des organisations comme le Centre canadien des services climatiques et les carrefours régionaux sur le climat, comme Ouranos, PCIC, ClimAtlantic, ClimateWest et le Centre de ressources d'adaptation climatique de l'Ontario, fait également partie intégrante de l'avancement des pratiques.

### Accès à d'autres données

- Les données relatives aux facteurs sociaux, économiques et environnementaux peuvent également être manquantes ou désuètes, ce qui complique davantage le processus d'évaluation et la capacité à formuler des recommandations détaillées, notamment une analyse coût-avantage.
- Pour surmonter ces limites, il faut adopter des approches novatrices en matière de collecte, d'analyse et de modélisation des données, et collaborer avec les parties intéressées pertinentes pour combler les lacunes et aborder les incertitudes.

**Ce que nous avons entendu :**

- « On nous a demandé de quantifier le coût de l'inaction par rapport au coût de l'adaptation. Toutefois, à l'époque, il n'existait que peu de données ou de méthodes accessibles au public pour quantifier avec précision les impacts directs et indirects des dangers, dont les inondations. Il semble qu'il soit beaucoup plus facile d'obtenir des chiffres clairs pour l'atténuation des changements climatiques que pour les efforts d'adaptation. »

### Compréhension conceptuelle des concepts fondamentaux

- La méta-analyse a mis en évidence des divergences dans l'interprétation et l'application de concepts fondamentaux, comme la vulnérabilité, le risque, la sensibilité, la capacité d'adaptation et l'exposition. La plupart des évaluations appliquent un score de conséquences unique, représentant souvent à la fois la vulnérabilité de l'élément d'infrastructure à un danger donné et les conséquences possibles de cette interaction. En l'absence d'une documentation appropriée, cela peut poser un problème. Par exemple, dans le cadre d'un atelier, les participants peuvent estimer qu'un événement comme une grave inondation pourrait entraîner des conséquences catastrophiques (inondation, score de 5) en cas de défaillance d'un élément d'infrastructure, tout en estimant que la vraisemblance du danger (inondation, score de 4) est supérieure à la vraisemblance de défaillance de l'élément d'infrastructure, ce qui se traduit par un risque élevé (score de 20). Puisque la notation des conséquences suppose que l'événement s'est produit et que le score de vraisemblance ne peut être ajusté, les participants peuvent choisir de diminuer le score des conséquences. Cela peut inclure une discussion sur la manière dont la création d'une équipe d'intervention d'urgence solide pour effectuer les réparations et le nettoyage immédiatement pourrait réduire les conséquences. Cette discussion est souvent simplifiée à l'extrême dans les rapports, surtout lorsque les concepts liés à la sensibilité et à la

capacité d'adaptation ne sont pas pris en compte. Il est alors beaucoup plus difficile de revoir ou de comprendre les résultats.

- Les évaluations varient considérablement dans la manière dont elles prennent en compte le(s) service(s) fourni(s) par une infrastructure dans leur notation et leur rapport sur les risques. Par exemple, une évaluation peut classer une interaction comme ayant des « conséquences extrêmes » uniquement si elle entraîne une perte totale de l'actif, des interruptions de service et des impacts en cascade sur la collectivité en aval. En revanche, une autre évaluation peut classer une interaction comme ayant des « conséquences extrêmes » uniquement en fonction de la perte de l'actif, sans tenir compte des impacts en aval (c'est-à-dire de la manière dont les services sont touchés et de l'importance de ces services). Lorsque cela n'est pas bien documenté ou déclaré dans des rapports, il est difficile de comparer les risques entre différentes évaluations ou de reproduire la même évaluation à l'avenir.
- La capacité à prendre en compte les risques en cascade est une limite souvent évoquée de la méthodologie de base du CVIIP. Le Protocole du CVIIP révisé (2024) et le Protocole vert du CVIIP (2023) offrent des orientations supplémentaires sur ces concepts. Avec la popularité et la connaissance croissantes des approches fondées sur la pensée systémique, on s'attend à ce que les praticiens disposent de plus d'orientations et d'outils pour comprendre le portrait complet de l'infrastructure dans un contexte élargi du système.
- Pour relever ce défi, il est essentiel d'établir des définitions et des cadres clairs pour ces concepts afin d'assurer la cohérence et la précision tout au long du processus d'évaluation. Le Protocole du CVIIP révisé de 2024 a inclus davantage d'orientations sur ces concepts fondamentaux, ainsi qu'un soutien complémentaire, notamment une analyse autonome des vulnérabilités et l'utilisation de chaînes d'impact.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Nous devrions vraiment insister sur le fait qu'il est possible de réduire une partie de la subjectivité en définissant mieux les conséquences. Le terme "modéré" est beaucoup plus subjectif et ambigu que "réduction du service pendant 4 heures". Cela permet également de mieux planifier l'adaptation. Si les conséquences sont élevées d'une optique structurelle, la recommandation ne devrait pas porter sur l'exploitation et la maintenance si cela ne correspond pas à la réalité. »

### Collaboration entre les disciplines

- Les évaluations du CVIIP nécessitent une approche interdisciplinaire entre les experts de différents secteurs, notamment la science climatique, l'ingénierie, les sciences sociales et la politique. La coordination de ces diverses perspectives et l'intégration de leurs idées dans une évaluation cohérente peuvent s'avérer difficiles et nécessitent une communication, une collaboration et un leadership efficaces.
- Les différentes disciplines peuvent avoir des méthodologies, des mesures et des priorités différentes, ce qui complique davantage le processus d'intégration et peut entraîner des conflits ou des incohérences dans les résultats de l'évaluation.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Des termes comme "conservateur" peuvent avoir des significations totalement opposées pour un climatologue et un ingénieur. Lors de la collaboration, il est essentiel de s'aligner sur la terminologie et de ne pas supposer qu'un ensemble de compétences particulier a plus de valeur qu'un autre. »

# 7. Du risque climatique à l'action climatique

Les EVRCC peuvent servir de fondement à l'adaptation aux changements climatiques en fournissant des renseignements essentiels sur les vulnérabilités et les risques d'une organisation. Ces renseignements contribuent à la planification et à la mise en œuvre des mesures d'adaptation recommandées et classées par ordre de priorité dans les EVRCC. Les mesures d'adaptation mises en œuvre aident à construire des systèmes d'infrastructures et des collectivités plus résilients aux impacts des changements climatiques.

Cette méta-analyse a permis de recenser de nombreux exemples de mesures significatives entreprises pour passer du risque climatique à l'action climatique. Ces mesures sont mises en évidence dans plusieurs études de cas et dans les sections décrites ci-dessous.

Il est essentiel d'établir un plan stratégique pour passer de manière harmonieuse de l'évaluation des risques climatiques à l'action climatique afin de maintenir l'élan et de s'assurer que les risques sont pris en compte de façon efficace. C'est pourquoi certaines organisations ont commencé à intégrer des processus de planification de la mise en œuvre dans leur processus d'EVRCC :

- En 2019, le ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique [voir l'étude de cas MOTI de la C.-B.] a publié la circulaire technique (TC) T-04/19 (en anglais) à l'intention de l'ensemble du personnel, exigeant que tous les projets intègrent une adaptation de la conception technique et soumettent une fiche de critères de conception au bureau de l'ingénieur en chef. Ce document d'orientation intègre les risques climatiques et la planification de l'adaptation dans tous les processus de prise de décision pour les nouveaux projets, ainsi que dans les initiatives de réhabilitation et d'entretien.
- En 2024, la ville de Calgary [voir l'étude de cas de Marda Loop] a mis à jour son cadre d'évaluation des risques climatiques et de la résilience (ERCR) et d'évaluation préalable des risques climatiques (EPRC) (en anglais) afin de soutenir la prise de décision. Les utilisateurs

sont maintenant tenus d'inclure un plan de mise en œuvre des mesures d'adaptation dans leur rapport d'évaluation. Ces plans peuvent être créés à l'aide de l'outil d'EPRC, qui encourage les équipes à établir des stratégies au-delà des normes de construction actuelles, à hiérarchiser davantage les mesures recommandées, à produire des plans complets qu'il est possible de consulter tout au long du projet, et à envisager également des mesures liées à l'atténuation des changements climatiques.

- L'Ontario First Nations Technical Services Corporation (OFNTSC) a créé la Trousse d'outils de résilience des infrastructures des Premières Nations [voir l'étude de cas TORI-PN]. Cette trousse d'outils est un processus qui permet aux collectivités des Premières Nations d'évaluer la vulnérabilité de leurs infrastructures face à des conditions météorologiques extrêmes et de gérer les risques. La trousse d'outils est composée de modules : Structure et sources des données, Évaluation des risques climatiques et Plan de gestion des actifs (PGA). Le module sur le PGA permet à l'utilisateur de déterminer les besoins du cycle de vie et les exigences financières pour l'entretien ou les améliorations, d'établir des priorités, de planifier, de surveiller et d'établir des rapports pour tous les actifs de la collectivité. La trousse d'outils s'est imposée comme une solution permettant d'établir un lien entre l'état des infrastructures et les impacts des changements climatiques, favorisant ainsi la planification de la gestion des actifs à court et à long terme.
- En 2023, le réseau Atlantic Infrastructure Management [voir l'étude de cas du réseau AIM] a lancé un programme de cohorte de gestion des actifs pour le Canada atlantique afin d'aider les municipalités à réaliser des évaluations des vulnérabilités et des risques liés aux changements climatiques. La cohorte comprend cinq ateliers axés sur le renforcement des capacités organisationnelles et l'établissement de priorités pour le renouvellement et le remplacement des infrastructures. Le dernier atelier s'est concentré sur la création d'une liste d'actifs critiques et de stratégies d'entretien préventif, de surveillance et de renouvellement, sur l'évaluation de solutions de rechange au remplacement et au renouvellement pour gérer les contraintes de financement, sur la préparation de

projections de capital pour les actifs, sur l'intégration des mesures dans la planification de la gestion des actifs, et sur la surveillance des progrès pour explorer les possibilités d'amélioration continue.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Notre objectif n'était pas de rédiger un simple rapport. Nous voulions que les évaluations conduisent directement à l'adaptation. »
- L'adoption de la TORI-PN représente un pas important vers l'avant dans les efforts de renforcement de la résilience des collectivités. En donnant aux collectivités les outils et les connaissances nécessaires pour évaluer et atténuer les risques, la TORI-PN renforce leur capacité à s'adapter à un climat changeant.

Si les plans de mise en œuvre apparaissent comme un moyen important de faciliter une action climatique coordonnée en réponse aux recommandations des évaluations du CVIIP, les évaluations ont également conduit dans de nombreux cas à la mise en œuvre de mesures d'adaptation indépendantes des plans de mise en œuvre globaux.

Les **mesures correctives** comprennent des efforts de réhabilitation pour augmenter la capacité des infrastructures d'eaux pluviales [voir l'étude de cas de PortsToronto], la modernisation des stations de pompage et la création de plus de stockage pour réduire les inondations le long de la rive est [voir l'étude de cas de Riverside], des mesures de contrôle de l'érosion [voir l'étude de cas de Faro], le remplacement des revêtements imperméables par des revêtements perméables au niveau de la conception [voir l'étude de cas de Marda Loop], et le réacheminement des sentiers loin des zones de faible élévation (ruisseau Bragg).

Les **mesures de gestion** comprennent l'entretien et les inspections de routine des infrastructures existantes, le renforcement de la surveillance, la collecte de données et les rapports sur les dommages causés par les dangers, ainsi que les annulations et retards de navires [voir l'étude de

cas d'Atlantic Ferries], ainsi que l'évaluation de la progression de l'érosion à l'aide de registres photographiques et de mesures [voir l'étude de cas de Faro]. Les deux études de cas sur les infrastructures côtières, PortsToronto et Atlantic Ferries, emploient actuellement des activités d'exploitation et de gestion réactives en raison de la nature des dangers présents. Consultez les études de cas complètes pour voir les différents plans que les deux organisations ont mis en place pour passer à une approche proactive. Depuis la mise en œuvre du revêtement précédent dans le projet Marda Loop à Calgary, l'équipe du projet a travaillé avec Stantec, le consultant en conception, et les responsables de l'exploitation des routes pour élaborer un manuel d'exploitation et de gestion pour les pavés perméables.

**D'autres recommandations d'études** ont été mises en œuvre, notamment des trous de forage pour comprendre les conditions du pergélisol à Faro, une étude sur la gestion des eaux pluviales réalisée par PortsToronto à l'Aéroport Billy Bishop de Toronto (ABBT), des études sur les vagues réalisées par les terminaux d'Atlantic Ferry pour éclairer la conception de la modernisation des actifs, et d'autres EVRCC plus spécifiques à l'emplacement réalisées par la ville de Windsor.

Les **mesures politiques** peuvent être plus difficiles à mettre en œuvre, surtout si elles nécessitent la participation de parties externes à l'évaluation initiale, ce qui peut[11] expliquer pourquoi cette catégorie de recommandations liées au CVIIP semble avoir donné lieu au plus petit nombre de mesures mises en œuvre. Toutefois, comme indiqué ci-dessus, le MOTI de la C.-B. a élaboré la politique de la circulaire technique (TC) T-04/19 qui exige que tous les projets provinciaux

[11] Il convient de noter que tous les entretiens n'ont pas été menés avec des propriétaires d'infrastructures. Puisque les changements de politique se produisent à l'interne pour les organisations et les municipalités, il est possible que davantage de recommandations politiques aient été mises en œuvre.

prennent en compte les risques climatiques et l'adaptation. De plus, Engineers and Geoscientists BC (EGBC) a collaboré avec le MOTI de la C.-B. pour publier le document « Professional Practice Guidelines – Developing Climate-Resilient Designs for Highway Infrastructure in British Columbia » (Lignes directrices pour la pratique professionnelle – Élaboration de conceptions résistantes au climat pour les infrastructures routières en Colombie-Britannique), qui développe davantage la circulaire technique et fournit des lignes directrices supplémentaires. Dans de nombreux cas, les évaluations du CVIIP ont débouché sur des mesures climatiques allant au-delà des recommandations les plus immédiates des équipes d'évaluation et des rapports. Par exemple :

- Les résultats des évaluations ont été inclus dans les **plans directeurs**. Par exemple, l'évaluation de la partie est de la ville de Windsor [voir l'étude de cas de Riverside] a directement éclairé le Plan directeur pour les égouts et la protection contre les inondations côtières publié en 2020, et l'EVRCC du ruisseau Bragg a été réalisée parallèlement au Plan directeur des sentiers du ruisseau West Bragg afin de déterminer et de souligner les domaines dans lesquels l'adaptation climatique est déjà en cours et de montrer comment ces décisions deviendront encore plus importantes au fil du temps.
- Les résultats des évaluations ont contribué à l'élaboration de **plans d'adaptation**. Par exemple, Hydro Ottawa et Maritime Electric [voir l'étude de cas sur les systèmes électriques] ont élaboré des plans d'adaptation aux changements climatiques en réponse à leurs évaluations du CVIIP, dans le but de remédier aux vulnérabilités et de réduire les risques, et la ville de Windsor a inclus les résultats de l'évaluation du CVIIPE de l'Est dans son plan d'adaptation aux changements climatiques « Degré du changement » publié en 2020 [voir l'étude de cas de Riverside].
- Les résultats des évaluations ont été intégrés dans les initiatives de **gestion des actifs**. Par exemple, depuis l'achèvement de son évaluation du CVIIP, le MOTI de la C.-B. a investi dans un « système de gestion des actifs des ponceaux vulnérables » qui intègre le SIG et les données de gestion des actifs avec les données du Pacific Climate Impacts Consortium

(PCIC) sur les flux futurs projetés afin de développer des matrices de risques. De plus, les évaluations des risques liés aux actifs de transport (ERAT) ont été achevées pour éclairer la planification à long terme et les décisions de gestion des actifs afin d'orienter la planification et la conception futures de nouvelles infrastructures pour TC [voir l'étude de cas d'Atlantic Ferries].

## Catalyseurs et obstacles à la mise en œuvre des mesures

Des études de cas sur les évaluations du CVIIP et les mesures qu'elles ont suscitées ont mis en évidence divers catalyseurs et obstacles à la mise en œuvre de mesures d'adaptation.

### Catalyseurs

**Expérience visant les dangers et les impacts** – Les organisations et les collectivités qui ont déjà subi les conséquences négatives des dangers climatiques sont plus susceptibles de comprendre la nécessité d'une action climatique. Même si ces événements ne doivent jamais être présentés comme bénéfiques, ils peuvent servir de catalyseur à des mesures susceptibles de prévenir des dommages futurs.

**Ce que nous avons entendu :**

- « La ville a trouvé un terrain d'entente concernant les problèmes d'érosion dans une zone – lorsque nous avons envoyé des questions pour obtenir une rétroaction, ce problème a été reconnu parce qu'il était visible pour eux. Il semble plus difficile d'obtenir l'adhésion pour d'autres impacts qu'on ne peut pas voir. »

**Renforcement des capacités et mobilisation** – L'inclusion de toutes les parties intéressées et d'une équipe de projet pluridisciplinaire tout au long du processus d'EVRCC contribue à créer une dynamique pour la mise en œuvre en renforçant les relations et les capacités, et en attribuant les

responsabilités de la gestion des risques élevés. Si les parties savent que leurs préoccupations et leurs besoins sont pris en compte, elles seront plus enclines à faciliter la mise en œuvre.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Plus on s'investit dans les ateliers, plus on en retire des avantages. Nous avons pu créer la dynamique nécessaire à la mise en œuvre parce que nous nous adressions vraiment aux parties prenantes. »
- « Il faut vraiment effectuer le travail pour maximiser la participation et renforcer les relations si l'on veut que la mise en œuvre soit réussie. »

**Fournir des renseignements sur les coûts –** Le fait de pouvoir montrer aux décideurs des avantages concrets grâce à des analyses financières favorise l'adhésion et la mise en œuvre. Les analyses financières, comme le rendement du capital investi (RCI) et les analyses coûts-avantages permettent de montrer aux décideurs que l'argent dépensé aujourd'hui permettra d'économiser de l'argent à l'avenir.

**Ce que nous avons entendu** :

- « Nous avons également réussi à obtenir un financement du FAAC pour le projet, car nous avons pu effectuer une analyse du rendement du capital investi et fournir des chiffres concrets avant et après la mise en œuvre des mesures d'adaptation. C'est l'analyse des coûts qui intéresse le gouvernement. »

**Champions des changements climatiques et du développement durable** – Pour faire avancer l'action climatique, il est essentiel de disposer d'un champion des changements climatiques ou du développement durable, c'est-à-dire d'une personne qui a tout intérêt à ce que l'évaluation produise des résultats.

**Ce que nous avons entendu** :

- « Avoir un champion est la meilleure chose que l'on puisse faire. J'ai une équipe passionnée et forte, avec l'état d'esprit « On y va! Personne d'autre ne le fera, alors nous le ferons. »

**Criticité** – Il est important de prendre en compte la criticité de l'infrastructure et de s'assurer que les discussions sur la gravité des impacts sont reflétées dans le processus d'évaluation. Reconnaître l'importance de l'infrastructure dans le soutien des collectivités et des services essentiels peut aider à hiérarchiser les efforts d'adaptation et à allouer les ressources de manière efficace. Par exemple, Hydro Ottawa et Maritime Electric ont rapidement mis en œuvre des mesures d'adaptation en raison de la criticité et des conséquences pour le public d'une défaillance des infrastructures électriques.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Il n'est pas nécessaire que toutes les routes soient accessibles à 100 % dans toutes les conditions, cela dépend de la criticité. Par exemple, certains dommages peuvent être acceptables lorsque des réparations sont possibles. Il doit y avoir des niveaux de résilience en fonction de la criticité. »
- « Il est très coûteux de surélever les ponts, c'est pourquoi nous avons inclus des critères fondés sur les risques pour la prise de décision, par exemple si le pont est traversé par des eaux en mouvement rapide, s'il se trouve sur des routes locales, si la route mène à l'hôpital ou si elle est plus proche de l'océan. »

## Obstacles

**Financement** – De nombreuses collectivités et organisations au Canada sont confrontées au vieillissement de leurs infrastructures, ce qui entraîne une augmentation des risques et la nécessité de procéder à des améliorations qui intègrent des mesures d'adaptation afin de mieux servir les utilisateurs à long terme. Même si les EVRCC peuvent aider à obtenir divers flux de financement, comme le Fonds d'atténuation et d'adaptation en matière de catastrophes (FAAC), des difficultés subsistent en raison du prix élevé de ces travaux d'amélioration. Toutefois, il est important de noter qu'il est possible de prendre des mesures climatiques sans que le prix soit élevé, en intégrant des mesures comme l'amélioration de l'exploitation et de la maintenance, etc.

**Ce que nous avons entendu** :

- « L'étude sur la gestion des eaux pluviales a recensé plusieurs améliorations très coûteuses, de l'ordre de 25 à 35 millions de dollars. Ces améliorations sont prévues pour les années à venir parce que nous ne pouvons pas nous les permettre dans l'immédiat. »

**Adhésion** – Il peut être difficile d'obtenir l'adhésion des collectivités et des administrations municipales pour la mise en œuvre de mesures d'adaptation pour de nombreuses raisons, notamment des priorités concurrentes, dont la crise du logement ou un manque de connaissances sur les changements climatiques et les avantages de l'adaptation. Il est important d'aborder les discussions avec un esprit ouvert, en écoutant activement les points de vue et les préoccupations. Un dialogue ouvert favorise une meilleure compréhension et une plus grande collaboration. L'adhésion est favorisée lorsque les personnes concernées sont correctement informées et comprennent l'importance et les avantages de ce qui est proposé.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Une fois, j'ai pris la parole devant les membres du conseil pour parler des impacts des changements climatiques sur les inondations et les périodes de retour. La réponse a été qu'ils n'avaient pas vu cela, alors comment peuvent-ils savoir que c'est réel et pourquoi devrions-nous dépenser de l'argent pour cela? Ce que j'ai retenu, c'est qu'il ne faut peut-être pas toujours parler de changements climatiques, mais plutôt de conditions météorologiques. Selon la personne à qui l'on s'adresse, il est important de changer de langage pour faciliter la conversation. »

**Pandémie de COVID-19** – La pandémie de COVID-19 a posé des problèmes de mise en œuvre, en raison de la réduction des effectifs, de la remise en cause des allocations financières et de la difficulté à maintenir l'élan de l'action climatique. Il est important de tirer des leçons des défis qui provoquent des perturbations à l'échelle mondiale, comme la pandémie de COVID-19. À mesure que les changements climatiques progressent, le risque de maladies émergentes et d'autres crises mondiales s'accroît.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Malheureusement, certaines de nos unités commerciales n'ont pas parlé des changements climatiques depuis un certain temps. La COVID a eu un impact sur notre main-d'œuvre, réduite de 40 %, et l'accent a été mis sur la survie de l'entreprise. »

**Hiérarchisation** – Bien que les EVRCC aident à hiérarchiser les risques, il reste des défis à relever, surtout lorsqu'il existe de multiples interactions à risque élevé. Il s'agit notamment de trouver un équilibre entre des priorités concurrentes et d'allouer efficacement les ressources pour remédier aux vulnérabilités des infrastructures. Par exemple, les actifs qui approchent de la fin de leur durée de vie utile prévue peuvent être plus vulnérables à court terme, et des mesures peuvent être prises

dans le cadre du processus normal de renouvellement, en tenant compte du climat. Il est beaucoup plus difficile de prendre des décisions concernant les actifs présentant des risques élevés, dont la durée de vie est encore longue et pour lesquels aucune modernisation n'est prévue.

**Ce que nous avons entendu :**

- « Une région a reçu une somme d'argent pour effectuer des travaux de modernisation, mais nous n'avons reçu qu'un montant limité. Nous pouvions donc moderniser deux ponceaux sous-dimensionnés pour répondre aux besoins de capacité prévus par les changements climatiques ou concevoir les dix ponceaux de sorte qu'ils soient un peu plus grands. Nous ne savions pas quoi faire. Nous avons finalement décidé de les faire tous pour améliorer un peu la situation, car si l'on n'en fait que deux, on finira de toute façon par perdre un ponceau essentiel. »

**Concevoir/construire au-delà des normes** – Si certains professionnels et certaines organisations commencent à comprendre les responsabilités touchant la sécurité publique, qui nécessite la prise en compte des impacts futurs des changements climatiques pour concevoir et construire au-delà des codes et des normes, il reste des difficultés à surmonter pour y parvenir. Ces obstacles existent à la fois pour les professionnels des infrastructures (par exemple, les ingénieurs) et pour les clients (par exemple, les propriétaires d'infrastructures). Certains professionnels souhaitent simplement construire en fonction des exigences réglementaires de base (par exemple, les codes de construction provinciaux), tandis que d'autres n'ont peut-être pas la capacité, les connaissances ou l'expérience nécessaires pour ajouter des aspects climatiques. La conception et la construction au-delà des exigences minimales du code entraînent des coûts supplémentaires, et certains clients pourraient ne pas voir l'avantage des économies futures dans les coûts initiaux; lorsqu'il n'y a pas de documentation officielle à l'appui de ces notions, il est difficile d'avoir des conversations avec les clients et de les convaincre. Cependant, les attitudes évoluent vers la première solution, et il

ne reste plus qu'une étape majeure à franchir pour favoriser la construction d'infrastructures résilientes : la mise à jour des codes et des normes.

**Ce que nous avons entendu**:

- « Les codes et les normes prescriptifs constituent un obstacle de taille. Compte tenu des problèmes auxquels nous sommes confrontés, nous n'avons pas encore trouvé toutes les bonnes solutions. Ces codes et ces normes peuvent entraver la mise en œuvre de solutions novatrices – il faut se conformer au code et à la norme ou se risquer. Nous devons laisser aux professionnels la liberté de penser. »
- « Les normes vont statuer jusqu'à ce qu'elles prennent elles-mêmes en compte les changements climatiques. »
- « Le Code du bâtiment de l'Ontario serait le plus important à mettre à jour – c'est notre plus grand obstacle, car les gens veulent construire selon le code. Mais ce n'est qu'un minimum et rien ne dit que l'on peut aller au-delà du code, alors comment faire pour que les gens apportent les petits changements? »

## Enseignements tirés

Une fois les mesures d'adaptation mises en place, il est essentiel d'en assurer le suivi, de les documenter et de produire des rapports sur leurs résultats. Ces étapes sont importantes pour suivre les progrès réalisés, pour permettre la répétition du processus et pour éclairer l'apprentissage et les pratiques exemplaires. Il est également important de documenter les obstacles et les défis. Le partage des enseignements tirés aide chaque personne à trouver des moyens de réduire les obstacles et de favoriser continuellement l'adoption de mesures climatiques et d'infrastructures résilientes.

L’adaptation aux changements climatiques est un processus itératif, non seulement en raison de la nature changeante du système climatique, mais aussi en tant que processus d’apprentissage. La science, les données et les connaissances climatiques sont en constante évolution. Au fur et à mesure que nous acquérons des connaissances et de l’expérience, nous pouvons continuellement améliorer le processus d’évaluation des risques, l’action climatique, ainsi que le suivi et les rapports sur les progrès réalisés.

Cette méta-analyse se termine avec les conseils du ministère des Transports et de l’Infrastructure de la Colombie-Britannique :

« Ne craignez pas d’essayer quelque chose de nouveau et n’attendez pas pour le faire. Si les propriétaires d’infrastructures au Canada et dans le monde continuent à reporter leurs décisions en matière d’adaptation aux changements climatiques jusqu’à ce que des projections climatiques meilleures ou plus précises soient disponibles, d’innombrables décisions seront prises sans tenir compte des risques de manière appropriée. Faites de votre mieux avec les renseignements dont vous disposez et documentez-les. »

# Annexe A

*Tableau 18: Champs de collecte pour les analyses documentaires*

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| Général | Nom de l'évaluation | Texte |
| Général | Entreprise | Texte |
| Général | Client | Texte |
| Général | Date d'achèvement de l'évaluation | Date |
| Général | Classification principale des infrastructures | Menu déroulant :<br>Infrastructures aéroportuaires<br>Ponts<br>Bâtiments<br>Infrastructures côtières<br>Électrique<br>Mécanique<br>Carburant<br>Eau potable<br>Terres de loisirs et infrastructures fondées sur la nature<br>Routes et infrastructures connexes<br>Eaux pluviales<br>Eaux usées |
| Général | Classification supplémentaire des infrastructures | Menu déroulant |
| Général | Lieu | Nom de la collectivité : Texte<br>Menu déroulant : Province/Territoire |
| Général | Étape du cycle de vie des actifs | Menu déroulant :<br>Conceptuel/Planification<br>Conception<br>Construction<br>Exploitation normale<br>Renouvellement et réhabilitation<br>Désaffectation |
| Général | Âge/Date de construction | Description du texte<br>Menu déroulant :<br>S.O. – pas encore construit<br>0-5 ans |

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| | | 5-25 ans<br>25-50 ans<br>50 ans et plus |
| Général | Durée de vie prévue | Champ numérique et description |
| Général | Objectifs d'évaluation déclarés | Description textuelle longue |
| Général | Champ d'application de l'évaluation déclaré | Description textuelle longue |
| Général | Mots clés – objectifs/champ d'application | Balisage<br>Rénovation<br>Planification des infrastructures proposées<br>Développement de procédures<br>Gestion des actifs<br>Évaluation préalable<br>Processus réglementaire<br>Processus de financement (par exemple, l'optique climatique)<br>Renforcement des capacités |
| Méthodologie | Approche citée | Menu déroulant (multiples sélections)<br>Protocole du CVIIP<br>GEPHN du CVIIP<br>Portefeuille du CVIIP<br>Protocole vert du CVIIP<br>Alignement sur la norme ISO 31000<br>Alignement sur la norme ISO 14090<br>Alignement sur le GIEC<br>Autre (préciser) |
| Méthodologie | Justification de l'ajustement de la méthodologie | Description textuelle longue |
| Méthodologie | Scénario d'émissions | Menu déroulant (multiples sélections) :<br>RCP 8.5<br>SSP5-8.5<br>RCP 4.5<br>SSP2-4.5<br>RCP 2.6<br>SSP1-2.6 |
| Méthodologie | Horizons temporels utilisés | Période de référence, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060, 2070, 2080<br>Autre (préciser) : |

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| Méthodologie | Période de référence | Menu déroulant :<br>1981-2010<br>1991-2020<br>1971-2000<br>1961-1990<br>1951-1980<br>1941-1970<br>Autre (préciser) : |
| Méthodologie | Analyse technique | L'étape facultative 4 – Analyse technique – a-t-elle été réalisée?<br>Oui<br>Non |
| Méthodologie | Triple bilan | Le module de triple bilan a-t-il été utilisé?<br>Oui<br>Non |
| Méthodologie | Ateliers | Menu déroulant : Un atelier a-t-il été organisé?<br>Oui – la notation a été effectuée par les participants<br>Oui – la notation a été effectuée par des consultants et validée par les participants.<br>Non |
| Méthodologie | Analyse quantitative supplémentaire | Description de la réponse longue (exemple : modélisation hydrologique et hydraulique) |
| Méthodologie | Échelles de probabilité (ou de vraisemblance) | Menu déroulant avec entrée de texte supplémentaire si 4 :<br>Protocole du CVIIP, méthode A en 7 points<br>Protocole du CVIIP, méthode B en 7 points<br>Référence moyenne du GEPHN du CVIIP<br>Autre approche (décrire) : |
| Méthodologie | Échelles de gravité des impacts (ou des conséquences) | Menu déroulant avec entrée de texte supplémentaire si 4 :<br>Protocole du CVIIP (7 points), méthode D<br>Protocole du CVIIP (7 points), méthode E<br>GEPHN du CVIIP (5 points)<br>Autre approche (décrire) : |
| Méthodologie | Seuils de goût du risque | Protocole du CVIIP (échelle en 7 points)<br>GEPHN du CVIIP (échelle en 5 points)<br>Autre approche (décrire) : |

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| Méthodologie | Seuils de goût du risque | Description de la réponse courte : inclure toute discussion sur le goût du risque dans le rapport, en particulier s'il a été ajusté |
| Collecte et analyse des données | Paramètres et indices climatiques | Saisir chaque indicateur de danger climatique |
| Collecte et analyse des données | Sources des seuils et des données sur les infrastructures | Description courte (rapports de conception, codes et normes, etc.) |
| Collecte et analyse des données | Sources de données climatiques | Description courte |
| Collecte et analyse des données | Composants | Saisir chaque composant sur une nouvelle ligne |
| Considérations relatives à la réponse de l'infrastructure | État | Texte long : inclure toute description ou discussion sur la manière dont l'état des actifs influence ou non la gravité des impacts |
| Considérations relatives à la réponse de l'infrastructure | Conception | Texte long : inclure toute description ou discussion sur la manière dont la conception influence ou non la gravité des impacts |
| Considérations relatives à la réponse de l'infrastructure | Fonctionnalité | Texte long : inclure toute description ou discussion sur la manière dont la conception influence la gravité des impacts |
| Considérations relatives à la réponse de l'infrastructure | Capacité d'exploitation et de maintenance | Texte long : inclure toute description ou discussion sur la capacité opérationnelle ou les pratiques de maintenance de l'organisation et indiquer si elles influencent la gravité des impacts (exemple : les rapports décrivent-ils l'expérience acquise lors d'événements antérieurs et la gestion connexe – la capacité d'intervention est-elle suffisante?) |
| Considérations relatives à la réponse de l'infrastructure | Procédures d'intervention en cas d'urgence | Texte long : inclure toute description ou discussion sur les interventions d'urgence de l'organisation et indiquer si elles influencent la gravité des impacts (exemple : l'organisation dispose déjà d'un plan documenté pour des dangers précis) |
| Considérations relatives à la | Politique | Texte long : inclure toute description ou discussion sur la manière dont les politiques |

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| réponse de l'infrastructure | | (codes, plan d'aménagement du territoire, etc.) influencent la gravité des impacts |
| Considérations relatives à la réponse de l'infrastructure | Social | Texte descriptif : inclure toute description des incidences sociales en aval de la défaillance ou de la perte de service des actifs |
| Facteurs d'exposition/de risque | Géographie/Paysage | Texte descriptif : Existe-t-il des caractéristiques uniques de la géographie ou du paysage qui contribuent au risque climatique? (Exemple : emplacement près d'une rivière) |
| Facteurs d'exposition/de risque | Utilisation des terres ou changements démographiques | Texte descriptif : Le rapport recense-t-il des changements significatifs concernant l'utilisation des terres ou la croissance ou le déclin de la population et leur impact sur le système d'infrastructures? |
| Résultats en matière de risques | Profil de risque global | Texte descriptif : description des résultats en matière de risques et énoncé de vulnérabilité ou de résilience tiré du résumé exécutif |
| Résultats en matière de risques | Ventilation des résultats en matière de risques | % d'interactions à risque élevé |
| Résultats en matière de risques | Risques élevés et extrêmes | Saisir chaque interaction élément-danger cernée comme présentant un risque élevé (par horizon temporel) |
| Résultats en matière de risques | Description des risques élevés | Résumé long des risques les plus élevés et de leur justification |
| Résultats en matière de risques | Cas particuliers (risques de faible probabilité, de forte conséquence ou de forte probabilité, de faible conséquence) | Ajouter toute description du rapport sur les cas particuliers |
| Recommandations | Mesures correctives/techniques | Saisir chaque élément sur une nouvelle ligne |
| Recommandations | Actions correctives (balisage) | Amélioration des infrastructures (inondations)<br>Amélioration des infrastructures (chaleur)<br>Amélioration des infrastructures (vent)<br>Amélioration des infrastructures (hiver)<br>Renforcement<br>Modernisation |

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| | | Amélioration de l'alimentation électrique ou autre source<br>Utilisation de solutions fondées sur la nature<br>Changements ou améliorations en amont ou non directement liés à l'infrastructure évaluée<br>Surveillance et capteurs<br>Efficacité de l'utilisation de l'eau<br>Intégration des risques climatiques dans la conception<br>Réaménagement<br>Augmentation de la capacité<br>Aménagement à faible impact (AFI)<br>Protection contre la foudre<br>Ajustement des courbes IDF<br>Élévation/déplacement des actifs<br>Amélioration de la ventilation<br>Systèmes de secours<br>Remplacement des composants vieillissants<br>Amélioration de la communication<br>Collecte de données |
| Recommandations | Mesures de gestion | Saisir chaque élément dans une nouvelle ligne |
| Recommandations | Mesures de gestion (balisage) | Augmenter la fréquence des inspections<br>Augmenter la maintenance<br>Élaborer des lignes directrices en matière de santé et de sécurité<br>Développer des pratiques de travail et d'exploitation sécuritaires<br>Améliorer la communication<br>Hiérarchiser/trier les travaux de réhabilitation et de réparation<br>Recueillir des données<br>Augmenter la surveillance<br>Évaluer la criticité<br>Améliorer la santé et la sécurité<br>Offrir des séances d'éducation et de formation<br>Inclure les résultats dans le système de gestion des actifs<br>Offrir des programmes de mesures incitatives<br>Améliorer la documentation et les rapports |

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| | | Inclure le climat dans les pratiques/procédures d'exploitation et de maintenance<br>Surveiller/installer des capteurs |
| Recommandations | Politique | Saisir chaque élément dans une nouvelle ligne |
| Recommandations | Politique (balisage) | Mettre à jour les spécifications de conception ou de matériaux<br>Mettre à jour les stratégies, plans et programmes<br>Inclure le climat dans les stratégies, plans et politiques<br>Offrir des programmes de mesures incitatives<br>Encourager l'utilisation de l'aménagement à faible impact<br>Améliorer la santé et la sécurité<br>Organiser des activités de mobilisation avec d'autres administrations<br>Améliorer la documentation et les rapports<br>Mettre à jour les interventions d'urgence<br>Améliorer la communication<br>Réviser et mettre à jour les codes et les normes<br>Trouver du financement<br>Sensibiliser<br>Offrir des séances d'éducation et de formation<br>Assurer une gestion des urgences<br>Communiquer<br>Établir des lignes directrices sur le climat |
| Recommandations | Étude supplémentaire | Saisir chaque élément dans une nouvelle ligne |
| Recommandations | Étude supplémentaire (balisage) | Planification de l'adaptation<br>Analyse coûts-avantages<br>Études hydrologiques/modélisation<br>Modélisation climatique<br>Évaluation de l'impact sur la santé publique<br>Études de vulnérabilité sociale<br>Recherche sur l'innovation technologique<br>Étude juridique ou politique<br>Suivi et évaluation à long terme<br>Exigences en matière de données<br>Étude d'ingénierie<br>Analyse judiciaire<br>Mobilisation avec d'autres administrations |

| Catégorie | Champ | Type d'entrée |
|---|---|---|
| | | Étude spécifique sur les infrastructures et les matériaux<br>Étude sur les solutions fondées sur la nature<br>Analyse du climat futur<br>Évaluation de la criticité<br>Courbes IDF<br>Normes de conception<br>Vérifications |
| Limites | Limites déclarées | Description textuelle longue |
| Limites | Balisage des limites | Accès aux données<br>Hypothèse voulant que les données reçues soient correctes<br>Jugement professionnel<br>Mobilisation avec les parties intéressées<br>Nombre de scénarios ou horizon temporel |
| Enseignements tirés | Enseignements tirés | Toute suggestion documentée visant à améliorer le processus d'EVRCC |

# Annexe B

*Tableau 19: Évaluations incluses dans la méta-analyse, avec lien vers le rapport complet le cas échéant. * Indique les évaluations qui ont été incluses uniquement pour l'élaboration de l'étude de cas et qui n'ont pas été examinées pour les points de données.*

| Nom de l'évaluation | Année d'achèvement |
|---|---|
| Évaluation de la vulnérabilité de l'infrastructure publique des ressources en eau de Placentia (Terre-Neuve) | 2008 |
| Ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique – Autoroute de Coquihalla – tronçon de Hope à Merritt | 2010 |
| Évaluation de l'infrastructure des ressources en eau – barrage de contrôle des inondations | 2010 |
| Vulnérabilité de la modernisation de l'usine de traitement des eaux d'égout de Sandy Point aux changements climatiques | 2011 |
| Ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique – tronçon Yellowhead de l'autoroute 16 | 2011 |
| Infrastructure d'approvisionnement en eau de la ville de Calgary | 2011 |
| Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du réseau d'égouts pour eaux usées de la ville de Prescott | 2011 |
| Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques des réseaux de types combiné, pseudo-séparatif et pluvial du bassin tributaire de l'ouvrage de surverse Belgrand à Laval | 2011 |
| Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest – Autoroute 3 à l'ouest de Yellowknife | 2011 |

| | |
|---|---|
| Étude de cas pilote sur l'évaluation de la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques du système hydroélectrique de Toronto | 2012 |
| Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques des réseaux d'évacuation des eaux de surface dans le secteur de Trois-Rivières-Centre | 2012 |
| Évaluation du bâtiment d'ingénierie actuel et de la nouvelle annexe de l'Université de Saskatchewan | 2012 |
| Évaluation du système de collecte et de traitement des eaux pluviales et des eaux usées de la ville de Welland | 2012 |
| Infrastructure Ontario/Ministère de l'Infrastructure – Trois bâtiments publics | 2012 |
| Évaluation des risques climatiques du système d'approvisionnement en eau d'Union | 2013 |
| Système de gestion des eaux pluviales de la ville de Nelson | 2014 |
| *Autoroute 20 – Évaluation de la vulnérabilité de Bella Coola (2014) (PDF, 2,5 MB) | 2014 |
| *Autoroute 37A – Évaluation de la vulnérabilité de Stewart (2014) (PDF, 2,5 MB) | 2014 |
| *Autoroute 97 – Évaluation de la vulnérabilité de Pine Pass (2014) (PDF, 2,5 MB) | 2014 |
| *Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques d'une sélection d'infrastructures d'eaux pluviales à l'aéroport international Pearson de Toronto | 2014 |

| | |
|---|---|
| Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques du réseau de drainage unitaire de Montréal | 2015 |
| Évaluation de la vulnérabilité de l'aéroport Mike Zubko aux changements climatiques | 2016 |
| Évaluation de la vulnérabilité de l'aéroport de Churchill aux changements climatiques | 2016 |
| Étude du CVIIP de l'infrastructure des eaux pluviales du ruisseau Graham | 2017 |
| Impacts des changements climatiques sur les infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées à Akwesasne | 2017 |
| *Atelier du CVIIP sur l'évaluation de la vulnérabilité aux inondations des infrastructures de Mud Bay : Résumé et résultats | 2017 |
| Évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques de l'hôpital général régional de Nanaimo (NRGH) | 2018 |
| Évaluation des risques du système de protection contre les inondations de Delta | 2018 |
| Évaluation du CVIIP de trois parcs municipaux – ville de Mississauga | 2018 |
| Impacts des changements climatiques sur l'infrastructure d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées à Moose Factory : rapport final | 2018 |
| Impacts des changements climatiques sur les infrastructures de logement de la Nation des Oneidas de la Thames | 2018 |
| Évaluation de la résilience de la digue maritime du parc Xwu'nekw, selon l'optique climatique | 2019 |
| Rapport d'évaluation du CVIIP sur l'infrastructure des eaux pluviales de la ville de Vernon | 2019 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques du projet de réservoir GNS | 2019 |

| | |
|---|---|
| Évaluation de la vulnérabilité des actifs de PortsToronto aux changements climatiques et aux phénomènes météorologiques extrêmes | 2019 |
| Évaluation des risques climatiques et de la vulnérabilité des réseaux de distribution | 2019 |
| Projet d'intégration de l'énergie solaire et du stockage à Summerside | 2019 |
| Évaluations des risques liés aux actifs de transport (ERAT) face aux changements climatiques, terminal de traversier Digby, Nouvelle-Écosse | 2019 |
| Amélioration des corridors de l'autoroute 6 et de l'autoroute 39 en Saskatchewan – Évaluation des risques et de la vulnérabilité liés aux changements climatiques | 2019 |
| Évaluation de la résilience climatique de l'infrastructure de drainage existante et proposée à Altona | 2019 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques du projet de couvert forestier urbain | 2019 |
| Évaluation de la résilience climatique de l'usine de traitement des eaux usées, modernisation du système de transport, modernisation des émissaires et installation de traitement des résidus | 2019 |
| Impacts des changements climatiques sur les infrastructures de la Première Nation de Yellow Quill | 2019 |
| Évaluation de la résilience climatique de la ville de Faro – Amélioration des réseaux d'eau, d'égouts et de routes – Phases 2 et 3 | 2019 |
| Évaluation des risques d'inondation à East Riverside | 2019 |
| Évaluation climatique de haut niveau du CVIIP sur le projet communautaire d'atténuation des inondations | 2019 |
| Étude des vulnérabilités aux impacts climatiques de l'édifice situé au 3, Passage du Chien d'Or | 2019 |

| | |
|---|---|
| *Évaluation des risques climatiques et de la vulnérabilité du système de distribution d'Hydro Ottawa | 2019 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques de l'installation de traitement des eaux usées consolidée de la ville de Powell River | 2019 |
| Rapport d'évaluation des risques liés aux changements climatiques de l'aéroport de Penticton | 2020 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques de la réhabilitation du pont Cambie, ville de Vancouver | 2020 |
| Évaluation selon l'optique climatique, partie 2 : Évaluation de la résilience aux changements climatiques : Complexe communautaire du district | 2020 |
| Évaluation de la vulnérabilité et des risques climatiques de la ville de Lethbridge | 2020 |
| Projet d'atténuation des catastrophes et d'adaptation aux changements climatiques – Évaluation de la résilience aux changements climatiques | 2020 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques du projet d'installation de traitement des eaux usées et de réseau de distribution | 2020 |
| Évaluations des risques liés aux actifs de transport (ERAT) face aux changements climatiques, terminal de traversier de Caribou, Nouvelle-Écosse | 2020 |
| Évaluation des risques liés aux actifs de transport (ERAT) dans le cadre des changements climatiques, terminal de traversier de Souris, Î.-P.-É. | 2020 |
| Évaluation des risques liés aux changements climatiques par l'autorité portuaire de Belledune | 2020 |
| Évaluation des risques liés aux actifs de transport (ERAT) dans le cadre des changements climatiques, terminal de traversier de Wood Islands, Î.-P.-É. | 2020 |

| | |
|---|---|
| Évaluations des risques liés aux actifs de transport (ERTA) dans le cadre des changements climatiques, terminal de traversier de Saint John, Nouveau-Brunswick | 2020 |
| Étude de vulnérabilité des infrastructures aux effets climatiques et météorologiques possibles – Laval | 2020 |
| Impacts des changements climatiques sur les infrastructures de la Première Nation de Kasabonika Lake | 2020 |
| Étude de vulnérabilité des infrastructures aux effets climatiques et météorologiques possibles, Shawinigan | 2020 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques du projet de protection contre les inondations de la municipalité régionale de Wood Buffalo | 2020 |
| Projet de séparation du plateau supérieur du centre-ville du nord-ouest – Évaluation de la résilience selon l'optique climatique | 2020 |
| Évaluation de la résilience climatique dans le cadre de l'agrandissement de l'étang de traitement des eaux usées | 2021 |
| Modernisation de l'aérodrome de l'aéroport international Erik Nielsen de Whitehorse – Services d'ingénierie | 2021 |
| Projet de renouvellement des égouts et des infrastructures vertes de Hastings Sunrise, Ville de Vancouver | 2021 |
| Stratégie de résilience aux changements climatiques de l'aéroport de Saint John, Nouveau-Brunswick | 2021 |
| Amélioration de l'infrastructure de drainage des eaux pluviales du village de villégiature de Kannata Valley | 2021 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques selon l'optique climatique du musée Glenbow | 2022 |
| *Évaluation du CVIIP pour Maritime Electric Company ltée | 2022 |

| | |
|---|---|
| Plan d’adaptation aux changements climatiques de la ville d’Aurora | 2022 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques du centre récréatif et civique de la ville de Meadow Lake | 2022 |
| Évaluation des risques liés aux changements climatiques de Marda Loop | 2022 |
| Évaluation de la résilience aux changements climatiques de Forest Lawn Multiplex | 2022 |
| Projet de séparation des égouts combinés et d’infrastructures vertes de la ville de New Westminster (West End) | 2022 |
| *Évaluation des risques climatiques et évaluation du CVIIP pour les sentiers du ruisseau Bragg | 2023 |
| Évaluation de la résilience climatique du centre de loisirs Village Square | 2023 |
| *Gros Morne, T.-N.-L. – Résilience climatique : Évaluation des risques de haut niveau et options d’adaptation | 2024 |
| *Région de Pictou, N.-É. – Résilience climatique : Évaluation des risques de haut niveau et options d’adaptation | 2024 |
| *Stratford, Cornwall et West River, Î.-P.-É. – Résilience climatique : Évaluation des risques de haut niveau et options d’adaptation | 2024 |