

# ICIP

Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique

## EAUX PLUVIALES ET EAUX USÉES

Évaluation de l'impact financier des précipitations extrêmes sur l'infrastructure linéaire publique d'eaux pluviales et d'eaux usées en Ontario



2022/2023



**BRF**

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ  
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO

## À propos de ce document

Établi en vertu de la *Loi de 2013 sur le directeur de la responsabilité financière*, le Bureau de la responsabilité financière (BRF) a pour mandat de fournir une analyse indépendante de la situation financière de la province, des tendances de l'économie provinciale et de toute autre question d'intérêt pour l'Assemblée législative de l'Ontario.

Le présent rapport a été préparé par Sabrina Afroz, Nicolas Rhodes et Jay Park, sous la supervision d'Edward Crummey. Ce rapport a bénéficié de la contribution de Eklavya Jain, de Christina Rachmadita, de Mavis Yang, de Katrina Talavera, de Laura Irish, de Paul Lewis et de David West. Des évaluateurs externes ont commenté des versions précédentes de ce rapport. Cependant, la participation d'évaluateurs externes n'implique aucunement leur responsabilité en ce qui concerne le rapport final, laquelle repose entièrement sur le BRF.

Conformément au mandat du BRF visant à fournir à l'Assemblée législative de l'Ontario une analyse économique et financière indépendante, ce rapport ne renferme aucune recommandation.



**BRF**

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ  
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO



Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario  
2, rue Bloor Ouest, bureau 900, Toronto (Ontario) M4W 3E2  
[fao-on.org/fr](http://fao-on.org/fr) | [info@fao-on.org](mailto:info@fao-on.org) | 416-644-0702

Ce document est également disponible en format accessible et peut être téléchargé au format PDF depuis notre site Web.



**BRF**

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ  
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO

# **Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique : Eaux pluviales et eaux usées**

Évaluation de l'impact financier des précipitations extrêmes sur  
l'infrastructure linéaire publique d'eaux pluviales et d'eaux usées en Ontario

---

<b>1   Introduction et contexte</b>	<b>6</b>
<b>2   Résumé</b>	<b>7</b>
<b>3   Entretien de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées dans un climat stable</b>	<b>9</b>
<b>4   Coûts d'infrastructure en l'absence d'adaptation pour résister à l'aggravation des précipitations extrêmes</b>	<b>15</b>
<b>5   Coûts de l'adaptation de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées</b>	<b>25</b>
<b>6   Comparaison des coûts de différentes stratégies de gestion des biens</b>	<b>34</b>
<b>7   Annexes</b>	<b>40</b>
<b>8   Bibliographie</b>	<b>53</b>

---



# Glossaire des termes

## Liste des acronymes

Terme	Définition
ICIP	Projet Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique
VRA	Valeur de remplacement actuelle
IDF	Intensité-Durée-Fréquence (courbe)
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
EE	Exploitation et entretien
SRCP	Scénarios RCP
EELM	Expert en la matière
DVU	Durée de vie utile
WSP	WSP Global inc.

## Définitions

**Adaptation** : Travaux consistant en une altération des composants physiques d'un bien ou de ses environs afin de prévenir une détérioration plus rapide et une augmentation des dépenses d'exploitation et d'entretien (le cas échéant) en raison de précipitations extrêmes. De plus, l'adaptation a pour but d'assurer l'adéquation des capacités du bien en réduisant les risques d'inondation découlant de l'aggravation des précipitations extrêmes. L'adaptation peut être effectuée pendant la vie utile du bien ou au moment de la réfection.

**Aucune stratégie d'adaptation** : Stratégie de gestion où les biens d'infrastructure publique ne sont pas adaptés pour résister à l'aggravation des précipitations extrêmes.

**Bon état de fonctionnement** : Norme de performance établie pour maximiser le rendement de l'infrastructure publique de manière rentable au fil du temps et faire en sorte que ces biens sont exploités dans un état qui est considéré comme acceptable du point de vue de l'ingénierie.

**Coût de référence** : Dépenses d'exploitation et d'entretien, de remise en état et de réfection qui auraient été requises pour maintenir l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées en bon état de fonctionnement dans un climat stable.

**Exploitation et entretien (EE)** : Interventions de routine réalisées sur un bien sans en altérer les composantes physiques pour prolonger sa vie utile au maximum et minimiser les interruptions de service.

**Fin du siècle** : Désigne les 79 années allant de 2022 à 2100.

**Réfection** : Remplacement d'un bien existant, résultant en un bien neuf ou comme neuf, doté de capacités, de fonctionnalités et de performances équivalentes à celles du bien original. La réfection diffère de la remise en état, puisqu'elle consiste à construire le bien à nouveau.



**Remise en état** : Réparation d'une partie ou de la presque totalité d'un bien pour en prolonger la vie utile, sans amélioration de ses capacités, de ses fonctionnalités et de ses performances.

**Risque chronique** : Dangers climatiques qui surviennent souvent, comme les 5 jours de précipitations les plus abondantes sur une année.

**Risque sévère** : Danger climatique sévère qui survient rarement (comme une tempête du siècle).

**Stabilité climatique** : Un scénario de climat stable implique que les indicateurs climatiques pour les précipitations extrêmes restent inchangés par rapport à leurs niveaux moyens de 1975-2005 au cours de la période de projection allant jusqu'en 2100.

**Stratégie d'adaptation proactive** : Stratégie de gestion où une majorité des biens d'infrastructure publique sont adaptés pour résister à l'aggravation des précipitations extrêmes pendant leur vie utile.

**Stratégie d'adaptation réactive** : Stratégie de gestion où les biens d'infrastructure publique sont adaptés pour résister à l'aggravation des précipitations extrêmes uniquement au moment de leur réfection.

**Valeur de remplacement actuelle** : Coût actuel de reconstruction d'un bien d'infrastructure offrant les mêmes capacités, fonctionnalités et performances.



# 1 | Introduction et contexte

Au mois de juin 2019, un député a demandé au BRF une analyse des coûts qui pourraient découler des impacts du changement climatique sur les infrastructures municipales et provinciales de l'Ontario et de l'effet de ces coûts sur les perspectives budgétaires à long terme de la province. En réponse, le BRF a lancé son projet visant à chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique (ICIP).

Lors de la première phase de ce projet, le BRF a fait l'analyse de la composition et de l'état de fonctionnement de l'infrastructure provinciale<sup>1</sup> et municipale<sup>2</sup>. Les résultats de cette analyse ont été publiés en novembre 2020 et en août 2021.

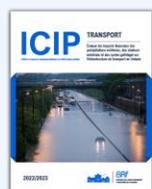
À l'automne 2021, dans le cadre de la deuxième phase du projet, le BRF a publié trois rapports : un document d'information<sup>3</sup> qui décrit le contexte global et la méthodologie du projet ICIP, un rapport préparé par WSP Global qui présente les informations techniques détaillées sur l'impact des dangers climatiques pesant sur l'infrastructure publique<sup>4</sup>, ainsi qu'un rapport décrivant comment l'évolution des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel aura un impact sur les coûts à long terme pour le maintien en bon état de fonctionnement des installations et bâtiments publics de l'Ontario<sup>5</sup>. En septembre 2022, dans le cadre de la phase finale, le BRF a publié un rapport qui examine comment l'évolution des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel affectera les coûts du maintien à long terme de l'infrastructure publique de transport en bon état de fonctionnement<sup>6</sup>.

Le présent rapport examine les impacts de l'aggravation des précipitations extrêmes sur les coûts à long terme du maintien en bon état de fonctionnement de l'infrastructure linéaire publique d'eaux pluviales et d'eaux usées.

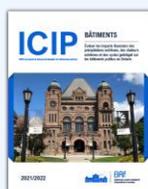
Figure 1-1

## Structure et calendrier du projet ICIP

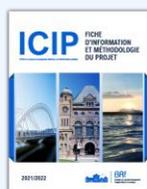
### Rapports publiés



Infrastructure publique de transport



Bâtiments et installations publics



Fiche d'information et méthodologie du projet



Rapport du WSP

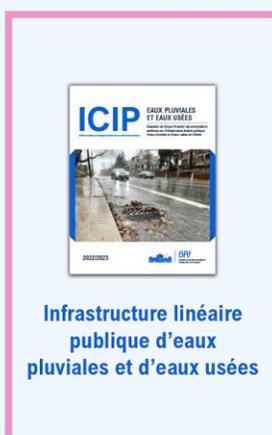


L'infrastructure provinciale



L'infrastructure municipale

### Rapport actuel



Infrastructure linéaire publique d'eaux pluviales et d'eaux usées

### À venir en 2023



Rapport sommaire

Source : BRF.

<sup>1</sup> Voir le document intitulé [L'infrastructure provinciale, 2020](#).

<sup>2</sup> Voir le document intitulé [L'infrastructure municipale, 2021](#).

<sup>3</sup> Voir le document intitulé [ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet, 2021](#).

<sup>4</sup> Voir le document intitulé [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#).

<sup>5</sup> Voir le document intitulé [ICIP : Bâtiments – Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel sur les bâtiments publics en Ontario](#).

<sup>6</sup> Voir le document intitulé [ICIP : Transport – Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel sur l'infrastructure de transport en Ontario](#).



## 2 | Résumé

### **Les municipalités de l'Ontario administrent un important parc d'infrastructures d'eaux pluviales et d'eaux usées**

Le présent rapport examine l'infrastructure linéaire publique d'eaux pluviales et d'eaux usées. L'infrastructure d'eaux pluviales comprend les conduites, les fossés et les ponceaux, tandis que l'infrastructure d'eaux usées comprend les conduites d'égout et les conduites principales d'égout sanitaire sous pression. Au total, ces biens ont une valeur qui s'élève à 124 milliards de dollars (en dollars indexés de 2020) et sont la propriété des 444 municipalités de l'Ontario.

### **Les coûts du maintien du parc existant en bon état de fonctionnement sont considérables, même si le climat demeure stable**

Si le climat demeure stable\*, les coûts pour remettre ces biens en bon état de fonctionnement et les y maintenir s'élèveraient à 3,0 milliards de dollars par année au cours du siècle. Ces coûts totaliseraient 240 milliards de dollars en 2100.

### **L'aggravation des précipitations extrêmes fait déjà augmenter les coûts d'entretien du parc de biens**

En l'absence de mesures d'adaptation, on prévoit que l'aggravation des précipitations extrêmes ajoutera des coûts cumulatifs de 6,0 milliards de dollars aux coûts d'entretien du parc de biens d'ici 2030, soit une augmentation de 27 % par rapport au scénario de climat stable.

### **En l'absence de mesures d'adaptation, l'aggravation des précipitations extrêmes fera augmenter les coûts d'entretien de l'infrastructure tout au long du siècle, mais l'ampleur de cette augmentation dépendra du changement climatique à l'échelle mondiale**

Dans un scénario d'émissions moyennes où les émissions mondiales atteignent un sommet au milieu du siècle, une aggravation des précipitations extrêmes ferait augmenter les coûts d'infrastructure de 1,1 milliard de dollars par année en moyenne, ce qui représenterait 88 milliards de dollars en coûts additionnels d'ici 2100, soit une augmentation de 37 % par rapport aux coûts encourus dans un scénario de climat stable. Dans le scénario d'émissions élevées, où les émissions mondiales continuent d'augmenter tout au long du siècle, les coûts d'infrastructure augmenteraient plutôt de 1,8 milliard de dollars par année en moyenne, ce qui représenterait 145 milliards de dollars d'ici 2100 (soit une augmentation de 61 %). Ces coûts additionnels liés au climat découlent principalement de la hausse des dépenses en exploitation et entretien qui sont requises.

### **L'adaptation proactive de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées pour qu'elle résiste à l'aggravation des précipitations extrêmes sera moins coûteuse à long terme que de ne rien faire**

L'adaptation proactive de l'infrastructure publique d'eaux usées et d'eaux pluviales, que ce soit par une augmentation de sa capacité ou l'incorporation de mesures de contrôle à la source (comme l'infrastructure verte), fera augmenter les coûts d'infrastructure comparativement au scénario de climat stable, qui passeront de 71 à 127 milliards de dollars d'ici 2100. Cela représente une augmentation des coûts se situant entre 29 et 53 %. Bien qu'importants, ces coûts additionnels liés au climat sont inférieurs (en dollars indexés) à ce qu'il en coûterait en l'absence d'adaptation ou si l'adaptation était entreprise plus graduellement. Cela est dû au fait que cette approche d'adaptation permet d'éviter une augmentation des coûts d'exploitation et entretien liés au climat.

### **L'adaptation fait également en sorte que la capacité des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées est suffisante pour prendre en charge l'aggravation des précipitations extrêmes, ce qui réduit le risque d'inondation**

Comme les précipitations extrêmes deviennent plus fréquentes et plus intenses, les biens non adaptés seront soumis à davantage de contraintes en matière de capacité, ce qui augmentera le risque d'inondation dans les zones environnantes. Bien que cela dépasse la portée du présent rapport, le coût des dommages dus aux inondations sera vraisemblablement considérable. En plus de constituer la stratégie la moins onéreuse pour les municipalités (en dollars indexés), la stratégie d'adaptation proactive est celle qui réduirait le risque d'inondation le plus rapidement.



## **Chiffrer les impacts à long terme du climat sur les infrastructures publiques s'accompagne d'un degré d'incertitude élevé**

Les coûts d'infrastructure liés au climat dépendent de l'évolution des émissions mondiales, du rythme de l'adaptation et de la capacité spécifique de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées de prendre en charge l'aggravation des précipitations extrêmes. L'étude du BRF présente des projections de coûts médians ainsi qu'une fourchette de coûts éventuels dans chacun des scénarios qui prend cette incertitude en compte.



# 3 | Entretien de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées dans un climat stable

Ce chapitre présente un portrait de l'infrastructure municipale d'eaux pluviales et d'eaux usées à l'étude dans le présent rapport et de ce qu'il en coûte pour maintenir ces biens en bon état de fonctionnement ainsi qu'une évaluation des coûts à long terme pour maintenir ce parc de biens en bon état jusqu'en 2100 dans un climat stable. L'objectif de ce chapitre est de définir une projection de référence des coûts d'infrastructure. Dans les prochains chapitres, cette dernière sera comparée aux projections qui prennent en compte l'aggravation des précipitations extrêmes.

## Le parc de biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario est considérable

L'infrastructure d'eaux pluviales est essentielle pour réduire les risques d'inondation en gérant l'incidence des précipitations soudaines et abondantes ou la fonte graduelle de la neige et de la glace. L'infrastructure d'eaux usées joue un rôle important dans la prévention de la pollution de l'eau et la protection de la santé publique en recueillant, en traitant et en rejetant les eaux usées provenant des activités résidentielles, commerciales, industrielles et agricoles<sup>7</sup>.

Le présent rapport a pour objet l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées appartenant aux administrations municipales de l'Ontario et qui sont sous leur contrôle. Les biens d'infrastructure non linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées, comme ceux liés au traitement et à l'élimination, sont exclus du présent rapport<sup>8</sup>. L'infrastructure d'eau potable, qui représente 14 % de l'infrastructure municipale<sup>9</sup>, est également exclue<sup>10</sup>.

---

<sup>7</sup> Pour plus de détails, consulter les documents [Eaux pluviales](#) et [Eaux usées](#) dans le Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes.

<sup>8</sup> Le rapport sur les bâtiments de l'ICIP discute de l'impact des dangers climatiques sur les bâtiments et les installations d'eaux pluviales et usées, comme les usines de traitement. Cependant, seul l'impact des dangers climatiques sur les composantes des bâtiments (p. ex. la structure, l'enveloppe, etc.) a été étudié. Les coûts liés au climat qu'il est nécessaire d'assumer pour augmenter la capacité des biens, comme l'augmentation de la taille des usines de traitement pour gérer l'aggravation des précipitations extrêmes ou l'impact des précipitations extrêmes sur la machinerie et l'équipement utilisé pour traiter les eaux, n'ont pas été inclus. Voir le document intitulé [ICIP : Bâtiments – Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel sur les bâtiments publics en Ontario](#).

<sup>9</sup> Le BRF estime que la valeur de remplacement actuelle de l'infrastructure linéaire d'eau potable en Ontario s'élevait à 69 milliards de dollars en 2020. Voir le rapport du BRF intitulé [L'infrastructure municipale](#).

<sup>10</sup> Bien que l'infrastructure d'eau potable puisse subir les effets du climat, le BRF n'a pas été en mesure d'examiner tous les impacts climatiques pesant sur toutes les classes de biens d'infrastructure publique. Pour de plus amples détails sur la portée de l'infrastructure couverte dans le projet ICIP, voir le document intitulé [ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet, 2021](#). Pour des renseignements détaillés relativement aux biens évalués dans le présent rapport, consulter l'annexe A.



Les biens d'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées examinés dans ce rapport comprennent les conduites d'eaux pluviales, les fossés et les ponceaux ainsi que les conduites principales d'égout sanitaire sous pression et les conduites d'égout<sup>11</sup>. Tout au long du rapport, ces biens sont désignés par le terme « infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées » ou par le terme « biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées ». Voici une brève description des différents types de biens :

- Les conduites d'eaux pluviales recueillent et acheminent les eaux pluviales (pluie et neige fondue) vers les endroits où elles sont éliminées, comme les rivières, les lacs ou les bassins de rétention provisoire. Ces conduites sont enfouies, souvent sous des infrastructures existantes, comme des routes.
- Les fossés pluviaux sont des excavations dans le sol qui ont pour but de capter, d'acheminer et d'éliminer les eaux pluviales. Les fossés sont généralement situés le long des routes afin de drainer les eaux pluviales des surfaces pavées à proximité.
- Les ponceaux pluviaux sont de petits ponceaux non structurels d'un diamètre inférieur à trois mètres. Les ponceaux facilitent le drainage entre les fossés, les conduites d'eaux pluviales et d'autres bouches d'évacuation. On trouve généralement les ponceaux sous les entrées et les routes. Ils sont requis lorsqu'une entrée ou une route croise un fossé de drainage.
- Les conduites d'égout recueillent et acheminent par gravité les eaux usées vers les installations de traitement. Ces conduites d'égout sont enfouies, souvent sous des infrastructures existantes, comme des routes. De nombreuses municipalités établies depuis longtemps ont des systèmes d'égout qui ont été construits pendant ou avant les années 1940 et comprennent des égouts unitaires qui transportent les eaux usées et les eaux pluviales.
- Les conduites principales d'égout sanitaire sous pression sont des conduites d'égout sous pression qui transportent les eaux usées d'une zone à faible élévation vers une zone à élévation élevée. Ces biens sont enfouis, souvent sous des infrastructures existantes, comme des routes.

Le BRF estime que la valeur de remplacement actuelle<sup>12</sup> (VRA) de ces biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées s'élève à 124 milliards de dollars en 2022. La figure 3-1 présente la ventilation de cette évaluation par type de bien. Les biens d'infrastructure d'eaux pluviales représentent 43 % de la VRA, tandis que les biens d'infrastructure d'eaux usées représentent 57 % de la VRA.

---

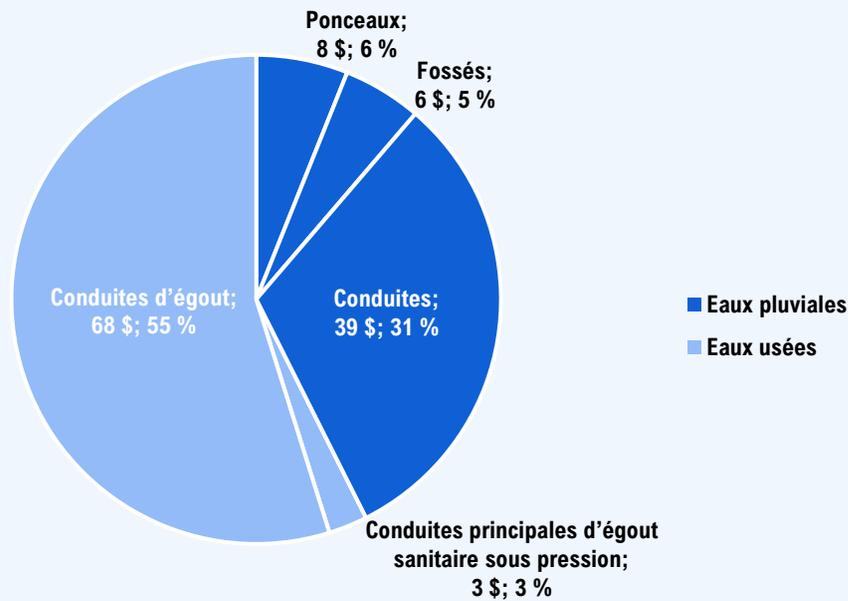
<sup>11</sup> Pour de plus amples détails sur les interactions entre ces biens, voir les documents suivants : [Drainage Maintenance](#), du canton de Muskoka; [Ditches](#), de la ville de Toronto et [Sewer systems](#), de la région de Peel.

<sup>12</sup> La valeur de remplacement actuelle est le coût actuel de reconstruction d'un bien offrant les mêmes capacités, fonctionnalités et performances.



Figure 3-1

**Le parc municipal d'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario a une valeur de remplacement actuelle estimée à 124 milliards de dollars**



Remarque : Les estimations de la VRA sont en milliards de dollars réels de 2020. Les pourcentages font référence à la part du total de la VRA d'un secteur.

Source : BRF.

## L'entretien d'un grand parc de biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées nécessite des dépenses soutenues

L'infrastructure d'eaux pluviales est essentielle pour réduire les risques d'inondation, tandis que l'infrastructure d'eaux usées joue un rôle important dans la prévention de la pollution des eaux et la protection de la santé publique. Pour déterminer si ces services essentiels seront offerts, les municipalités évaluent leur infrastructure par rapport aux objectifs relatifs au niveau de service, dont l'un consiste à maintenir les biens en bon état de fonctionnement.

Maintenir ces biens en bon état de fonctionnement permet d'optimiser les services rendus par l'infrastructure publique de la façon la plus rentable sur la durée. Le maintien des biens en bon état de fonctionnement requiert des dépenses d'exploitation et d'entretien (EE) annuelles ainsi que des dépenses en immobilisations ponctuelles pour la remise en état de ces biens ou pour leur remplacement<sup>13</sup> à la fin de leur vie utile<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> La remise en état signifie la réparation d'une partie ou de la presque totalité d'un bien pour en prolonger la vie utile, sans amélioration de ses capacités, de ses fonctionnalités et de ses performances. La remise en état diffère de l'entretien, qui consiste pour sa part en une série d'interventions de routine réalisées sur un bien pour en prolonger la vie utile au maximum et minimiser les interruptions de service. La remise en état d'un bien vise à le remettre en bon état (l'objectif de réparation) et non à le remettre à neuf. Pour obtenir de plus amples renseignements sur le cadre de gestion des biens utilisé dans ce rapport, consulter le document intitulé ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet, 2021.

<sup>14</sup> La réfection est le remplacement d'un bien existant, résultant en un bien neuf ou comme neuf, doté de capacités, de fonctionnalités et de performances équivalentes à celles du bien original. La réfection diffère de la remise en état, puisqu'elle consiste à construire le bien à nouveau.



Les coûts pour maintenir l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées en bon état de fonctionnement sont tributaires tant de la valeur des biens que de leur état, de leur âge et des normes auxquels ils doivent répondre. Par exemple, les biens en piètre état requièrent davantage d'investissements pour les ramener à un état de bon fonctionnement. Également, les biens plus anciens doivent être renouvelés plus tôt que les biens plus récents.

Pour faire une projection des coûts du maintien en bon état de fonctionnement de l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées, le BRF s'est basé sur les normes de fonctionnement généralement utilisées pour évaluer l'état de fonctionnement d'un bien, et a colligé des informations et fait des estimations quant à l'âge de biens précis, leur état et leur valeur de remplacement actuelle. À partir d'un modèle de détérioration de l'infrastructure basé sur les techniques de modélisation mises au point par le ministère de l'Infrastructure de l'Ontario<sup>15</sup>, le BRF a estimé le montant des dépenses en capital et en frais d'exploitation nécessaires pour maintenir le parc actuel<sup>16</sup> des biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées en bon état de fonctionnement d'ici à 2100, sans tenir compte du climat<sup>17</sup>.

Ces estimations des dépenses à long terme pour l'EE, la remise en état et la réfection constituent la projection de référence à laquelle seront comparés les scénarios de coûts liés aux changements climatiques. La projection de référence indique les coûts qui seraient engendrés pour entretenir l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées dans un **climat stable**<sup>18</sup>. Elle permet au BRF d'énumérer dans les chapitres suivants les coûts d'infrastructure additionnels liés au climat qui sont associés à l'évolution des dangers climatiques.

Compte tenu de la longue durée de vie utile des infrastructures publiques d'eaux pluviales et d'eaux usées, les coûts sont projetés jusqu'en 2100. Les résultats présentés dans ce rapport sont exprimés sous forme de coûts annuels moyens, ainsi qu'en coûts totaux cumulatifs tout au long du siècle. Les coûts annuels moyens sont également présentés dans trois périodes.

- La projection à court terme (2022-2030) montre comment l'évolution des dangers climatiques a déjà une incidence sur les coûts d'infrastructure publique au cours de la décennie actuelle.
- La projection à moyen terme (2031-2070) capture une période où les projections des variables climatiques pertinentes commencent à diverger dans les trois scénarios d'émissions mondiales examinés dans ce rapport.
- La fin du siècle (2071-2100) capture la période où les projections des variables climatiques divergent considérablement dans les trois scénarios d'émissions mondiales.

Toutes les projections des coûts d'infrastructure présentées dans ce rapport tiennent pour acquis que le financement nécessaire pour amener le parc actuel d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées en bon état de fonctionnement et l'y maintenir sera disponible et dépensé en temps opportun. Dans les faits, les arriérés de réparation<sup>19</sup> d'infrastructure sont une réalité et le maintien des biens en bon état de fonctionnement ne représente qu'un des aspects liés à la gestion des biens.

La projection du coût de référence n'inclut pas les dépenses associées aux infrastructures actuellement en cours de construction, ni celles planifiées ni celles qui seraient nécessaires en vue de la demande à venir<sup>20</sup>.

<sup>15</sup> Pour obtenir plus de détails, consulter le document intitulé [L'infrastructure municipale, 2021](#).

<sup>16</sup> Le présent rapport porte uniquement sur les éléments de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées déjà existants, ce qui exclut les biens présentement en construction, ceux dont la construction est déjà planifiée ou ceux qui seront requis pour répondre à la demande future.

<sup>17</sup> Les estimations de coûts du présent rapport ne tiennent pas compte des nouvelles technologies ou des approches que les gestionnaires de biens pourraient employer ou être tenus d'employer dans l'avenir.

<sup>18</sup> Dans le présent rapport, le terme « climat stable » signifie que tous les indicateurs climatiques pour les précipitations extrêmes restent inchangés par rapport à leurs niveaux moyens de 1975-2005 au cours de la période de projection allant jusqu'en 2100.

<sup>19</sup> Pour en savoir plus sur le déficit infrastructurel actuel en matière de biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées, voir le document du BRF intitulé [L'infrastructure municipale, 2021](#).

<sup>20</sup> De plus, la projection ne tient pas compte d'éventuelles améliorations des fonctionnalités apportées aux infrastructures publiques existantes.

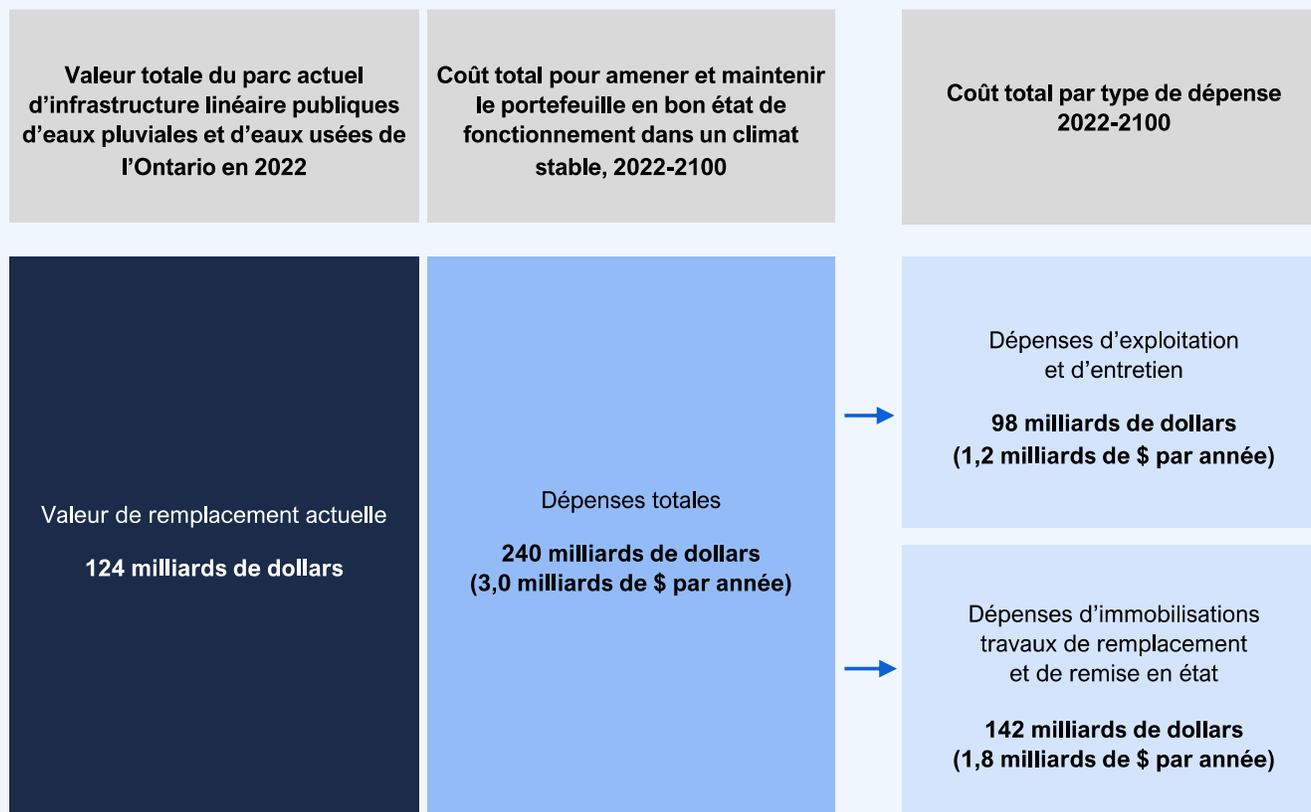


## 3 milliards de dollars sont requis annuellement pour entretenir le parc actuel de biens d'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées dans un climat stable

Le BRF prévoit que, pour amener le parc de biens existants d'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario en bon état de fonctionnement et l'entretenir jusqu'en 2100, il en coûterait en moyenne 12,9 milliards de dollars par année dans un climat stable, soit un coût cumulé d'approximativement 240 milliards de dollars d'ici la fin du siècle. De ce coût de référence, 98 milliards de dollars (1,2 milliard par année) sont requis pour les dépenses cumulatives d'EE et 142 milliards de dollars (1,8 milliard par année) sont consacrés à la remise en état et à la réfection d'ici à 2100.

Figure 3-2

### Coût cumulé du maintien en bon état de fonctionnement de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées jusqu'en 2100 dans un climat



Remarque : Toutes les valeurs sont en dollars indexés de 2020.  
Source : BRF.

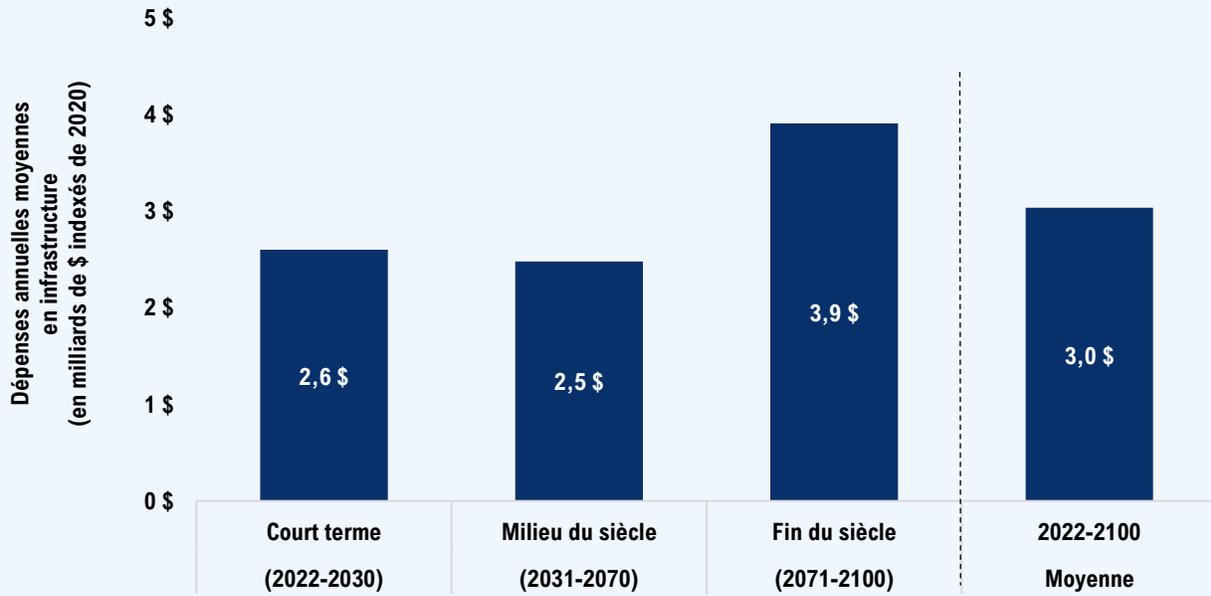
Pour maintenir ce parc dans un climat stable, les administrations municipales devront engager des dépenses s'élevant à approximativement 2,6 milliards de dollars par année à court terme. Les coûts annuels moyens demeurent semblables durant la période du milieu du siècle, soit 2,5 milliards de dollars. D'ici la fin du siècle, les coûts moyens augmentent pour passer à 3,9 milliards de dollars par année lorsqu'une part importante de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario devra être remplacée<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Le BRF estime que 87 % des biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées examinés dans le cadre du rapport ont une durée de vie utile restante allant de 40 à 80 ans. Voir la pour tous les détails.



Figure 3-3

**L'entretien des infrastructures publiques d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario dans un climat stable coûterait 3,0 milliards de dollars par année**



Source : BRF.



# 4 | Coûts d'infrastructure en l'absence d'adaptation pour résister à l'aggravation des précipitations extrêmes

Le présent chapitre résume l'impact de l'évolution projetée des précipitations extrêmes sur les coûts du maintien en bon état de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées en l'absence de mesures d'adaptation. La première section présente un aperçu de la manière dont l'évolution des précipitations extrêmes affectera les différents types de biens examinés dans ce rapport. Ensuite, les coûts d'infrastructure additionnels de ces impacts sont estimés dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées. Le chapitre se conclut par un examen de la manière dont les précipitations extrêmes éprouveraient la capacité de ces infrastructures, ce qui augmenterait le risque d'inondation, et pourquoi ces coûts sont exclus du rapport.

## On prévoit que les précipitations extrêmes augmenteront

Pour assurer la sécurité et la fiabilité d'un bien d'infrastructure, celui-ci est conçu, construit et entretenu pour résister à un ensemble précis de conditions climatiques, généralement dérivées des données climatiques historiques<sup>22</sup>. Cependant, on prévoit que bon nombre de ces dangers climatiques s'aggraveront à l'avenir.

Le changement climatique est associé à de nombreuses menaces pour les infrastructures publiques. Ces menaces peuvent prendre la forme d'événements météorologiques extrêmes ou d'impacts chroniques à long terme. L'Ontario a subi des inondations et des tempêtes de verglas coûteuses et est également sujet à des sécheresses, à des précipitations extrêmes, à des feux de forêt, à des tempêtes, à des vagues de chaleur et à la fonte du pergélisol<sup>23</sup>. Dans son ensemble, le projet ICIP fait le point sur seulement trois dangers climatiques, soit les précipitations extrêmes, les chaleurs extrêmes et les cycles gel/dégel, car ces dangers ont été identifiés comme ayant des impacts matériels considérables et coûteux sur l'infrastructure publique et peuvent être prévus avec un degré raisonnable de fiabilité scientifique<sup>24</sup>.

Contrairement aux bâtiments et à l'infrastructure de transport, on ne prévoit pas que les chaleurs extrêmes ou les cycles gel/dégel aient un impact important sur l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées étant donné qu'un grand nombre de leurs composantes sont enfouies sous terre. Cependant, les précipitations extrêmes auront un impact important sur l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées à mesure que la fréquence et l'intensité des tempêtes augmenteront au cours du siècle<sup>25</sup>.

<sup>22</sup> Plusieurs organismes de réglementation de l'Ontario exigent l'emploi de statistiques sur les épisodes de tempêtes à titre de critère majeur pour la conception de systèmes d'eaux pluviales et d'eaux usées. Par exemple, voir le document intitulé [Design Criteria for Sewers and Watermains, 2009](#).

<sup>23</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux](#).

<sup>24</sup> De nombreux dangers climatiques potentiellement importants, tels que les feux de forêt et les inondations fluviales, n'ont pas été inclus. Pour en savoir plus, voir les documents intitulés [ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet, 2021](#) et [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#).

<sup>25</sup> Voir le document intitulé [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#), page 37.



Les impacts des précipitations extrêmes pour l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario dépendront des émissions mondiales de gaz à effet de serre et du degré d'augmentation des températures moyennes à l'échelle de la planète. Le BRF a fait des prévisions du coût des impacts climatiques sur l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées pour trois scénarios d'émissions mondiales :

- Un scénario d'émissions faibles qui présume d'un changement radical et immédiat des politiques mondiales en matière de climat. On y projette un pic d'émissions pour le début des années 2020 et une élimination totale des émissions d'ici les années 2080. À la fin de ce siècle, les émissions nettes seraient négatives. Selon ce scénario, les températures moyennes mondiales augmenteraient de 1,6 °C (de 0,8 à 2,4 °C) d'ici à 2100 par rapport à la moyenne de la période préindustrielle (1850-1900)<sup>26</sup>. Les éléments clés de ce scénario sont présentés dans l'annexe E du présent rapport.
- Un scénario d'émissions moyennes, dans lequel les émissions plafonnent en 2040 et diminuent rapidement au cours des quatre décennies suivantes, avant d'atteindre un niveau stable à la fin du siècle. Dans ce scénario, il est prévu que les températures moyennes mondiales augmenteraient de 2,3 °C (1,7 à 3,2 °C) d'ici 2100, comparativement à la période 1850-1900.
- Un scénario d'émissions élevées qui présume que les émissions mondiales vont continuer d'augmenter pendant la presque totalité du siècle<sup>27</sup>. Ce scénario prévoit que les températures moyennes mondiales augmenteront de 4,2 °C (3,2 à 5,4 °C), comparativement à la période 1850-1900. Les émissions cumulatives observées de 2005 à 2020 correspondent étroitement à celles du scénario d'émissions élevées<sup>28</sup>.

### Degré d'incertitude des projections de changement climatique

Le BRF s'est associé au Centre canadien des services climatiques d'Environnement Canada et Environnement et à Changement climatique Canada pour acquérir les projections d'indicateurs climatiques clés de l'Ontario. Afin de tenir compte de l'incertitude des projections climatiques et conformément aux pratiques courantes des sciences du climat, nous présentons les projections médianes (50<sup>e</sup> centile) des variables climatiques, suivies des plages entre parenthèses. Pour les indicateurs climatiques de l'Ontario, les plages indiquent les projections des 10<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> centiles de l'ensemble des 24 modèles climatiques utilisés par le Centre canadien des services climatiques.

La figure 4-1 présente une courte description des changements prévus à certains indicateurs climatiques utilisés pour représenter les précipitations extrêmes dans ce rapport. L'Annexe B contient une description exhaustive de toutes les variables climatiques pertinentes pour l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées et des tendances qui y sont associées pour chaque scénario.

<sup>26</sup> Voir le tableau All. 7.5 de l'Annexe II du document [Climate Change 2013: The Physical Science Basis](#). Les plages de températures de surface moyennes mondiales représentent les projections du 5<sup>e</sup> percentile au 95<sup>e</sup> percentile des modèles utilisés.

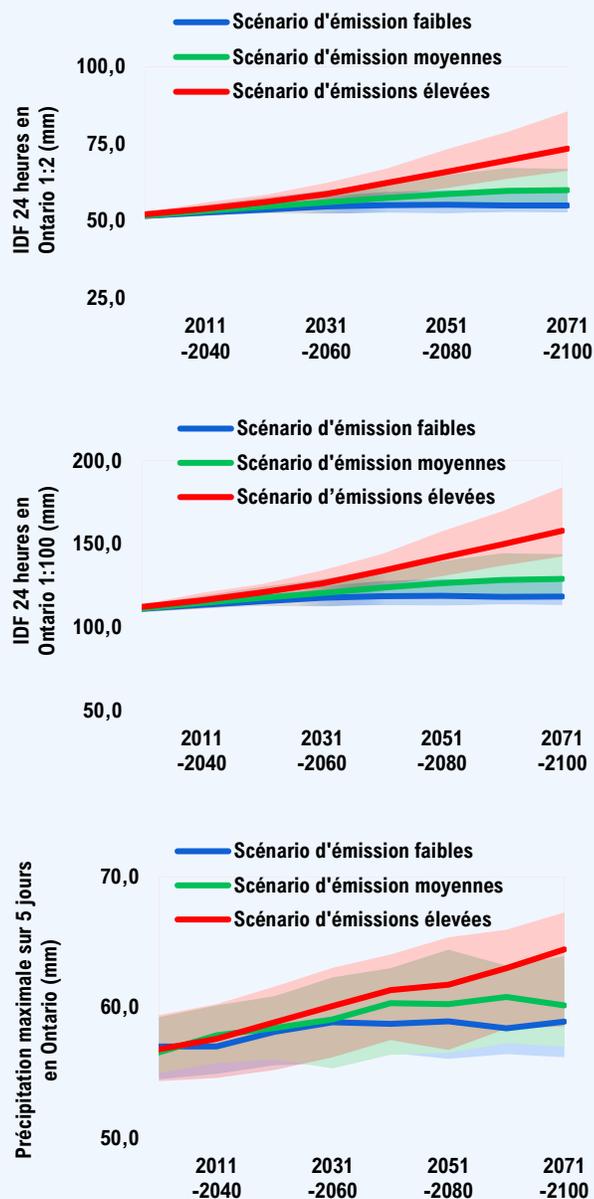
<sup>27</sup> Le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (AR5), publié en 2013, présentait quatre scénarios nommés Trajectoires de concentration représentatives (ou RCP, pour Representative Concentration Pathways). Le scénario basé sur des émissions faibles correspond au RCP2.6, le scénario basé sur des émissions moyennes est le RCP4.5 et le scénario basé sur des émissions élevées est le RCP8.5. Voir le document de l'IPCC intitulé [Climate Change 2014: Synthesis Report](#). Le sixième rapport d'évaluation du GIEC (AR6), publié en 2021, contient cinq scénarios nommés Trajectoires socioéconomiques partagées (ou SSP, pour Shared Socioeconomic Pathways) tous en harmonie avec les scénarios RCP du rapport AR5 en ce qui a trait au réchauffement moyen. Ceci signifie que les scénarios RCP du rapport AR5 sont toujours pertinents.

<sup>28</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [PCIC Science Brief: Should the RCP 8.5 emissions scenario represent "business as usual"?](#)



Figure 4-1

## Évolution des dangers climatiques en Ontario



Source : Centre canadien des services climatiques.

### Les tempêtes survenant à intervalle de 2 ans et à intervalle de 100 ans augmenteront en Ontario

- Si on compare à la période de référence qui va de 1976 à 2005, on prévoit que l'intensité des épisodes de 24 heures de précipitations qui se produisent 1 fois/2 ans et 1 fois/100 ans augmentera de 15 % (de 10 à 24 %) selon le scénario d'émissions faibles et de 53 % (de 38 à 78 %) selon le scénario d'émissions élevées, d'ici la période 2071-2100<sup>29</sup>.
- Au cours de la période allant de 1976 à 2005, il tombait en moyenne 48 mm d'eau lors des épisodes de précipitations de 24 heures survenant 1 fois/2 ans. Au cours de la période allant de 2071 à 2100, on prévoit des précipitations moyennes de 55 mm (de 53 à 59 mm) selon le scénario d'émissions faibles et de 73 mm (de 66 à 86 mm) selon le scénario d'émissions élevées.
- Au cours de la période allant de 1976 à 2005, il tombait en moyenne 103 mm d'eau lors des épisodes de précipitations de 24 heures survenant 1 fois/100 ans. D'ici la période allant de 2071 à 2100, on prévoit des précipitations moyennes de 118 mm (de 113 à 127 mm) selon le scénario d'émissions faibles et de 158 mm (de 142 à 184 mm) selon le scénario d'émissions élevées.
- La fiabilité des projections de tendances et de fourchettes des variables de précipitations agrégées est moyenne, en raison de la justesse de la représentation des processus climatiques impliqués par les modèles climatiques<sup>30</sup>.

### Les précipitations maximales sur 5 jours augmenteront en Ontario

- Si on compare à la période de référence qui va de 1976 à 2005, on prévoit que la quantité maximale de précipitations reçues durant cinq jours consécutifs dans une année augmentera de 9 % (de 8 à 12 %) selon le scénario d'émissions faibles et de 19 % (de 13 à 20 %) selon le scénario d'émissions élevées, d'ici la période 2071-2100.
- Au cours de la période allant de 1976 à 2005, les précipitations annuelles sur cinq jours les plus élevées étaient en moyenne de 54 mm. D'ici la période allant de 2071 à 2100, on prévoit des précipitations moyennes de 59 mm (de 56 à 63 mm) selon le scénario d'émissions faibles et de 64 mm (de 59 à 67 mm) selon le scénario d'émissions élevées.
- Les projections de précipitations maximales sur 5 jours sont associées à une fiabilité moyenne à élevée. Tous les modèles de projections soulignent la tendance positive de ces variables, mais les processus climatiques impliqués sont plus incertains que dans le cas des variables de température.

<sup>29</sup> Pour les tempêtes survenant à intervalle de 2 ans et à intervalle de 100 ans, les variations de pourcentage pour chaque scénario RCP sont identiques étant donné que les mêmes projections de températures moyennes sont utilisées dans la relation Clausius-Clapeyron afin d'estimer les projections. Pour en savoir plus, voir le document intitulé [ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet, 2021](#).

<sup>30</sup> La fiabilité scientifique des projections climatiques varie selon la variable considérée. Généralement, les projections de température ont une fiabilité scientifique élevée en raison du grand nombre de données probantes sur les causes des changements observés et une compréhension approfondie des processus climatiques impliqués. Les projections de précipitations ont une fiabilité scientifique moyenne en raison de l'incertitude associée à une compréhension plus faible des processus à l'origine des précipitations et à la manière dont elles peuvent être affectées par les changements climatiques prévus. Les autres variables climatiques telles que la pression des vents et le couvert de neige au sol ont un faible degré de fiabilité scientifique en raison d'une compréhension limitée des processus climatiques impliqués. Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Bâtiments et infrastructures publiques de base résistants aux changements climatiques : Évaluation des effets des changements climatiques sur les données de conception climatique au Canada](#).



# L'aggravation des précipitations extrêmes aura un impact sur l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées

La section suivante décrit les principaux impacts d'ingénierie pour l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées découlant de l'aggravation des précipitations extrêmes aiguës et chroniques et la manière dont ces impacts affecteront le coût d'entretien de ces biens<sup>31</sup>. Bien qu'ils dépassent la portée de ce projet, nous discutons à la fin de ce chapitre des impacts des inondations sur les zones environnantes en raison d'infrastructures d'eaux pluviales et d'eaux usées de trop faible capacité.

## Eaux pluviales

### Conduites

Les conduites d'eaux pluviales sont généralement conçues pour contenir les précipitations les plus fréquentes (c'est-à-dire, les tempêtes survenant à intervalle de deux ans). Tandis que l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes augmente, les conduites nécessiteront des inspections et un entretien préventif plus fréquents et plus coûteux, alors qu'une quantité plus importante de débris, de sédiments et de végétation pénétrera dans les systèmes d'eaux pluviales.

### Fossés

Les fossés ont généralement une capacité plus élevée que celle des conduites, mais sont vulnérables à des épisodes de grands débordements. Dans les régions urbaines, les grands systèmes doivent être en mesure d'acheminer les volumes d'eau découlant des épisodes de précipitations aiguës, comme une tempête survenant à intervalle de 100 ans. Tandis que l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes augmente, les fossés nécessiteront plus souvent des interventions pour retirer les débris, des travaux d'entretien de leurs formes et de leurs pentes et l'élagage de la végétation afin qu'ils puissent transporter des volumes plus importants d'eaux pluviales.

### Petits ponceaux et ponceaux non structurels

Les petits ponceaux peuvent aussi déborder. Tandis que l'intensité des épisodes de précipitations extrêmes augmente, ces biens nécessiteront, en raison de l'augmentation du débit d'eau, des interventions plus fréquentes afin de retirer les débris et les sédiments. Les dispositifs de protection des canaux subiront également une érosion accélérée.

## Eaux usées

### Conduites d'égout

Les conduites d'égout permettent aux eaux usées de s'écouler par gravité de leur source aux installations de traitement. Ces biens sont vulnérables aux épisodes de précipitations tant de courte que de longue durée. L'augmentation de l'intensité des épisodes de précipitations de courte durée fera augmenter le captage des eaux de surface dans les conduites d'égout, tandis que l'augmentation de l'intensité des épisodes de longue durée entraînera une infiltration des eaux souterraines dans les conduites d'égout. En raison de l'augmentation du captage et de l'infiltration, les conduites nécessiteront des inspections, des travaux d'entretien et des interventions d'élimination des débris plus fréquentes. Ces impacts seront vraisemblablement plus sévères pour les systèmes d'égouts unitaires et mixtes plus anciens.

---

<sup>31</sup> Ce contenu est tiré du document intitulé [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#).

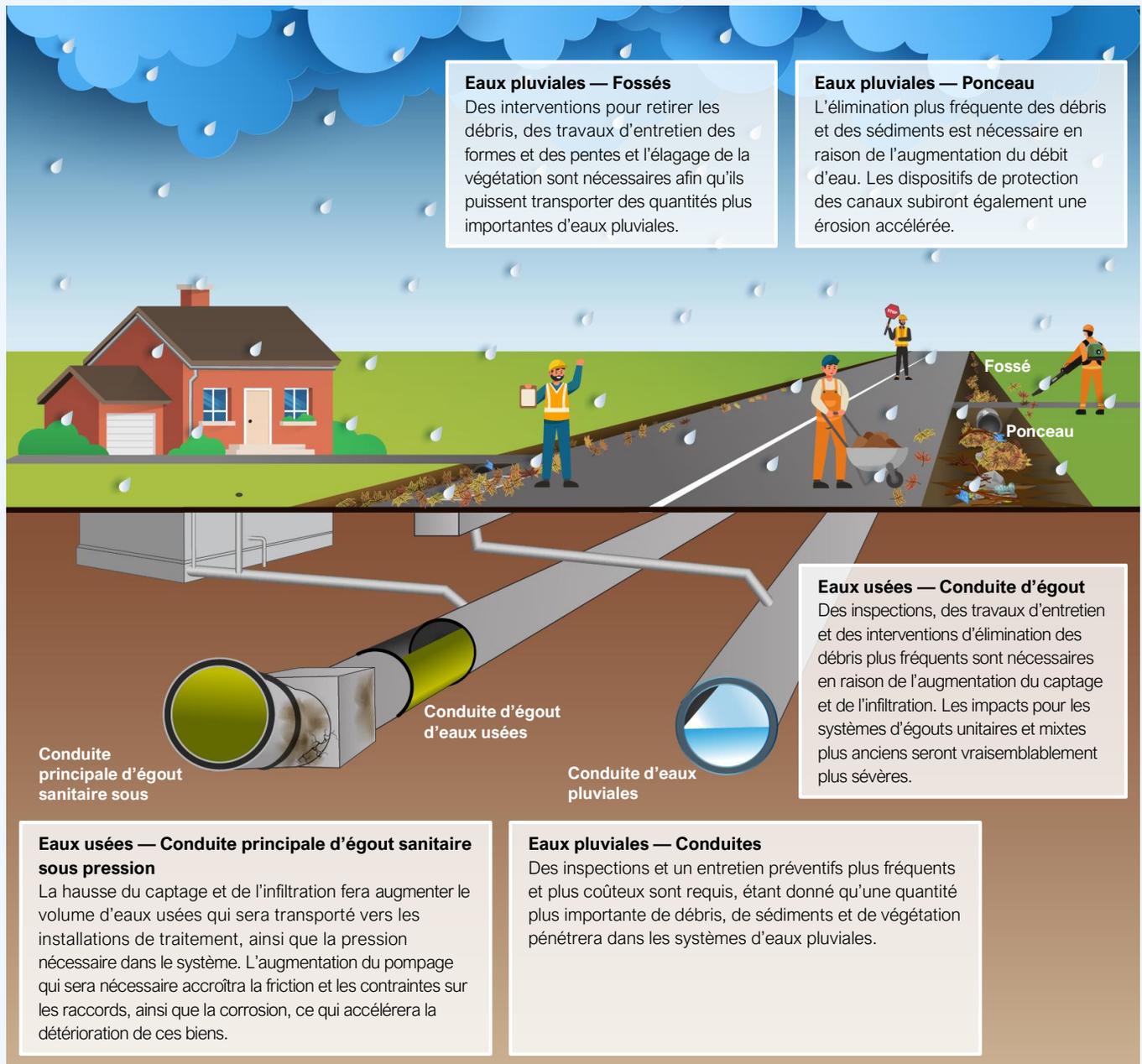


## Conduites principales d'égout sanitaire

Dans les zones où les eaux usées ne peuvent pas être acheminées par un système à gravité, les conduites principales d'égout sanitaire forcent les eaux usées à remonter vers des zones plus élevées au moyen d'un système sous pression. L'aggravation des précipitations extrêmes entraînera une augmentation du captage et de l'infiltration, ce qui fera augmenter le volume d'eaux usées qui sera transporté vers les installations de traitement, ainsi que la pression requise pour transporter les eaux. L'augmentation du pompage accroîtra la friction et les contraintes sur les raccords, ainsi que la corrosion, ce qui accélérera la détérioration de ces biens.

Figure 4-2

### Exemples montrant comment l'aggravation des précipitations extrêmes aura un impact sur l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées



Remarque : Pour voir plus d'exemples des impacts de ces dangers climatiques sur l'infrastructure des eaux, consulter le document [CIPI : WSP Engineering Report, 2021](#).

Source : BRF.



## L'aggravation des précipitations extrêmes augmente le coût d'entretien de l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées

Dans cette section, le BRF présente les projections de coûts d'une stratégie de gestion des biens sans mesures d'adaptation. Dans cette stratégie, les gestionnaires de biens ne prennent aucune mesure d'adaptation de l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées pour que celle-ci puisse résister à l'évolution des dangers climatiques, mais paient plutôt des coûts plus élevés pour le maintien de leurs biens en bon état de fonctionnement en raison de l'aggravation des précipitations extrêmes. Bien que dans les faits, de nombreuses initiatives d'adaptation au changement climatique soient en cours (voir le chapitre 5), l'intention de la stratégie *aucune adaptation* consiste à examiner les implications financières de ne pas adapter l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées pour qu'elle résiste aux précipitations extrêmes.

En l'absence de mesures d'adaptation, l'augmentation des précipitations extrêmes raccourcira la durée de vie utile (DVU) de certaines infrastructures publiques d'eaux pluviales et d'eaux usées, entraînant l'augmentation du nombre de remises en état requises et de leur fréquence comparativement au scénario « climat stable ». L'aggravation des précipitations extrêmes entraînera aussi une hausse des dépenses d'exploitation et d'entretien (EE). Tous ces facteurs réunis augmenteront les coûts pour maintenir le parc actuel des biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées en bon état de fonctionnement.

Au fur et à mesure que les précipitations extrêmes augmenteront tout au long du siècle, la capacité existante de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées ne sera pas adéquate, ce qui fera augmenter le risque d'inondation dans les zones environnantes. Les estimations de coûts présentées plus bas n'incluent pas les coûts des inondations qui pourraient découler d'une capacité inadéquate (les enjeux liés à la capacité font l'objet de discussions à la fin du présent chapitre).

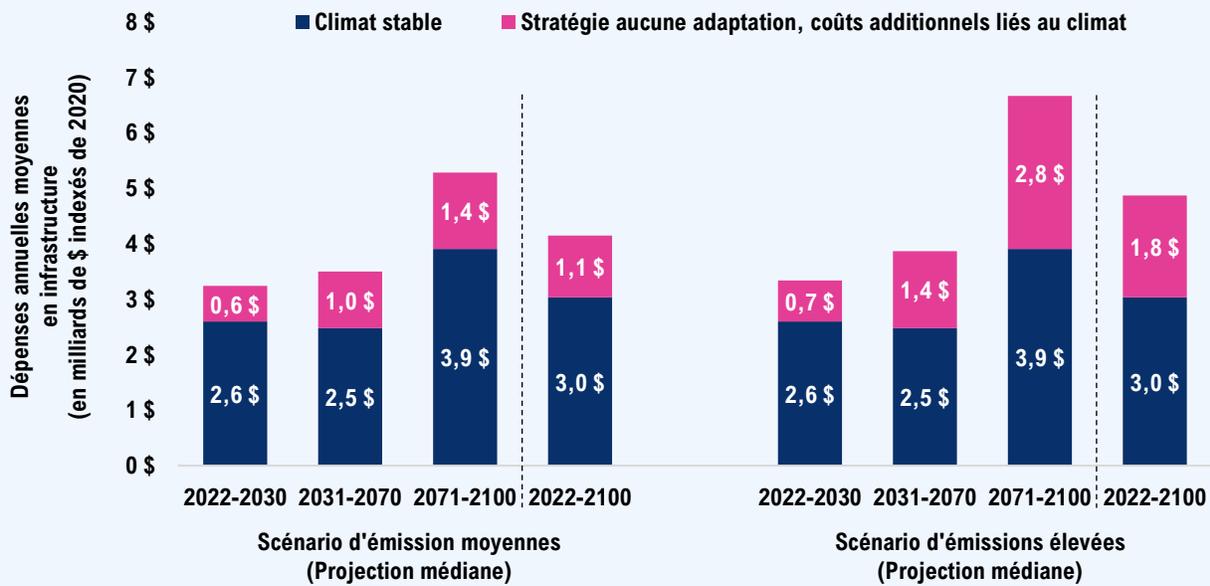
### Projection des coûts pour l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées dans la stratégie *aucune adaptation*

La Figure 3 montre les coûts d'entretien de l'infrastructure dans la stratégie *aucune adaptation*. Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), l'aggravation des précipitations extrêmes fera augmenter le coût annuel moyen du maintien en bon état de fonctionnement du parc existant d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées de 1,1 milliard de dollars par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 37 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts annuels moyens augmenteront pour passer de 0,6 milliard de dollars par année au cours de la présente décennie à 1,0 milliard de dollars au cours de la période du milieu du siècle, puis à 1,4 milliard de dollars durant la fin du siècle, tandis que les précipitations deviennent plus extrêmes.



Figure 4-3

### L'évolution des dangers climatiques augmentera le coût d'entretien du parc actuel de biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées en l'absence de mesures d'adaptation



Remarque : les marges d'incertitude sont omises de ce graphique à des fins de présentation.  
Source : BRF.

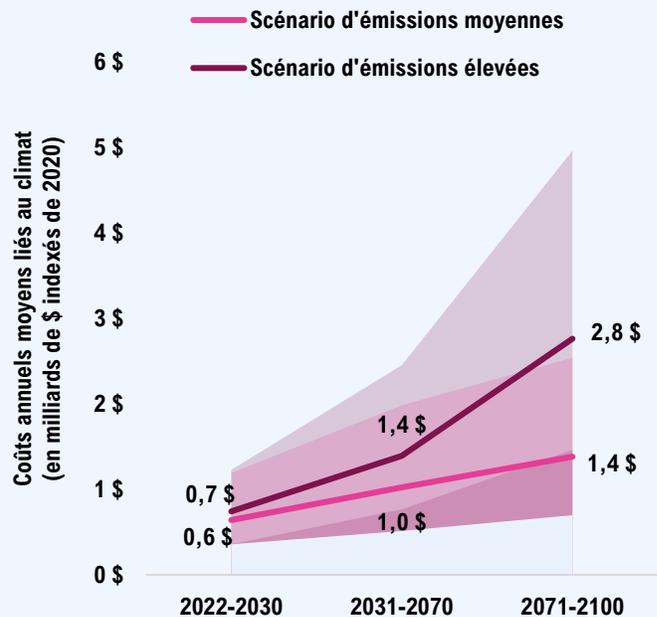
Dans le scénario d'émissions élevées (projection médiane), l'aggravation des précipitations extrêmes ferait plutôt augmenter les coûts d'infrastructure annuels moyens de 1,8 milliard de dollars par année au cours du siècle, une augmentation des coûts de 61 % comparativement au scénario de climat stable. Dans ce cas, les augmentations annuelles moyennes des coûts liés au climat passent de 0,7 milliard de dollars pour la présente décennie, à 1,4 milliard de dollars durant la période du milieu du siècle et à 2,8 milliards de dollars en fin du siècle.

Les coûts plus élevés dans le scénario d'émissions élevées sont dus au fait que l'on prévoit que les précipitations deviennent plus extrêmes au fil du siècle. En revanche, le rythme de la variation des précipitations extrêmes ralentit vers le milieu du siècle dans le scénario d'émissions moyennes (voir la figure 4-1).

L'incertitude persiste sur l'ampleur du réchauffement qui se produira dans chaque scénario d'émissions (voir la figure 4-1), tout comme il persiste une incertitude en ingénierie sur la façon dont l'aggravation des précipitations extrêmes affectera l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario (voir l'annexe C). L'étendue complète des coûts annuels moyens liés au climat est présentée à la Figure 4.

Figure 4-4

### Les marges d'incertitude entourant les coûts annuels liés au climat s'élargissent au fil du temps



Remarque : la ligne continue représente la projection médiane (50<sup>e</sup> centile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario.  
Source : BRF.



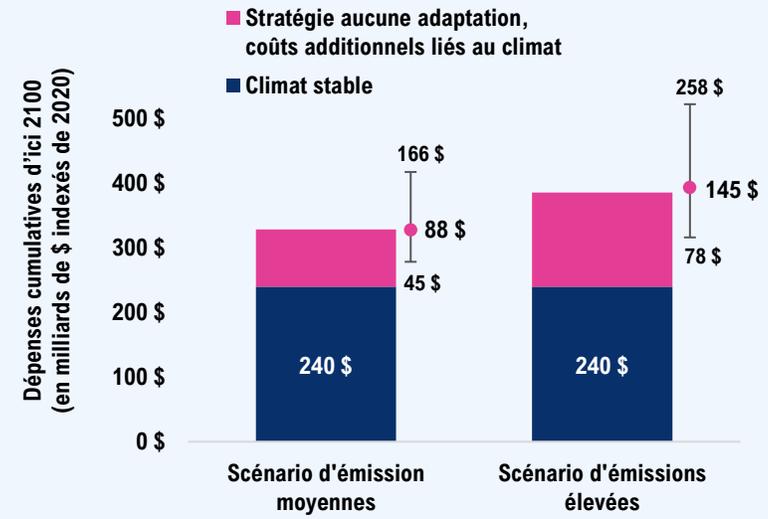
Ces coûts annuels moyens s'accumuleraient au cours de la période de projection. À court terme (2022-2030), les coûts annuels liés au climat découlant de l'aggravation des précipitations extrêmes s'élèveraient en moyenne à **0,7 milliard de dollars** dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées, et ces coûts s'accumuleraient pour atteindre approximativement **6,2 milliards de dollars** en 2030 en l'absence de mesures d'adaptation<sup>32</sup>. Cela représente une augmentation de 27 % des coûts d'infrastructure municipale comparativement à la projection de climat stable.

La figure 4-5 présente les dépenses cumulatives requises pour l'entretien de l'infrastructure au cours de la période de projection. Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût cumulé du maintien en bon état de fonctionnement du parc existant d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées augmentera de **88 milliards de dollars** au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 37 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts cumulatifs pourraient aller de 45 à 166 milliards de dollars, compte tenu des incertitudes en matière de climat et d'ingénierie.

Selon le scénario d'émissions élevées (projection médiane), le coût cumulé augmenterait plutôt de **145 milliards de dollars** (une hausse de 61 %), et la fourchette s'établirait de 78 à 258 milliards de dollars.

Figure 4-5

### En l'absence de mesures d'adaptation, les coûts liés au climat s'accumulent considérablement d'ici 2100



Source : BRF.

## L'inadéquation de la capacité des systèmes d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario fera augmenter le risque d'inondation

De nombreuses municipalités évaluent le risque d'inondation en déterminant si leur infrastructure présente une capacité suffisante (ou excédentaire) pour résister aux tempêtes majeures<sup>33</sup>, en se fondant sur les lignes directrices municipales en matière de conception, lesquelles sont souvent fondées sur les tempêtes historiques. Cependant, on prévoit que dans certains cas, l'intensité des précipitations futures surpassera les normes de conception, ce qui pourrait entraîner des inondations plus fréquentes. Ces épisodes d'inondations surviendraient même si les systèmes d'eaux pluviales et d'eaux usées demeuraient en bon état de fonctionnement étant donné que les précipitations extrêmes futures pourraient dépasser leurs capacités prévues.

<sup>32</sup> Les coûts cumulatifs de 6,2 milliards de dollars liés au climat en 2030 sont basés sur la médiane des projections selon les scénarios d'émissions moyennes et d'émissions élevées. Ces coûts pourraient s'établir entre 3 et 11 milliards de dollars, compte tenu des incertitudes en matière de climat et d'ingénierie.

<sup>33</sup> Les municipalités ont de nombreux modes de mesure pour évaluer les services liés à l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées, notamment la proportion des biens en bon état de fonctionnement, la part des habitations liées au réseau d'égout, le nombre de reflux des conduites principales, le nombre d'enquêtes sur des émanations d'égouts, le nombre d'incidents de débordements d'égouts unitaires, entre autres. Pour voir davantage d'exemples d'exigences relatives aux niveaux de service de l'infrastructure d'eaux usées et l'infrastructure d'eaux pluviales, voir les plans de gestion des biens de la [ville de Hamilton](#) (pages 131 et 132), de la [ville de London](#) (page 111) et de la [région de Peel](#) (pages 129 et 130).



Par exemple, les fossés et systèmes souterrains d'eaux pluviales de la ville de Toronto sont conçus pour contenir le ruissellement des tempêtes survenant aux deux ans, avec une intensité sur 24 heures estimée à 44 mm<sup>34</sup>. Les projections du Centre canadien des services climatiques relatives aux précipitations extrêmes dans la région de Toronto indiquent que ces chiffres peuvent augmenter pour passer à 51 mm (49 à 53 mm) au cours de la période 2021-2050 dans le scénario d'émissions faibles, pour aller jusqu'à 67 mm (61 à 75 mm) au cours de la période 2071-2100 dans le scénario d'émissions élevées.

Tous les types de biens examinés dans le présent rapport seront vulnérables sur le plan de la capacité à mesure que les précipitations extrêmes augmenteront au fil du temps, ce qui fera augmenter le risque d'inondation dans les zones environnantes<sup>35</sup>. Par le passé, les inondations ont causé des dommages matériels importants.

- En 2013, des inondations subites à Toronto ont entraîné des dommages de 940 millions de dollars<sup>36</sup>.
- En 2018, un orage à Toronto a produit 51 mm de pluie en une heure, ce qui a causé plus de 80 millions de dollars en dommages assurés<sup>37</sup>.
- Des précipitations extrêmes dans la région de Windsor en 2016 et en 2017 ont entraîné des inondations considérables qui ont causé des dommages assurés s'élevant à 232 millions de dollars<sup>38</sup>.

Bien que ces cas n'aient pas été directement reliés au changement climatique, ils démontrent comment les inondations peuvent causer des dommages matériels importants pour les ménages et les entreprises de l'Ontario.

Les inondations peuvent également causer de la pollution des eaux étant donné que les crues se mélangent aux déchets agricoles, aux produits chimiques et aux eaux d'égout non traitées, puis contaminent l'eau potable en plus de causer d'autres problèmes de santé publique<sup>39</sup>.

Le projet ICIP a principalement pour but d'estimer quel impact l'évolution des dangers climatiques aura sur le maintien en bon état de fonctionnement de l'infrastructure linéaire existante d'eaux pluviales et d'eaux usées. La portée du rapport n'inclut pas les coûts des inondations assumés par les ménages ou les entreprises lorsque cette infrastructure ne peut pas acheminer adéquatement les eaux pluviales. Cependant, ces coûts seront vraisemblablement importants et en tant que tels, représentent un domaine d'études plus approfondies qui pourrait présenter un grand intérêt public.

---

<sup>34</sup> Voir le document intitulé [Design Criteria for Sewers and Watermains, 2021](#), pages 88 et 100.

<sup>35</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#).

<sup>36</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Canada inundated by severe weather in 2013: Insurance companies pay out record-breaking \\$3.2 billion to policyholders](#).

<sup>37</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Toronto Flood Causes over \\$80 Million in Insured Damage](#).

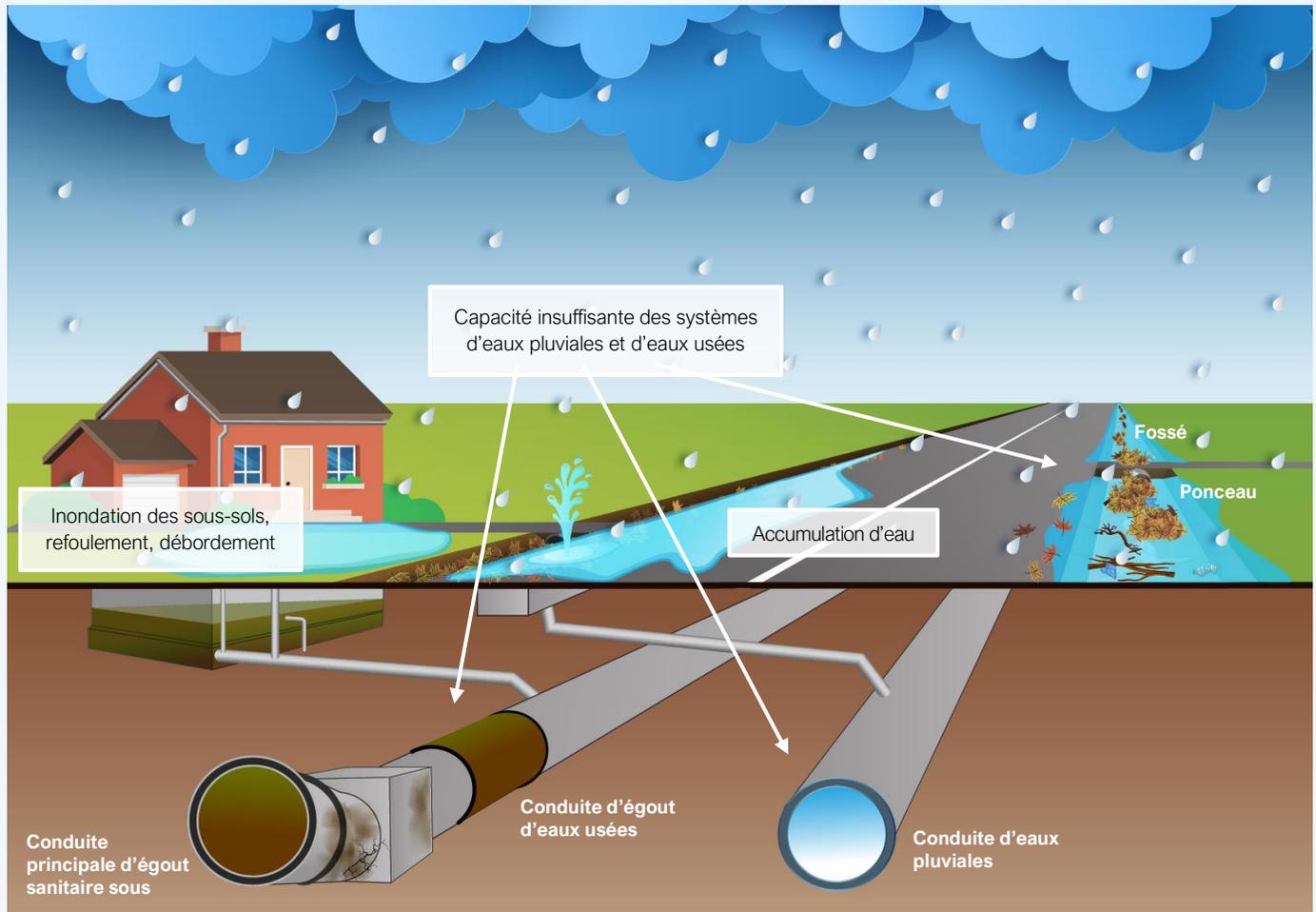
<sup>38</sup> Pour en savoir plus, voir le document de la ville de Windsor intitulé [Degrees of Change: Climate Change Adaptation Plan](#).

<sup>39</sup> Les impacts sur la santé publique autres peuvent inclure la noyade, l'hypothermie ou l'électrocution découlant de fils électriques endommagés. Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Fiches d'information sur les changements climatiques et la santé publique](#).



Figure 4-6

### La capacité insuffisante de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées peut entraîner des inondations et des dommages matériels



Source : BRF.



## 5 | Coûts de l'adaptation de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées

Le chapitre 4 présentait des projections de l'impact de l'évolution des précipitations extrêmes sur les coûts du maintien en bon état de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées en l'absence de mesures d'adaptation. Ce chapitre décrit également comment l'inadéquation de la capacité de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées peut entraver son aptitude à acheminer l'eau, ce qui entraîne des inondations plus fréquentes. En pratique, l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées peut être adaptée pour résister à ces impacts et éviter l'accélération de la détérioration et l'augmentation des dépenses d'EE découlant de l'aggravation des précipitations extrêmes. L'adaptation peut également faire en sorte que ces biens auront une capacité adéquate pour prendre en charge une augmentation des précipitations extrêmes, ce qui réduira le risque d'inondation dans les zones environnantes.

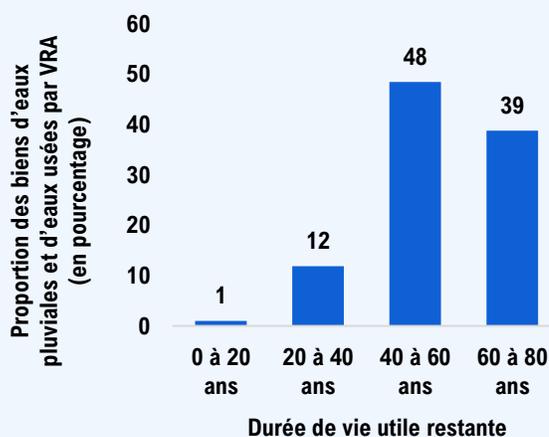
Le présent chapitre définit la portée de l'adaptation analysée dans ce rapport et présente une estimation des coûts liés à l'adaptation du parc de biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario afin que ceux-ci puissent résister aux périodes de précipitations extrêmes qui surviendront vers la fin du siècle, selon les projections des scénarios basés sur des émissions moyennes et élevées.

### L'adaptation de l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées peut aider à prévenir les impacts de l'aggravation des précipitations extrêmes

Les biens d'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario ont de longues vies utiles, comme l'illustre la figure 5-1. Sur les 124 milliards de dollars en infrastructure, 13 % des biens ont une vie utile de 0 à 40 ans, tandis que de 87 % des biens ont une vie utile de 40 à 80 ans. Compte tenu de la longue vie utile des biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées, les conditions climatiques de la fin du siècle sont pertinentes aux décisions d'adaptation qui sont prises à l'heure actuelle, lesquelles vont avoir un impact sur les coûts d'infrastructure publique tout au long du siècle.

Figure 5-1

Les biens d'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario ont de longues vies utiles



Source : BRP.

Cependant, les projections climatiques dépendent de l'évolution des émissions mondiales, qui reste incertaine. Cela soulève la question de la manière dont l'évolution prévue des principaux dangers climatiques doit être prise en compte lors de la conception, de la construction ou de la remise en état de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées<sup>40</sup>.

<sup>40</sup> Voir le document d'Infrastructure Canada intitulé [Optique des changements climatiques](#) pour des directives générales sur les



L'adaptation de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées pour qu'elle résiste à l'aggravation des précipitations extrêmes peut prendre plusieurs formes. En voici quelques exemples :

- résoudre les lacunes touchant les normes et les meilleures pratiques en matière de gestion des eaux pluviales et des eaux usées, comme la définition et l'incorporation d'un niveau de service uniforme dans les lignes directrices provinciales et municipales de conception de l'infrastructure<sup>41</sup>;
- la modification de la gestion des biens, par exemple, en changeant la fréquence des opérations et les calendriers d'entretien ou en améliorant la surveillance et l'entretien des systèmes de drainage<sup>42</sup>;
- la gestion des eaux pluviales dans les zones urbaines par l'entremise du développement à faible impact, comme l'utilisation de revêtement de chaussée perméable et l'infrastructure verte, lesquelles favorisent l'absorption de l'eau de pluie dans le sol et la réduction du volume de ruissellement pris en charge par les systèmes classiques d'eaux pluviales<sup>43</sup>;
- la plantation de forêts urbaines qui aident à retenir les eaux pluviales<sup>44</sup>;
- l'aide aux municipalités à planifier et à mettre en œuvre des systèmes robustes de drainage superficiel des zones de peuplement<sup>45</sup>;
- la séparation des systèmes de drainages et des réseaux sanitaires afin de réduire le débordement d'eaux pluviales dans les systèmes d'eaux usées<sup>46</sup>;
- l'amélioration de la cartographie des zones présentant un risque d'inondation afin d'améliorer la mise au point de règlements de lutte contre les inondations<sup>47</sup>.

La Figure 5-2 présente quelques exemples de mesures d'adaptation des composantes d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées incluses dans le cadre de modélisation du BRF. Ces adaptations pourraient prévenir l'accélération de la détérioration et l'augmentation des coûts d'EE causés par l'aggravation des précipitations extrêmes, tout en augmentant la capacité de ces infrastructures et en réduisant le risque d'inondation<sup>48</sup>.

---

différents facteurs à prendre en considération lors des prises de décisions concernant les mesures d'adaptation.

<sup>41</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Élaboration d'une norme de gestion de la qualité des eaux de ruissellement dans le contexte des changements climatiques](#).

<sup>42</sup> Voir le document d'Asset Management BC intitulé [Climate Change and Asset Management: A Sustainable Service Delivery Primer](#).

<sup>43</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux](#).

<sup>44</sup> Ibidem.

<sup>45</sup> Pour des exemples de planification municipale, voir le tableau 2 et l'annexe 9.2 du document intitulé [Élaboration d'une norme de gestion de la qualité des eaux de ruissellement dans le contexte des changements climatiques, 2018](#).

<sup>46</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation](#).

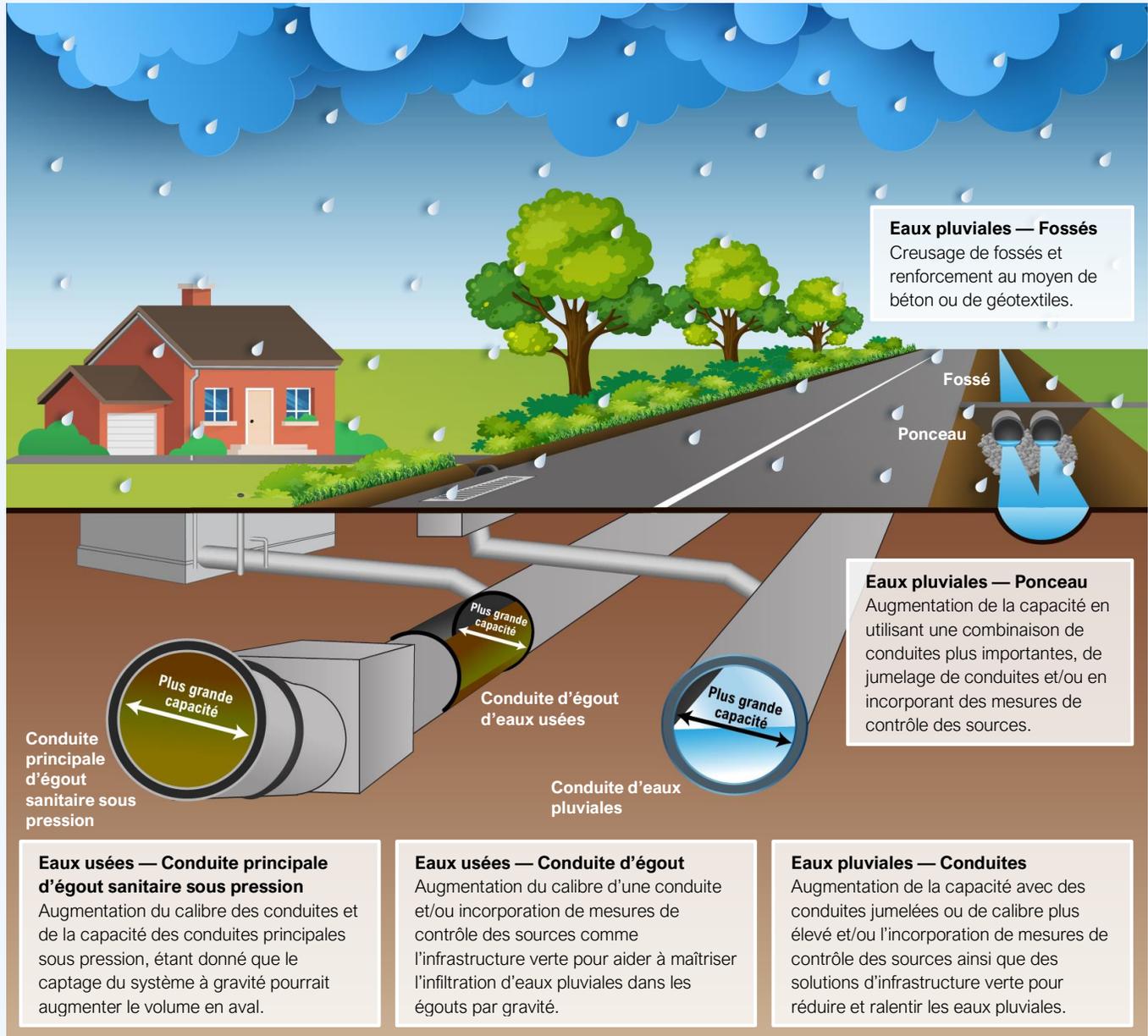
<sup>47</sup> Par exemple, voir l'encadré 2.5 du document intitulé [Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux](#).

<sup>48</sup> Pour une description complète d'exemples d'adaptation, voir le document intitulé [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#).



Figure 5-2

### Exemples d'adaptations de l'infrastructure des eaux pour résister aux précipitations extrêmes



Remarque : Pour voir plus d'exemples de la manière dont les composantes d'infrastructure des eaux peuvent être adaptées pour résister aux dangers climatiques, consulter le document [CIP1 : WSP Engineering Report, 2021](#).

Source : BRF.



## Les coûts de la stratégie d'adaptation varient selon l'approche adoptée

Pour estimer les coûts d'adaptation, le BRF a supposé que les biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées sont adaptés en fonction des projections de précipitations<sup>49</sup> extrêmes pour la fin du siècle. Une fois que les biens seront adaptés, le BRF suppose qu'ils n'entraîneront plus de dépenses additionnelles d'EE et d'immobilisations en raison de l'aggravation des précipitations extrêmes. L'adaptation fait également en sorte que les biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées auront une capacité suffisante pour prendre en charge l'aggravation des précipitations extrêmes, ce qui réduit le risque d'inondation dans les zones environnantes.

Les coûts d'infrastructure additionnels d'une stratégie d'adaptation incluraient une augmentation des dépenses en immobilisations découlant de l'augmentation de la détérioration et des dépenses d'EE jusqu'à l'adaptation (à l'exception des coûts associés aux inondations dans les zones environnantes), et une dépense ponctuelle d'adaptation. Après qu'un bien a été adapté, il n'est plus sujet à une détérioration accélérée et n'entraîne plus une augmentation des coûts d'EE en raison de l'aggravation des précipitations extrêmes. Les coûts présentés dans ce chapitre surviendraient au lieu de ceux estimés dans la *stratégie aucune adaptation* décrite au chapitre 4.

Les coûts d'une stratégie d'adaptation varient selon le moment où l'adaptation est effectuée. Pour illustrer cette variation des coûts, le BRF a mis au point deux stratégies d'adaptation.

- **Stratégie d'adaptation réactive** : les biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées sont uniquement adaptés au moment de la réfection. Dans cette approche, la part des biens adaptés augmente graduellement au cours du siècle; environ 10 % des biens seulement seront adaptés d'ici 2050 et 43 % des biens sont adaptés d'ici 2070. D'ici 2100, tous les biens sont adaptés.
- **Stratégie d'adaptation proactive** : les biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées sont adaptés à la première occasion. Ces adaptations surviennent durant la prochaine remise en état majeure d'un bien (au lieu de remettre le bien en état, il est remplacé par un nouveau bien adapté) ou au moment de la réfection, selon la première des éventualités. Dans cette approche, 33 % des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées sont adaptés d'ici 2030 et tous les biens sont adaptés d'ici 2070.

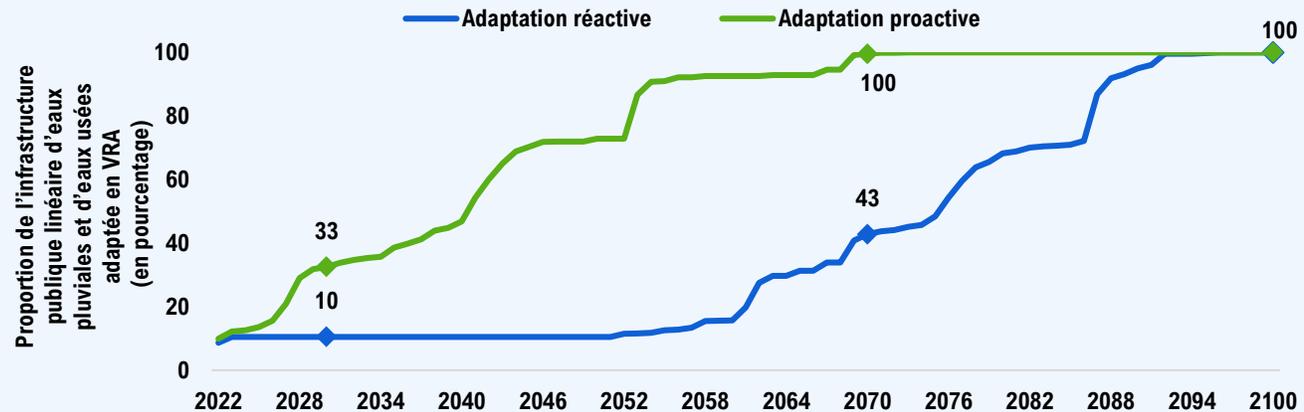
---

<sup>49</sup> La décennie 2080 a été choisie pour faire une approximation des changements climatiques dans la deuxième moitié du 21<sup>e</sup> siècle. Les coûts d'adaptation pour la décennie sont présentés à l'annexe C. Cependant, en pratique, les biens peuvent être adaptés en fonction du climat projeté tout au long de la vie utile des biens individuels.



Figure 5-3

### La stratégie d'adaptation proactive est associée à un rythme d'adaptation plus rapide au cours du siècle



Remarque : Les résultats sont fondés sur les résultats moyens pour la projection moyenne (ou le 50<sup>e</sup> percentile) dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées. Les marges d'incertitude sont omises de ce graphique à des fins de présentation.

Source : BRF.

Le rythme de l'adaptation de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées dans les deux stratégies aura aussi un impact sur le risque d'inondation dans les zones environnantes. Le rythme graduel de l'adaptation dans la stratégie d'adaptation réactive signifie qu'une grande proportion de l'infrastructure demeurera inadaptée durant une longue période, alors que seulement 43 % des biens seront adaptés d'ici 2070, ce qui entraîne un risque d'inondation important.

Cependant, le rythme d'adaptation plus rapide dans la stratégie d'adaptation proactive réduit le risque d'inondation plus rapidement, étant donné qu'une part plus importante des biens du parc sont adaptés beaucoup plus tôt. D'ici 2030, le tiers du parc est adapté en fonction des projections de précipitations extrêmes de fin du siècle, et d'ici 2050, cette part augmente pour passer à plus de 70 %. D'ici 2070, la totalité du parc est adaptée pour résister aux impacts de l'aggravation des précipitations extrêmes. Bien que l'adaptation de la totalité du parc d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées ne puisse pas entièrement éliminer le risque d'inondation, l'adaptation rapide réduira le risque d'inondation plus tôt que dans la stratégie réactive.

## Projection des coûts pour l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées dans la stratégie d'adaptation réactive

Dans la stratégie d'adaptation réactive, les biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées sont adaptés au moment de la réfection. Comme l'adaptation est effectuée graduellement, un risque d'inondation subsiste durant la majeure partie du siècle (voir la figure 5-3).

La figure 5-4 montre les coûts annuels moyens liés au climat dans la stratégie d'adaptation réactive. Dans le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), les coûts d'infrastructure annuels moyens augmenteraient de 1,1 milliard de dollars par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 37 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts annuels moyens augmentent pour passer de 0,9 milliard de dollars par année au cours de la présente décennie à 1,1 milliard de dollars au cours de la période du milieu du siècle, puis à 1,2 milliard de dollars durant la fin du siècle, tandis que le rythme de l'adaptation s'accélère.

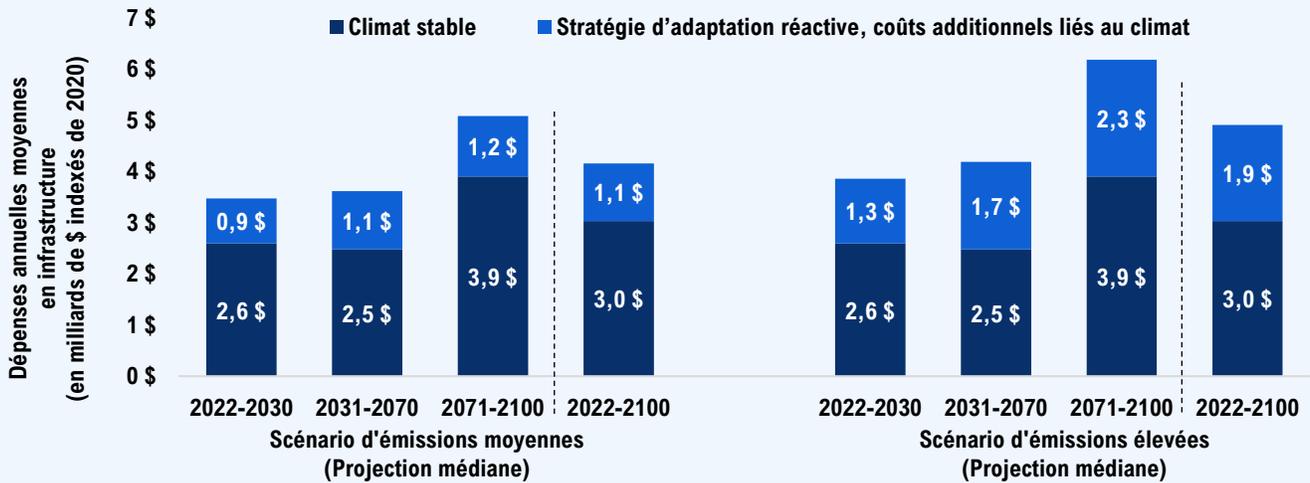
Dans le scénario d'émissions élevées (projection médiane), les coûts d'infrastructure annuels moyens augmenteraient de 1,9 milliard de dollars par année au cours du siècle, soit une augmentation de 62 % des coûts comparativement au scénario de climat stable. Dans ce scénario, les coûts liés au climat augmentent pour passer de 1,3 milliard de dollars durant la présente décennie, à des coûts moyens de 1,7 milliard de dollars durant la période du milieu du siècle, puis augmenteraient pour passer à 2,3 milliards de dollars d'ici la fin du siècle.



Les coûts dans le scénario d'émissions élevées sont plus élevés que dans le scénario d'émissions moyennes tandis que l'aggravation des précipitations extrêmes accélère la détérioration et fait augmenter les coûts d'EE des biens non adaptés. Les coûts d'adaptation sont également plus élevés comparativement au scénario d'émissions moyennes puisque les biens doivent être conçus en respectant des exigences plus élevées pour résister aux contraintes physiques du scénario d'émissions élevées.

Figure 5-4

### L'adaptation augmentera les coûts de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées, et ce, davantage dans le scénario d'émissions élevées



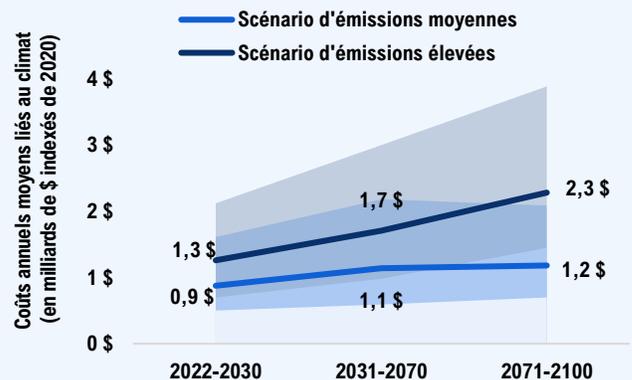
Remarque : les marges d'incertitude sont omises de ce graphique à des fins de présentation.  
Source : BRF.

Nous présentons à la Figure 5-5 l'étendue complète des coûts liés au climat, laquelle tient compte de l'ampleur du réchauffement qui surviendra dans chacun des scénarios d'émissions, ainsi que de l'incertitude en matière d'ingénierie relativement à l'établissement des coûts d'une gamme de possibilités d'adaptation.

Ces coûts annuels moyens s'accumuleront durant le reste du siècle. Le BRF prévoit que ces coûts liés au climat totaliseront approximativement **8 milliards de dollars** d'ici 2030 dans le scénario d'émissions moyennes (une augmentation de 34 % des coûts d'infrastructure municipale comparativement à la projection de climat stable). Dans le scénario d'émissions élevées, ces coûts additionnels s'accumuleraient pour atteindre approximativement **11 milliards de dollars** d'ici 2030 (une augmentation de 48 %, étant donné que l'adaptation des biens pour qu'ils résistent à l'aggravation des précipitations extrêmes dans le scénario d'émissions élevées est plus onéreuse)<sup>50</sup>.

Figure 5-5

### Les coûts liés au climat sont incertains dans la stratégie d'adaptation réactive en raison du climat et de l'ingénierie



Remarque : la ligne continue représente la projection médiane (50<sup>e</sup> centile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario.  
Source : BRF.

<sup>50</sup> Ces coûts pourraient aller de 4 à 15 milliards de dollars dans le scénario d'émissions moyennes et de 6 à 19 milliards de dollars dans le scénario d'émissions élevées compte tenu des incertitudes en matière de climat et d'ingénierie.

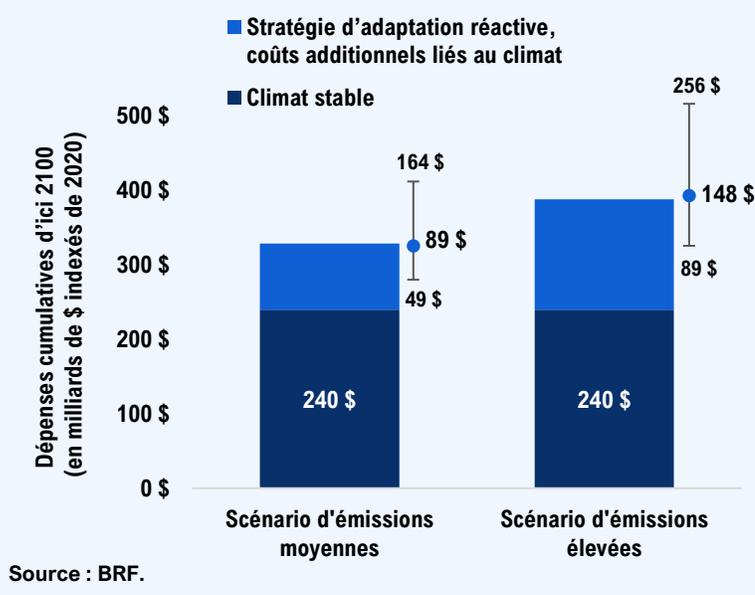


La figure 5-6 montre les coûts cumulatifs d'infrastructure dans les deux scénarios d'émissions. Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le maintien en bon état de fonctionnement du parc existant d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées ainsi que l'expansion de sa capacité dans la stratégie d'*adaptation réactive* fera augmenter les coûts d'infrastructure cumulatifs de **89 milliards de dollars** au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 37 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts cumulatifs pourraient aller de 49 à 164 milliards de dollars, compte tenu des incertitudes en matière de climat et d'ingénierie.

Selon le scénario d'émissions élevées (projection médiane), les coûts cumulatifs des infrastructures augmenteraient plutôt de **148 milliards de dollars** (une hausse de 62 %), et la fourchette s'établirait de 89 à 256 milliards de dollars.

Figure 5-6

### Coûts cumulatifs liés au climat dans la stratégie d'adaptation réactive jusqu'en 2100



## Projection des coûts pour l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées dans la stratégie d'*adaptation proactive*

Dans la stratégie d'*adaptation proactive*, les biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées sont adaptés à la première occasion. L'adaptation a lieu soit à la prochaine remise en état majeure du bien, lorsqu'il est remplacé par un nouveau bien adapté au lieu d'être remis en état, ou à la réfection, selon la première de ces éventualités. Dans cette approche, 33 % des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées sont adaptés d'ici 2030 et tous les biens sont adaptés d'ici 2070. Dans le cadre de cette stratégie, on réduit plus rapidement le risque d'inondation comparativement au rythme graduel que l'on constate dans la stratégie d'*adaptation réactive*.

La figure 5-7 montre les coûts annuels moyens liés au climat dans la stratégie d'*adaptation proactive*. Dans le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), les coûts d'infrastructure annuels moyens augmenteraient de 0,9 milliard de dollars par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 29 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Dans le scénario d'émissions élevées (projection médiane), les coûts d'infrastructure annuels moyens augmenteraient de 1,6 milliard de dollars par année au cours du siècle, soit une augmentation de 53 % des coûts comparativement au scénario de climat stable.

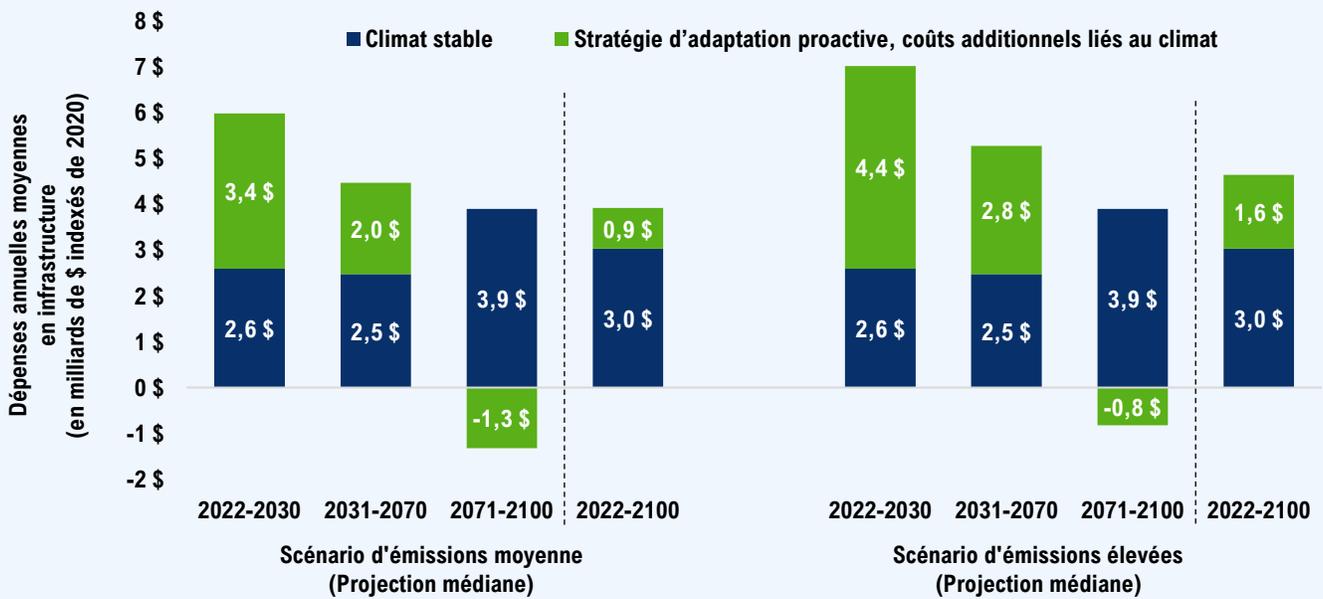
Dans un climat stable, une proportion importante du système d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario serait remplacée dans la période de la fin du siècle. Dans la stratégie d'*adaptation proactive*, une proportion importante de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées fait l'objet d'une réfection et d'une adaptation bien avant la fin de sa vie utile. Cela ferait augmenter de manière importante les coûts d'infrastructure à court terme d'ici la période du milieu du siècle comparativement au scénario de climat stable. Cela signifie également qu'un plus petit nombre de réfections surviendrait durant la période de fin du siècle comparativement au scénario de climat stable, ce qui abaisserait les coûts d'infrastructure durant cette période<sup>51</sup>.

<sup>51</sup> Cependant, ces économies seraient uniquement temporaires. Si des biens sont remplacés avant la fin de leur vie utile au cours du siècle actuel, ils devront néanmoins faire l'objet d'une réfection au cours du 21<sup>e</sup> siècle.



Figure 5-7

**L'adaptation proactive augmente de manière importante les coûts d'infrastructure à court terme, mais les réduit à long terme**



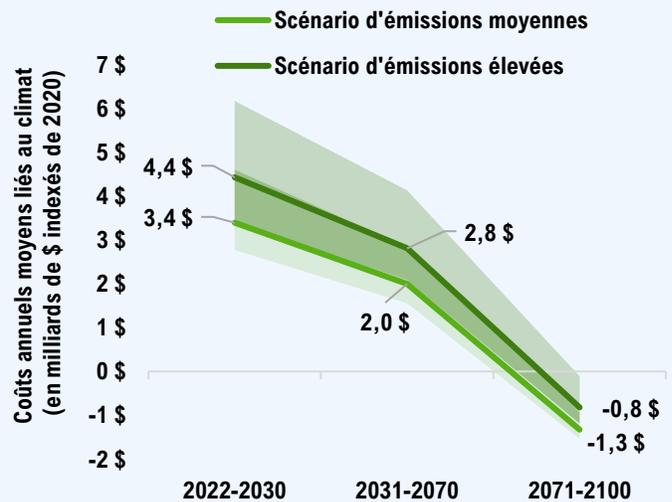
Remarque : les marges d'incertitude sont omises de ce graphique à des fins de présentation.  
Source : BRF.

Nous présentons à la figure 5-8 l'étendue complète des coûts annuels liés au climat, laquelle tient compte de l'ampleur du réchauffement qui surviendra dans chacun des scénarios d'émissions, ainsi que de l'incertitude en matière d'ingénierie relativement à l'établissement des coûts d'une gamme de possibilités d'adaptation.

Ces coûts annuels moyens projetés s'accumuleront durant le reste du siècle en cours. Le BRF prévoit que ces coûts liés au climat s'accumuleraient pour totaliser approximativement **31 milliards de dollars** d'ici 2030 dans le scénario d'émissions moyennes (une augmentation de 130 % des coûts d'infrastructure municipale comparativement à la projection de climat stable). Dans le scénario d'émissions élevées, ces coûts additionnels s'accumuleraient pour atteindre approximativement **40 milliards de dollars** d'ici 2030 (une augmentation de 170 %, étant donné que l'adaptation des biens en vue de résister à l'aggravation des précipitations extrêmes dans le scénario d'émissions élevées est plus onéreuse)<sup>52</sup>.

Figure 5-8

**Les coûts liés au climat sont incertains en raison du climat et de l'ingénierie**



Remarque : la ligne continue représente la projection médiane (50<sup>e</sup> centile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario.  
Source : BRF.

<sup>52</sup> Ces coûts pourraient aller de 25 à 41 milliards de dollars dans le scénario d'émissions moyennes et de 31 à 56 milliards de dollars dans le scénario d'émissions élevées compte tenu des incertitudes en matière de climat et d'ingénierie.

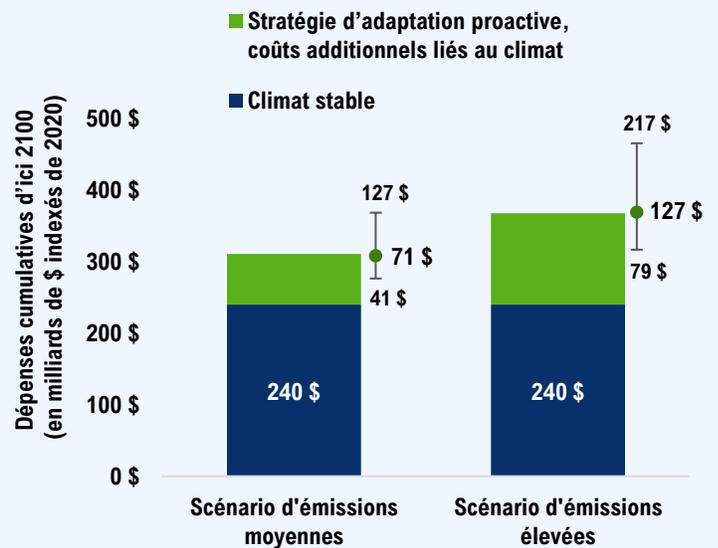


La figure 5-9 montre les coûts cumulatifs d'infrastructure dans les deux scénarios d'émissions. Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût cumulé du maintien en bon état de fonctionnement du parc existant d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées au cours de la période de projection ainsi que l'expansion de sa capacité dans la stratégie d'adaptation proactive augmentera de **71 milliards de dollars** au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 29 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts cumulatifs pourraient aller de 41 à 127 milliards de dollars, compte tenu des incertitudes en matière de climat et d'ingénierie.

Selon le scénario d'émissions élevées (projection médiane), le coût cumulé augmenterait plutôt de **127 milliards de dollars** (une hausse de 53 %), et la fourchette s'établirait de 79 à 217 milliards de dollars.

Figure 5-9

### Coûts cumulatifs liés au climat dans la stratégie d'adaptation proactive jusqu'en 2100



Source : BRF.



## 6 | Comparaison des coûts de différentes stratégies de gestion des biens

Les chapitres 4 et 5 examinent les coûts du maintien en bon état de fonctionnement de l'infrastructure linéaire publique d'eaux pluviales et d'eaux usées dans un contexte de changements climatiques selon trois stratégies de gestion des biens : *aucune adaptation*, *adaptation réactive*, *adaptation proactive*. Ces stratégies ont été élaborées afin d'estimer l'ampleur de l'impact budgétaire que l'évolution des précipitations extrêmes entraînera pour les budgets d'infrastructure municipale au cours de ce siècle<sup>53</sup>.

Le présent chapitre examine d'abord l'étendue des coûts pour chacune des trois stratégies de gestion des biens analysées. Ensuite, les estimations de coûts de ces trois stratégies sont comparées et l'aptitude de chacune des stratégies à réduire les risques d'inondation est évaluée. Vient ensuite l'examen des profils de coûts de chacune des stratégies sur l'étendue de la projection. Enfin, cette partie du rapport se conclut avec la présentation de facteurs hors du champ d'analyse du BRF, mais pertinents pour la détermination de la stratégie la plus rentable en matière de gestion de biens spécifiques.

### L'analyse du BRF porte sur les coûts d'entretien de l'infrastructure municipale linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées

Le présent rapport évalue l'impact de l'aggravation des précipitations extrêmes sur les coûts de maintien en état de bon fonctionnement de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées pour les administrations municipales, que ce soit par l'entretien d'un bien d'infrastructure non adapté ou par l'adaptation de ce bien. Ce rapport n'a pas pour but de produire une analyse coûts-avantages exhaustive et ne contient pas d'estimations des coûts engendrés par une infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées qui serait inadéquate, comme les coûts assumés par les ménages ou les entreprises en cas d'inondation. Ces coûts, qui ne font pas partie du champ d'analyse du BRF, sont néanmoins potentiellement importants et pertinents au moment de décider si un bien doit être adapté ou non.

Par exemple, si des précipitations extrêmes submergent un ponceau aux capacités insuffisantes lors d'une tempête et que la zone environnante est elle aussi inondée, cette analyse inclut les coûts pour le nettoyage de débris accumulés sous le ponceau et pour toute réparation requise, mais n'inclut pas les coûts de réparation pour les dommages subis par les ménages ou les entreprises dans la zone environnante. Cependant, les stratégies d'adaptation incluent les coûts d'adaptation comme la construction d'un plus grand ponceau doté d'une capacité supérieure afin de diminuer le risque d'inondation dans la zone environnante (voir la figure 6-1).

---

<sup>53</sup> Aucune des stratégies présentées dans le présent rapport ne constitue une représentation précise des coûts à venir, et le calcul des coûts pour l'ensemble des biens n'a pas pour objectif d'éclairer les prises de décisions pour la gestion d'un bien spécifique.



Figure 6-1

Les coûts d'entretien de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées dans un climat en évolution sont inclus, mais les effets d'une infrastructure aux capacités inadéquates pour les ménages et les entreprises ne le sont pas



Source : BRF.



## L'adaptation proactive diminue les risques d'inondation et les coûts liés au climat comparativement à l'absence d'adaptation

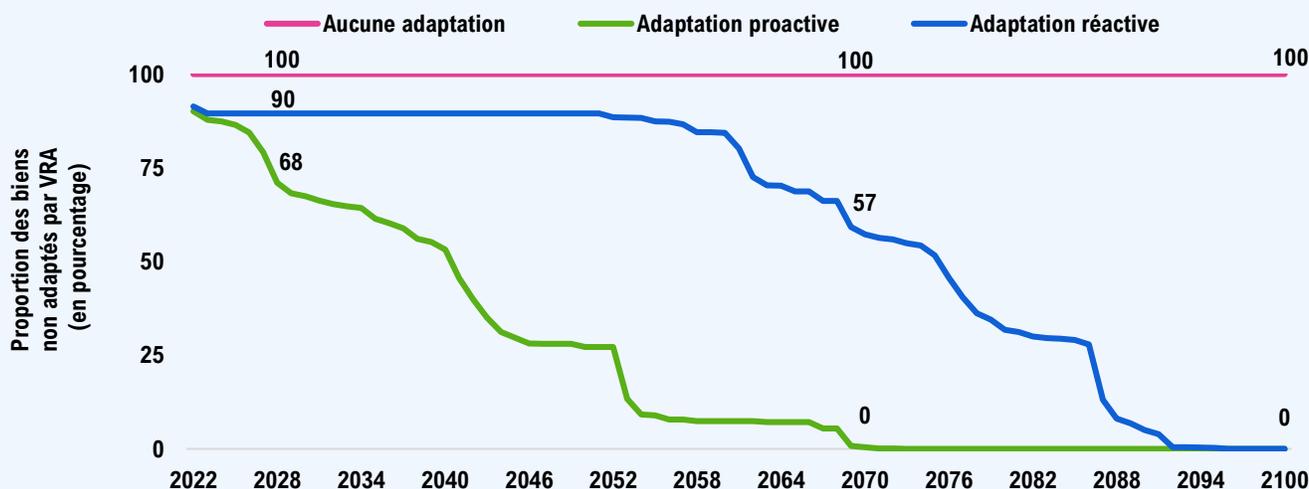
Avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations extrêmes, les biens d'infrastructure non adaptés seront de plus en plus soumis à des contraintes dépassant leurs capacités, entraînant un risque d'inondation plus élevé pour les zones environnantes. L'adaptation fait également en sorte que les biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées auront une capacité suffisante pour prendre en charge l'aggravation future des précipitations extrêmes, ce qui réduit le risque d'inondation. Plus on adapte les biens d'infrastructure rapidement, plus vite on réduit le risque d'inondation.

La figure 6-2 illustre la variation de la proportion des biens publics d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées non adaptés, sur la durée de la projection des trois stratégies de gestion.

La stratégie d'*adaptation proactive* fait diminuer le risque d'inondation plus rapidement que les autres stratégies de gestion de biens, puisque l'ensemble du parc de biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées est adapté à un rythme plus rapide. Avec cette stratégie, la part de biens non adaptés diminue rapidement au fil de la projection, pour se situer à 68 % en 2030, à 27 % en 2050 et à 0 % en 2070<sup>54</sup>. S'il est vrai que, avec la stratégie réactive, la part de biens non adaptés atteint éventuellement zéro, le processus est beaucoup plus lent puisque la majorité des biens demeurent non-adaptés pendant la majeure partie de la projection. Les risques d'inondation sont les plus élevés dans la stratégie *aucune adaptation* puisqu'aucun bien n'est adapté au fil de la période projetée<sup>55</sup>.

Figure 6-2

**L'adaptation proactive de l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario est la stratégie permettant de réduire le plus rapidement la vulnérabilité du parc d'infrastructure aux inondations**



Remarque : Les résultats sont fondés sur les résultats moyens pour la projection moyenne (ou le 50<sup>e</sup> percentile) dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées. Les marges d'incertitude sont omises de ce graphique à des fins de présentation.  
Source : BRF.

<sup>54</sup> L'adaptation du parc entier des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées n'élimine pas complètement les risques d'inondation. Cependant, puisque l'adaptation permet aux biens de tolérer des volumes accrus de précipitations, il est prévu que les biens d'infrastructure adaptés réduisent de manière importante le risque d'inondation dans leur zone environnante comparativement aux biens non-adaptés.

<sup>55</sup> L'ampleur du risque d'inondation des biens non adaptés croît aussi au fil de la période projetée à mesure que les précipitations extrêmes deviennent plus fréquentes et plus intenses. Par exemple, dans le scénario d'émissions élevées, le risque d'inondation sera plus grand en 2080 qu'en 2050 puisqu'il est prévu que l'on connaîtra plus de précipitations extrêmes à la fin du siècle.



En plus d'offrir la diminution la plus marquée du risque d'inondation, l'adaptation proactive de l'infrastructure est la moins onéreuse des stratégies pour les municipalités (en dollars indexés)<sup>56</sup>, tel qu'illustré à la figure 6-3. Dans la stratégie *aucune adaptation*, aucun bien d'infrastructure n'est adapté, ce qui entraîne des coûts liés au changement climatique plus élevés sur la durée de la projection. De même, le rythme d'adaptation graduel de l'*approche réactive* rend une grande partie des biens susceptibles à des coûts d'infrastructure liés au changement climatique plus élevés sur la durée de la projection, tout en entraînant également des coûts d'adaptation. En revanche, le rythme d'adaptation rapide de la *stratégie proactive* permet d'éliminer une bonne partie des interventions et de l'entretien à coûts élevés engendrés par le changement climatique.

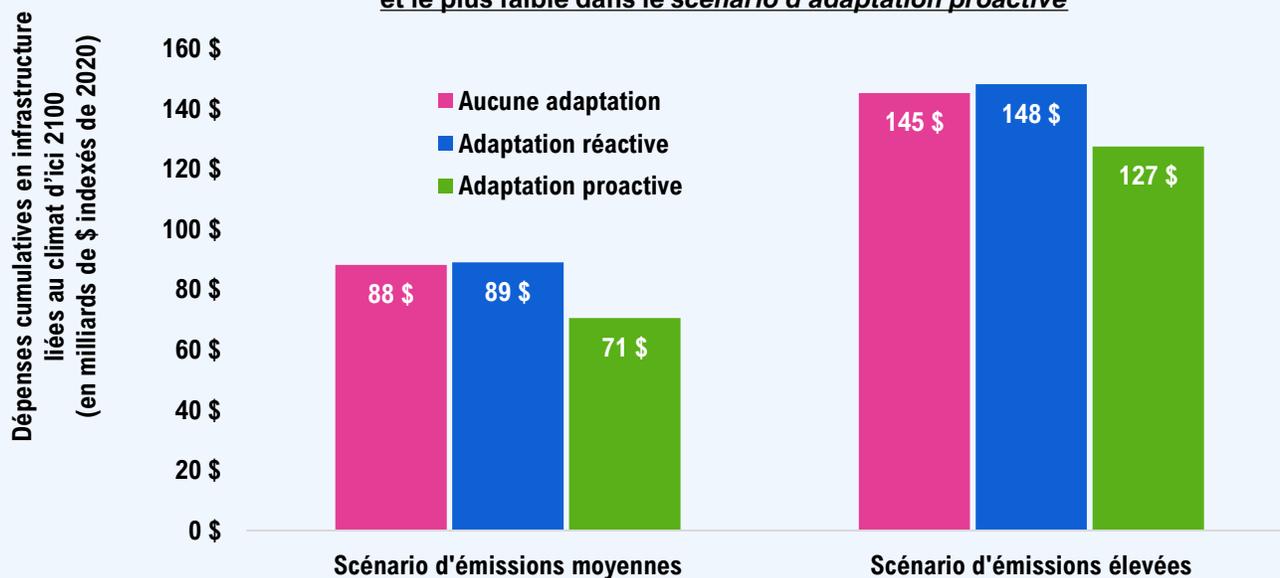
Pour fin de comparaison entre les coûts cumulatifs des trois stratégies, il convient de noter que si les coûts des inondations qui sont assumés par les ménages et les entreprises étaient pris en compte, les coûts cumulatifs de la stratégie *aucune adaptation* augmenteraient considérablement et ceux de l'*adaptation proactive* connaîtraient la plus faible hausse.

Peu importe la stratégie de gestion adoptée, la progression à venir du changement climatique mondial sera un facteur clé qui déterminera l'ampleur des coûts additionnels d'infrastructure liés au climat. Dans toutes les stratégies de gestion des biens, les coûts dans le scénario d'émissions moyennes sont moindres que dans le scénario d'émissions élevées (projections médianes).

Figure 6-3

### L'adaptation proactive de l'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario est moins onéreuse à long terme pour les municipalités que l'absence d'adaptation, et amenuise plus rapidement les risques d'inondation

**Les coûts assumés par les ménages et les entreprises ne sont pas inclus.**  
**Le risque d'inondation est plus élevé dans le scénario aucune adaptation**  
**et le plus faible dans le scénario d'adaptation proactive**



Remarque : Les coûts présentés sont basés sur la projection médiane (50<sup>e</sup> percentile) dans chaque scénario d'émissions. Les coûts indiqués dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence sur la même période. Les marges d'incertitude sont omises de ce graphique à des fins de présentation.

Source : BRF.

<sup>56</sup> Pour une analyse de ces profils de coûts sur une base actualisée, voir l'annexe D.

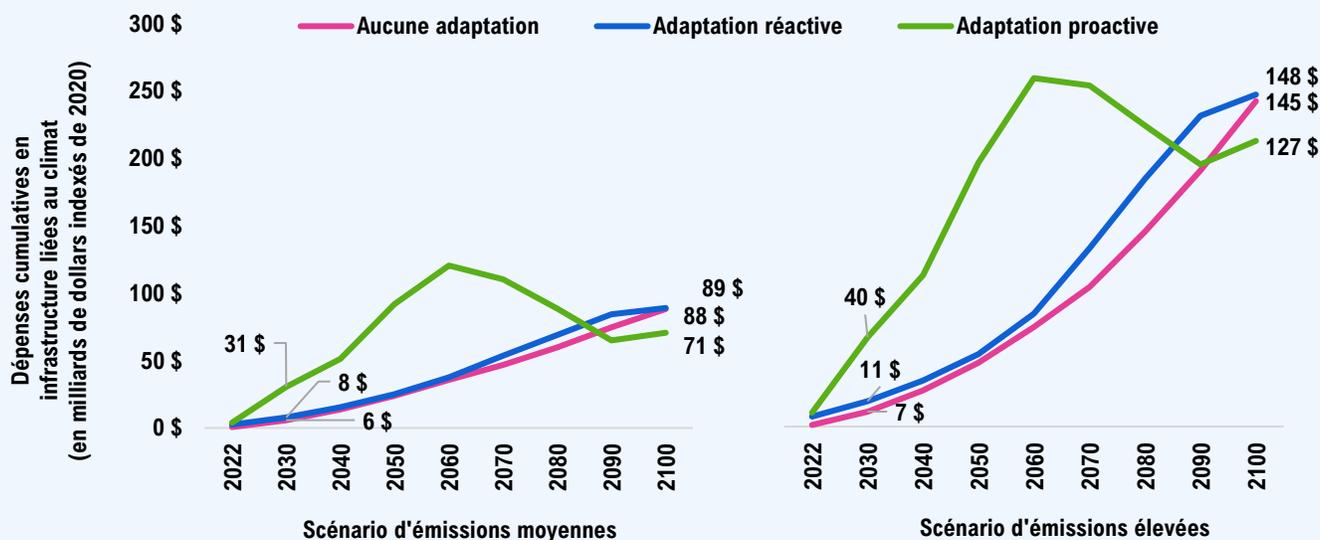


## L'adaptation proactive de l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées nécessiterait un investissement initial important

La figure 6-4 illustre comment les coûts s'accumulent dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées pour les trois stratégies de gestion des biens.

Figure 6-4

### L'adaptation proactive requiert des investissements initiaux beaucoup plus élevés



Remarque : Les coûts présentés sont basés sur la projection médiane (50<sup>e</sup> percentile) dans chaque scénario d'émissions. Les coûts indiqués dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence sur la même période. Les marges d'incertitude sont omises de ce graphique à des fins de présentation.

Source : BRF.

Dans la première moitié du siècle, les profils de coûts de la stratégie *aucune adaptation* et de la stratégie d'*adaptation réactive* sont similaires puisque l'aggravation des précipitations extrêmes fait augmenter les coûts dans les deux stratégies. Dans la seconde moitié du siècle, ces deux profils de coûts commencent à diverger, car les dépenses nécessaires pour adapter les infrastructures d'eaux pluviales et d'eaux usées en fonction de précipitations extrêmes font passer le coût de la stratégie d'*adaptation réactive* légèrement au-dessus de celui de la stratégie *aucune adaptation*.

En revanche, avec la stratégie d'*adaptation proactive*, les biens sont adaptés à un rythme rapide, lequel est principalement attribuable aux réfections hâtives. Cette stratégie implique des coûts cumulatifs importants au cours des quatre prochaines décennies. Toutefois, les coûts décroissent en fin de siècle parce que les biens adaptés ne sont pas sujets aux coûts de fonctionnement et d'immobilisation plus élevés induits par le climat, et que moins de travaux de réfection seront requis.



Si la stratégie d'*adaptation proactive* constitue l'option la moins onéreuse en dollars indexés de 2020, elle n'en requiert pas moins un investissement initial considérable. D'ici 2030, les coûts additionnels liés au changement climatique s'élèvent à 31 milliards de dollars dans le scénario d'émissions moyennes et à 40 milliards de dollars dans le scénario d'émissions élevées, ce qui représente des moyennes respectives de 3 et de 4 milliards de dollars annuellement, selon le scénario, pour la période de 9 ans. Il s'agirait là d'une augmentation considérable des dépenses en infrastructure pour les municipalités, qui ont dépensé en moyenne 11 milliards de dollars par année en immobilisations pour tous les types d'infrastructure (notamment les biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées) au cours de la période allant de 2009 à 2019<sup>57</sup>.

## La prise de décisions en fonction de biens précis doit se fonder sur plusieurs facteurs

Le chiffrage de trois stratégies de gestion à l'échelle du parc de biens d'infrastructure avait pour objectif d'estimer l'ampleur de l'impact budgétaire que l'aggravation des précipitations extrêmes pourrait entraîner au cours du siècle. Cependant, pour pouvoir prendre des décisions quant à l'adaptation de biens particuliers, de nombreux autres facteurs doivent être pris en compte<sup>58</sup>, notamment :

- les caractéristiques individuelles d'un bien (incluant l'âge, l'état et ses vulnérabilités au climat);
- un plus large échantillonnage de conséquences climatiques (telles que les inondations fluviales et la dégradation du pergélisol) sur la durée de vie utile d'un bien;
- les coûts assumés par les ménages et les entreprises, notamment en cas d'inondation ou d'interruption de service au moment de la construction;
- d'autres facteurs qui ne sont pas directement liés aux biens<sup>59</sup>.

Intégrer ces facteurs aurait pour effet de perfectionner la méthodologie du BRF et faciliterait la prise de décisions en matière d'adaptation de biens spécifiques dans un climat en constante évolution.

---

<sup>57</sup> Les dépenses moyennes sont calculées en fonctions des dépenses d'additions et d'améliorations dans tous les domaines fonctionnels des biens administrés par les municipalités de l'Ontario, tels que déclarés dans les données des [Rapports d'information financière](#) de 2009 à 2019.

<sup>58</sup> Plusieurs outils peuvent faciliter la mise en place d'un processus décisionnel en matière d'adaptation face aux changements climatiques qui prend en compte à la fois les coûts et les avantages financiers et économiques de l'adaptation. Voir les documents [Chapter 7: Economics of Adaptation](#) et [Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options: An Overview of Approaches](#) pour de plus amples détails sur les différents outils décisionnels, [Climate-Resilient Infrastructure](#) pour une discussion générale sur les coûts et les avantages de l'adaptation, et [Optique des changements climatiques](#) pour des directives générales sur les décisions en matière d'adaptation.

<sup>59</sup> Par exemple, si une section de route doit être remplacée (ou adaptée), cela peut avoir une incidence sur la décision d'adapter également un segment de conduite d'eau pluviale située sous cette section de route. Les inondations pourraient aussi représenter un fardeau financier additionnel pour les gouvernements qui, outre les coûts d'entretien de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées, devront consacrer des fonds d'urgence pour venir en aide aux sinistrés des zones touchées.



# 7 | Annexes

## Annexe A : Étendue des biens du secteur des eaux pluviales et des eaux usées

Tableau A-1 : Une infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées valorisée à 124 milliards de dollars (valeur de remplacement actuelle) a été incluse dans le champ d'études de ce rapport

Ordre de gouvernement	Secteur	VRA totale (milliards de dollars de 2020)	Description
Municipal	Eaux pluviales	52,8 \$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 368 kilomètres de conduites d'eaux pluviales d'une valeur de 38,8 milliards de dollars</li> <li>• 8 967 kilomètres de ponceaux pluviaux d'une valeur de 7,5 milliards de dollars</li> <li>• 76 423 kilomètres de fossés ouverts d'une valeur de 6,5 milliards de dollars</li> <li>• Plus du cinquième (22,9 %) de l'infrastructure d'ingénierie linéaire d'eaux pluviales a été construite entre 1970 et 1999, tandis que 9,3 % a été construite entre 1940 et 1969</li> </ul>
	Eaux usées	71,1 \$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 44 802 kilomètres de conduites d'égout de petit (moins de 450 mm), de moyen (450 à 1500 mm) et de gros diamètre (plus de 1500 mm) ainsi que de diamètre inconnu d'une valeur de 67,9 \$ milliards de dollars</li> <li>• 2 334 kilomètres de conduites principales d'égout sanitaire sous pression d'une valeur de 3,2 \$ milliards de dollars</li> <li>• Une grande part (42,8 %) de l'infrastructure d'ingénierie linéaire d'eaux usées a été construite entre 1970 et 1999, tandis qu'un cinquième (19,7 %) a été construite entre 1940 et 1969</li> </ul>

Remarque : Les données sur l'ancienneté présentées datent de 2020.

Source : Analyse du BRF des données municipales telles que décrites dans le rapport du BRF intitulé [L'infrastructure municipale](#).



## Annexe B : Étendue des variables climatiques utilisées dans l'analyse chiffrée

Le Centre canadien des services climatiques a fourni les projections pour tous les indicateurs climatiques utilisés dans l'analyse de coûts du BRF. Différents indicateurs climatiques ont été utilisés en fonction de la nature de l'interaction du danger climatique avec des composants spécifiques des infrastructures d'eaux pluviales et d'eaux usées. Consulter le rapport de WSP pour une description et une explication complètes<sup>60</sup>.

Tableau B-1 : Projection de l'évolution des variables climatiques entre 1976-2005 et 2071-2100, moyenne en Ontario<sup>61</sup>

Risque climatique	Variable	Définition	Émissions faibles (RCP2.6)	Émissions moyennes (RCP4.5)	Émissions élevées (RCP8.5)
Précipitations extrêmes	IDF 24 heures 1:2	Intensité des précipitations de courte durée pour un événement de 24 heures avec une fréquence de 1 sur 2 ans	+ 15 % (+10 à 24 %)	+ 25 % (+16 à 39 %)	+ 53 % (+38 à 78 %)
	IDF 24 heures 1:100	Intensité des précipitations de courte durée pour un événement de 24 heures avec une fréquence de 1 sur 100 ans	+ 15 % (+10 à 24 %)	+ 25 % (+16 à 39 %)	+ 53 % (+38 à 78 %)
	Précipitations maximales sur 5 jours	Volume maximal sur une année des précipitations survenant durant cinq jours consécutifs	+ 9 % (+ 8 à 12 %)	+ 11 % (+ 9 à 14 %)	+ 19 % (+ 13 à 20 %)
	Indice des égouts par gravité <sup>62</sup>	Variation de 0,5 %* de l'IDF pour un événement de 24 heures avec une fréquence de 1 sur 2 ans + variation de 0,5 %* des précipitations maximales sur 5 jours	+ 12 % (+ 9 à 18 %)	+ 18 % (+ 13 à 27 %)	+ 36 % (+ 25 à 49 %)

**Remarques :** Les chiffres sont arrondis. Projections médianes (50<sup>e</sup> percentile) des variables climatiques présentées, suivies des plages entre parenthèses. Les plages indiquent les projections du 10<sup>e</sup> et du 90<sup>e</sup> percentile.

**Source :** Centre canadien des services climatiques.

L'ensemble complet des données sur le climat utilisées dans le cadre du projet ICIP est disponible dans le site Web du BRF : <https://www.fao-on.org/en/cipi>.

<sup>60</sup> Voir le document intitulé [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#).

<sup>61</sup> Pour les variables IDF, les variations de pourcentage pour chaque scénario RCP sont identiques étant donné que les projections de températures moyennes sont utilisées dans la relation Clausius–Clapeyron afin d'estimer les projections. Pour en savoir plus, voir le document intitulé [ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet](#).

<sup>62</sup> L'indice des égouts par gravité capture l'impact des précipitations extrêmes sur les égouts par gravité découlant d'une augmentation de l'intensité des précipitations (tempêtes survenant à intervalle de 2 ans) et de l'augmentation de l'infiltration (précipitations maximales sur 5 jours). Voir la page 17 du document intitulé [CIPI: WSP Engineering Report, 2021](#).



## Annexe C : Impact de l'aggravation des précipitations extrêmes sur l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées

Cette annexe présente l'incidence des précipitations extrêmes sur les principaux coûts d'infrastructure des ponceaux pluviaux, des fossés pluviaux, des conduites d'eaux pluviales, des conduites principales d'eaux usées sous pression et des conduites d'égout pour les eaux usées. L'annexe présente l'impact total des précipitations extrêmes sur les dépenses d'exploitation et entretien (EE) et la durée de vie utile (le cas échéant) en l'absence de mesures d'adaptation, ainsi que les coûts d'adaptation de cette infrastructure afin de prévenir ces impacts liés au climat.

Afin d'établir des corrélations entre les indicateurs climatiques pertinents et les coûts d'infrastructure clés, le BRF a collaboré avec WSP, une grande firme d'ingénierie dont l'expertise s'étend à toutes les facettes de l'infrastructure publique, notamment la gestion des biens d'infrastructure, la construction et l'exploitation d'infrastructures publiques et les impacts du changement climatique.

Au début du projet ICIP, le BRF et WSP ont établi quels dangers climatiques contenus dans le champ d'étude du rapport (chaleurs extrêmes, précipitations extrêmes et cycles gel/dégel) pourraient avoir l'impact le plus important pour chaque type de bien. Puisque chaque danger climatique engendre un impact différent selon le type de bien, il a été convenu que WSP se limiterait aux « interactions » dont les répercussions financières sont les plus importantes pour les gestionnaires de biens.

WSP a ensuite estimé la corrélation entre les variables changeantes des précipitations extrêmes et les coûts d'infrastructure en interrogeant des experts en ingénierie. Afin de tenir compte des incertitudes en matière d'ingénierie, le WSP a agrégé ses réponses et présenté des coûts corrélatifs pour des scénarios optimistes, pessimistes et plus probables<sup>63</sup>. Ces corrélations constituent la base à partir de laquelle le BRF a estimé les coûts supplémentaires induits par les dangers climatiques pour l'infrastructure linéaire d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario<sup>64</sup>.

Bien que des projections climatiques régionales aient été utilisées pour mettre au point les estimations des coûts d'infrastructure du BRF, par souci de simplicité, cette annexe présente les résultats sur les coûts d'infrastructure moyens pour l'ensemble de l'Ontario par type de bien. Les résultats sont une projection du climat moyen, laquelle est pondérée en fonction de la proportion des biens (par VRA) situés dans chaque région<sup>65</sup>. Les figures ci-dessous présentent trois estimations pour chaque impact sur les coûts d'infrastructure dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées :

- Les lignes pleines représentent l'impact sur les coûts d'infrastructure le plus probable pour la projection du 50<sup>e</sup> percentile sur le climat.
- La limite supérieure des marges d'incertitude représente l'impact sur les coûts d'infrastructure le plus pessimiste pour la projection du 90<sup>e</sup> percentile sur le climat.
- La limite inférieure des marges d'incertitude représente l'impact sur les coûts d'infrastructure le plus optimiste pour la projection du 10<sup>e</sup> percentile sur le climat.

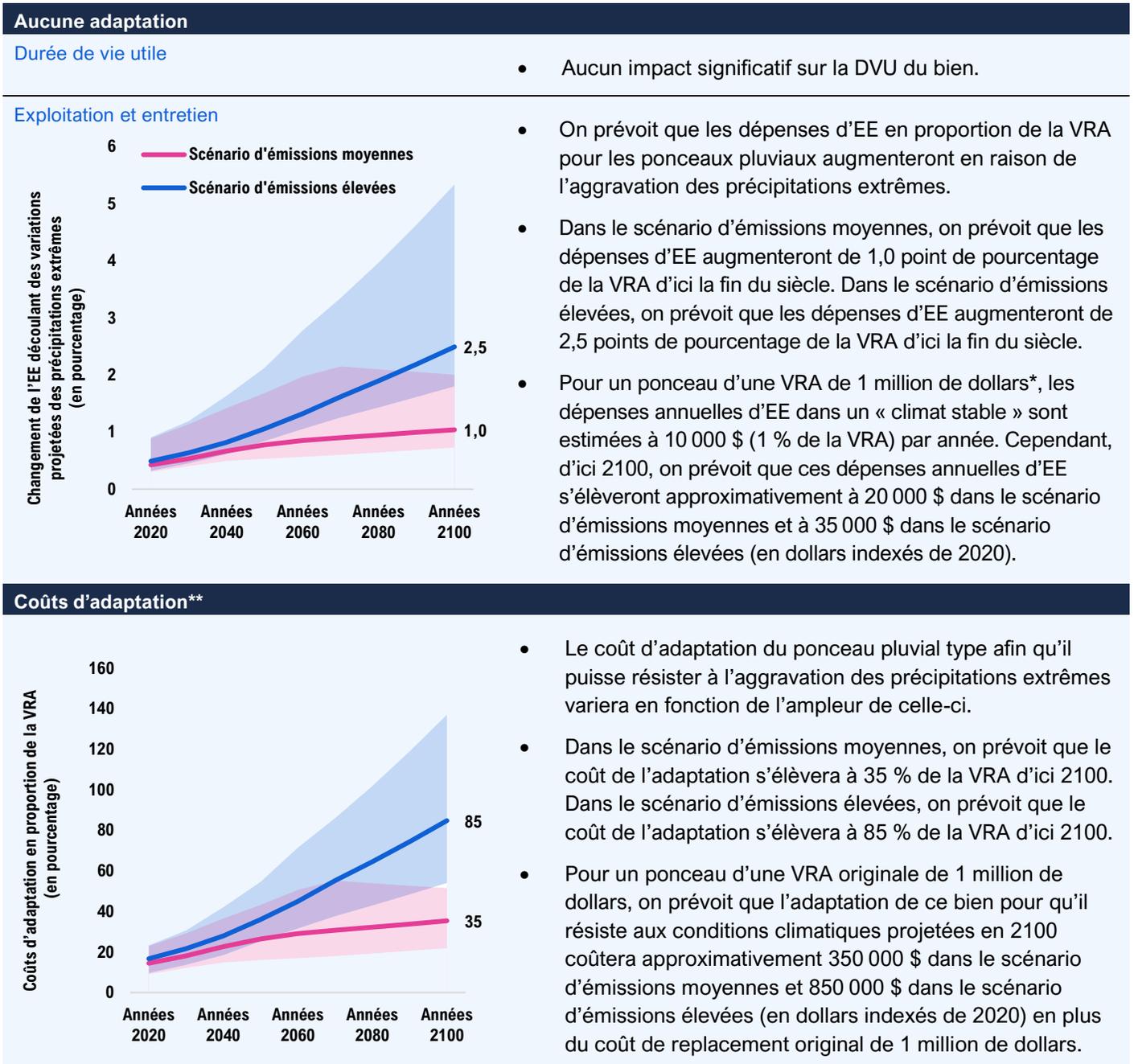
<sup>63</sup> Certaines de ces corrélations de coûts ont été révisées par la suite afin de les harmoniser avec l'opinion professionnelle d'examineurs externes.

<sup>64</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet](#).

<sup>65</sup> La plus grande partie de l'infrastructure publique de l'Ontario se situe dans le sud de la province. Les résultats sous forme de moyennes pondérées présentés à l'annexe C sont largement tributaires des projections climatiques pour ces régions.



Figure C-1 : Ponceaux pluviaux – Impact des précipitations extrêmes



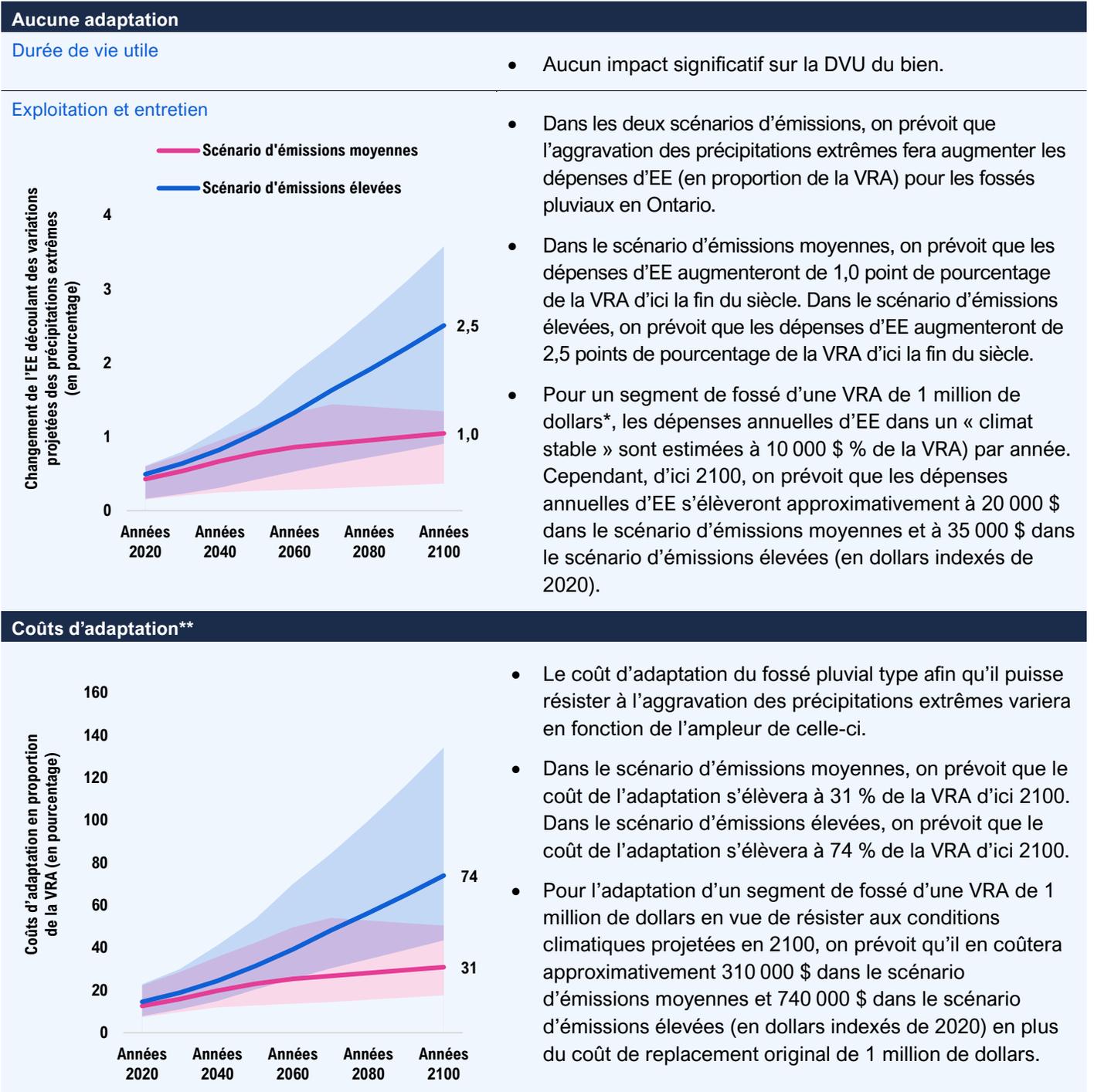
\*Les VRA présentées dans les exemples ne représentent pas les coûts réels de ces biens.

\*\* Le coût unitaire de l'adaptation des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées est le même dans les stratégies d'adaptation proactive et réactive.

Source : BRF.



Figure C-2 : Fossés pluviaux – Impact des précipitations extrêmes



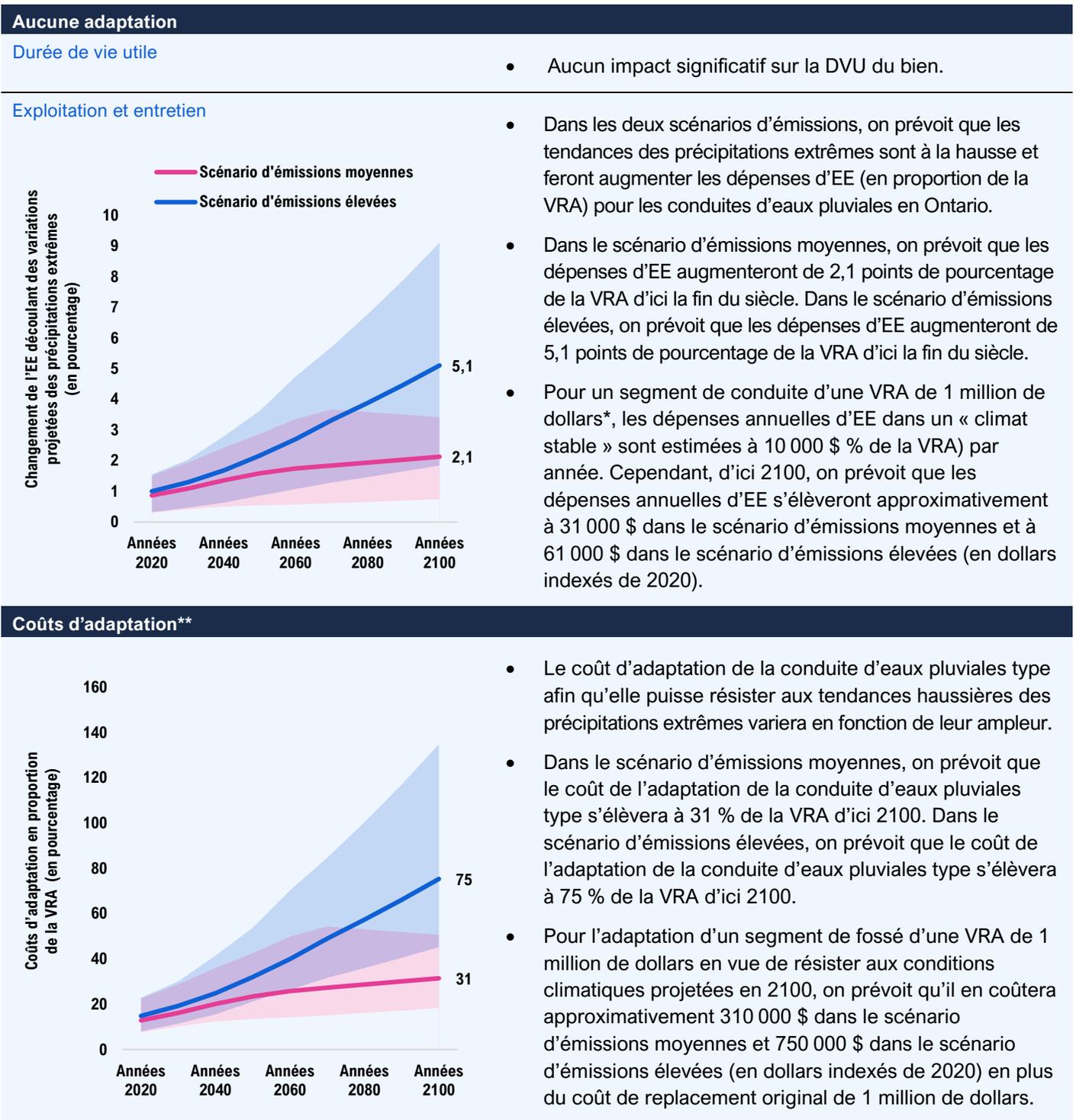
\*Les VRA présentées dans les exemples ne représentent pas les coûts réels de ces biens.

\*\* Le coût unitaire de l'adaptation des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées est le même dans les stratégies d'adaptation proactive et réactive.

Source : BRF.



Figure C-3 : Conduites d'eaux pluviales – Impact des précipitations extrêmes



\*Les VRA présentées dans les exemples ne représentent pas les coûts réels de ces biens.

\*\* Le coût unitaire de l'adaptation des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées est le même dans les stratégies d'adaptation proactive et réactive.

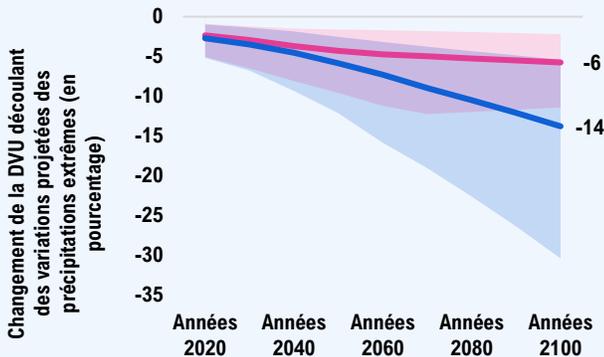
Source : BRF.



Figure C-4 : Conduites principales d'égout sanitaire sous pression – Impact des précipitations extrêmes

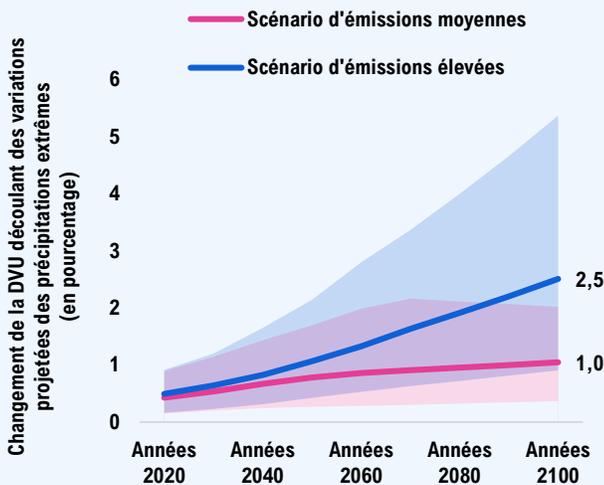
**Aucune adaptation**

Durée de vie utile



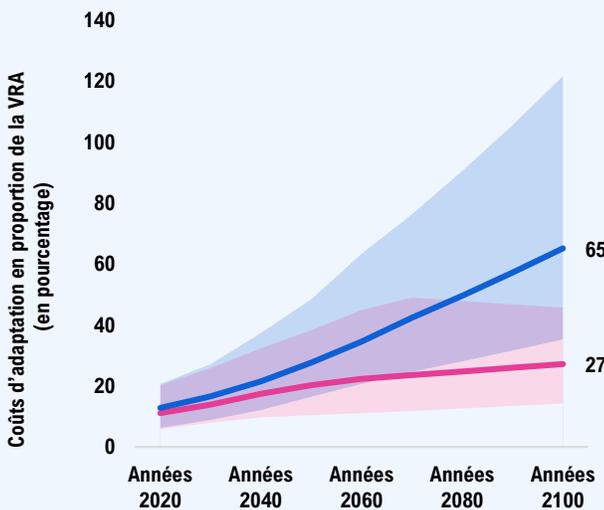
- Les tendances en matière de précipitations extrêmes laissent prévoir une réduction de la DVU des conduites principales d'égout sanitaire sous pression en Ontario dans les deux scénarios d'émissions.
- Dans le scénario d'émissions moyennes, on prévoit que la DVU chutera de 6 % d'ici la fin du siècle. Dans le scénario d'émissions élevées, on prévoit que la DVU chutera de 14 % d'ici la fin du siècle.
- Pour une conduite principale d'égout sanitaire sous pression ayant une DVU de 128 ans, la DVU en 2100 diminuera pour passer à 121 ans dans le scénario d'émissions moyennes et à 110 ans dans le scénario d'émissions élevées.

Exploitation et entretien



- Dans les deux scénarios d'émissions, on prévoit que les tendances des précipitations extrêmes sont à la hausse et feront augmenter les dépenses d'EE (en proportion de la VRA) pour les conduites d'eaux pluviales en Ontario.
- Dans le scénario d'émissions moyennes, on prévoit que les dépenses d'EE augmenteront de 2,1 points de pourcentage de la VRA d'ici la fin du siècle. Dans le scénario d'émissions élevées, on prévoit que les dépenses d'EE augmenteront de 5,1 points de pourcentage de la VRA d'ici la fin du siècle.
- Pour un segment de conduite d'une VRA de 1 million de dollars\*, les dépenses annuelles d'EE dans un « climat stable » sont estimées à 10 000 \$ % de la VRA) par année. Cependant, d'ici 2100, on prévoit que les dépenses annuelles d'EE s'élèveront approximativement à 31 000 \$ dans le scénario d'émissions moyennes et à 61 000 \$ dans le scénario d'émissions élevées (en dollars indexés de 2020).

**Coûts d'adaptation\*\***



- Le coût d'adaptation de la conduite d'eaux pluviales type afin qu'elle puisse résister aux tendances haussières des précipitations extrêmes variera en fonction de leur ampleur.
- Dans le scénario d'émissions moyennes, on prévoit que le coût de l'adaptation de la conduite d'eaux pluviales type s'élèvera à 31 % de la VRA d'ici 2100. Dans le scénario d'émissions élevées, on prévoit que le coût de l'adaptation de la conduite d'eaux pluviales type s'élèvera à 75 % de la VRA d'ici 2100.
- Pour l'adaptation d'un segment de fossé d'une VRA de 1 million de dollars en vue de résister aux conditions climatiques projetées en 2100, on prévoit qu'il en coûtera approximativement 310 000 \$ dans le scénario d'émissions moyennes et 750 000 \$ dans le scénario d'émissions élevées (en dollars indexés de 2020) en plus du coût de remplacement original de 1 million de dollars.

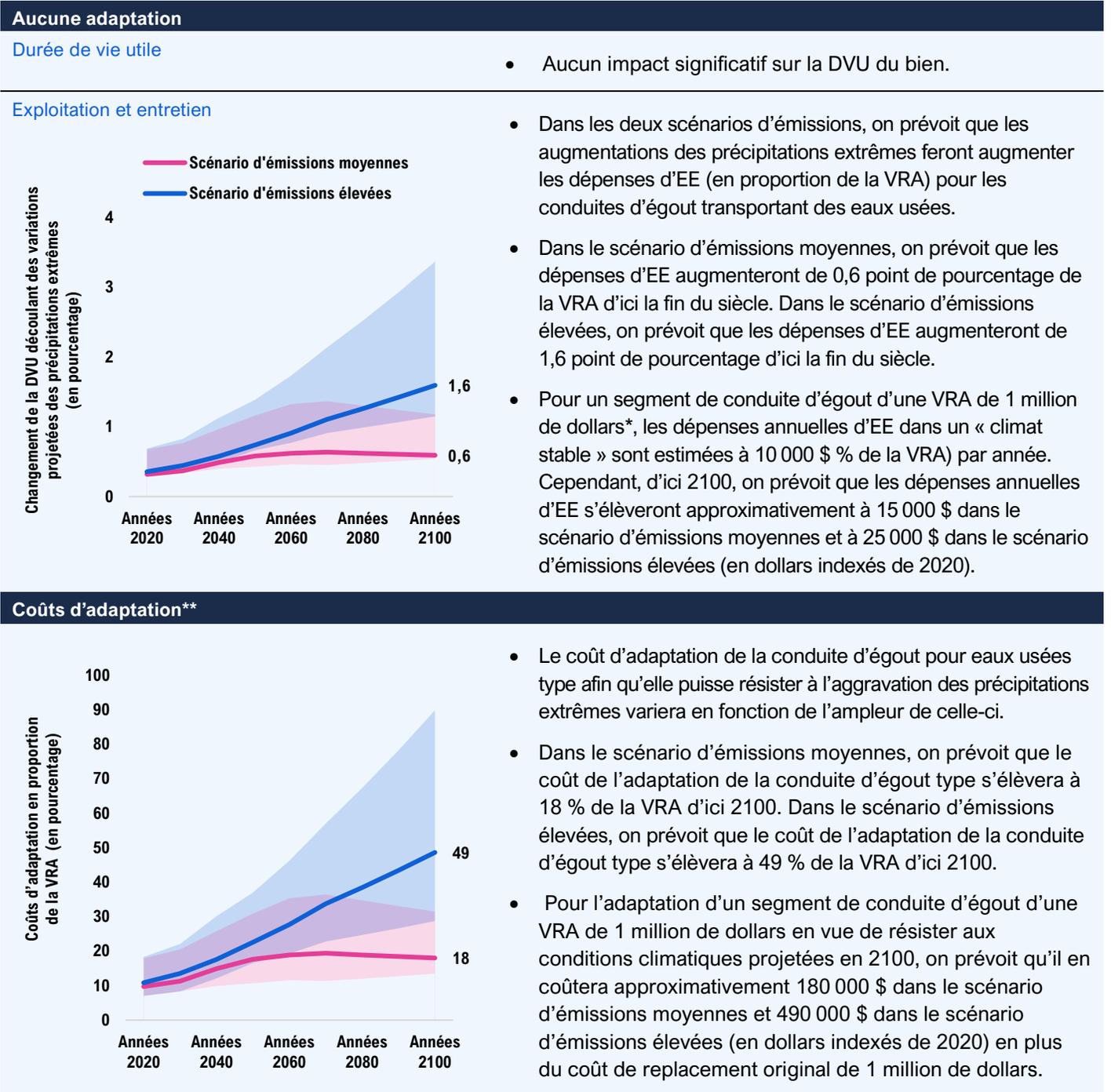
\*Les VRA présentées dans les exemples ne représentent pas les coûts réels de ces biens.

\*\* Le coût unitaire de l'adaptation des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées est le même dans les stratégies d'adaptation proactive et réactive.

Source : BRF.



Figure C-5 : Conduites d'égout transportant les eaux usées – Impact des précipitations extrêmes



\*Les VRA présentées dans les exemples ne représentent pas les coûts réels de ces biens.

\*\* Le coût unitaire de l'adaptation des biens d'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées est le même dans les stratégies d'adaptation proactive et réactive.

Source : BRF.



## Annexe D : Comparaison de la valeur actuelle des coûts selon différentes stratégies de gestion des biens

Chaque stratégie de gestion a son propre profil de coûts au fil du temps (voir le chapitre 6). La stratégie d'*adaptation proactive* présente des coûts plus élevés tôt dans le siècle, tandis que dans les stratégies *aucune adaptation* et *adaptation réactive*, les coûts augmentent considérablement dans la dernière partie du siècle. Lors de l'évaluation de différentes décisions financières à long terme où le calendrier des dépenses varie, une approche consiste à actualiser les coûts en dollars actuels à l'aide d'un taux d'indexation. Une fois indexés, les coûts engendrés dans le futur ont un poids plus faible par rapport aux coûts engendrés plus tôt.

Cette annexe explique comment le choix du taux d'indexation a une incidence sur la valeur actuelle des coûts des trois stratégies de gestion des biens présentées dans le rapport. Les coûts indexés soulignent uniquement les implications du choix de différents taux d'indexation et ne doivent pas être interprétés comme une analyse coûts-avantages exhaustive.

L'évaluation des implications financières des décisions d'adaptation spécifiques à un bien doit prendre en considération une gamme étendue de coûts sociaux et de facteurs spécifiques au bien qui dépassent le cadre de la présente analyse. Les résultats indexés présentés plus bas doivent être vus en tenant compte des contraintes suivantes :

- Les coûts d'adaptation incluent les coûts nécessaires pour la mise à niveau de la capacité de l'infrastructure d'eaux pluviales et d'eaux usées afin d'atténuer le risque de dommages dus aux inondations. Cependant, le coût des dommages dus aux inondations assumés par les ménages, les entreprises et le gouvernement ainsi que les coûts plus généraux découlant de la dégradation du niveau de service ont été exclus de l'analyse.
- La comparaison inclut uniquement les impacts des précipitations extrêmes et exclut les autres dangers (comme la dégradation du pergélisol).
- Ces résultats reflètent les projections médianes pour les projections d'émissions moyennes et élevées, mais ne reflètent pas les autres résultats possibles liés aux incertitudes climatiques et techniques abordées tout au long du présent rapport.
- Bien que cette annexe présente une fourchette de taux d'indexation, le taux approprié pour l'évaluation des décisions financières à long terme concernant le changement climatique fait l'objet de débats vigoureux<sup>66</sup>. Dans un article pour lequel plus de 200 experts ont été consultés, les taux d'indexation recommandés allaient de 0 à 10 % et la valeur médiane était de 2,3 %. Malgré la l'amplitude importante des taux recommandés, plus de 90 % des répondants ont indiqué être à l'aise avec un taux se situant entre 1 % et 3 %<sup>67</sup>.

La figure D-1 illustre comment le choix du taux d'indexation affecte la valeur actuelle des estimations de coût total pour les projections climatiques médianes.

---

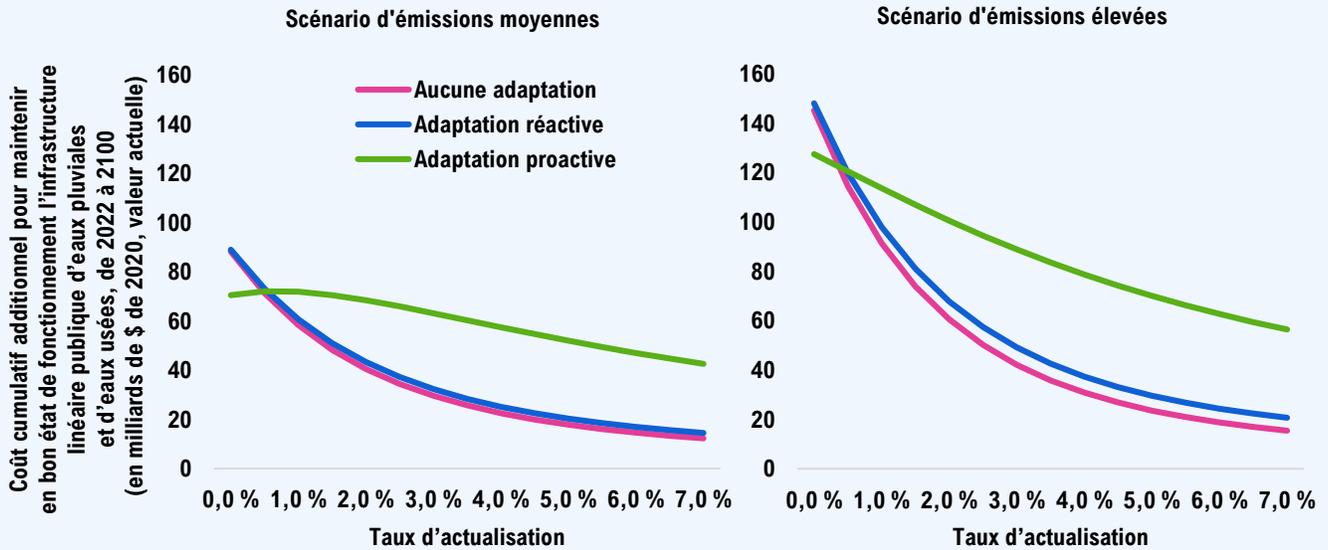
<sup>66</sup> Pour une analyse de l'indexation, voir le document intitulé [Coûts liés aux impacts des changements climatiques et aux mesures d'adaptation](#).

<sup>67</sup> Pour en savoir plus, voir le document intitulé [Discounting Disentangled](#).



Figure D-1

### Coût en valeur actuelle pour chaque stratégie de gestion des biens selon l'ampleur du taux d'actualisation



Remarque : les coûts présentés reposent sur les projections climatiques médianes (50<sup>e</sup> percentile) et les coûts techniques du cas « le plus probable ».

Source : BRF.



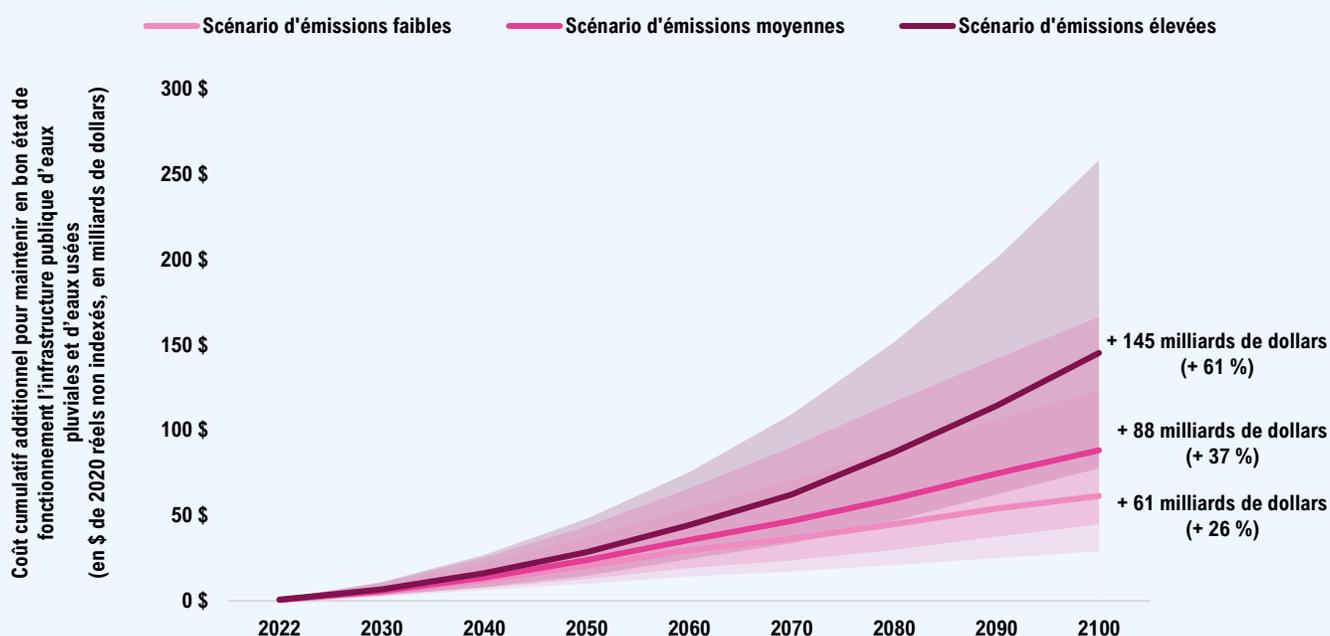
## Annexe E : Résultats chiffrés du scénario d'émissions faibles

Bien que ce rapport porte principalement sur les scénarios d'émissions moyennes et élevées, l'annexe E présente les résultats chiffrés des trois stratégies d'adaptation pour tous les scénarios d'émissions. Les coûts additionnels liés au climat dans chacun des scénarios d'émissions sont présentés sous forme de sommes cumulatives pour tout le siècle.

Le scénario basé sur des émissions faibles présume d'un changement radical et immédiat des politiques climatiques mondiales. On présume que les émissions atteindront un pic dans les premières années de la décennie 2020, puis déclinera jusqu'à zéro d'ici les années 2080, limitant ainsi l'augmentation des températures moyennes mondiales à 1,6 °C (0,8 à 2,4 °C) d'ici 2100 relativement à la moyenne préindustrielle<sup>68</sup>. Même dans le scénario d'émissions faibles, les variations des précipitations extrêmes auront des impacts financiers et pourraient faire augmenter le coût d'entretien des biens d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées de l'Ontario de 61 milliards de dollars (26 % de plus que la valeur de référence) jusqu'à 2100 en l'absence de mesures d'adaptation (projection médiane).

Figure E-1

**Selon le scénario basé sur des émissions faibles, l'aggravation des précipitations extrêmes fera augmenter le coût d'entretien du parc actuel d'infrastructure publique d'eaux pluviales et d'eaux usées de 61 milliards de dollars en l'absence de mesures d'adaptation**



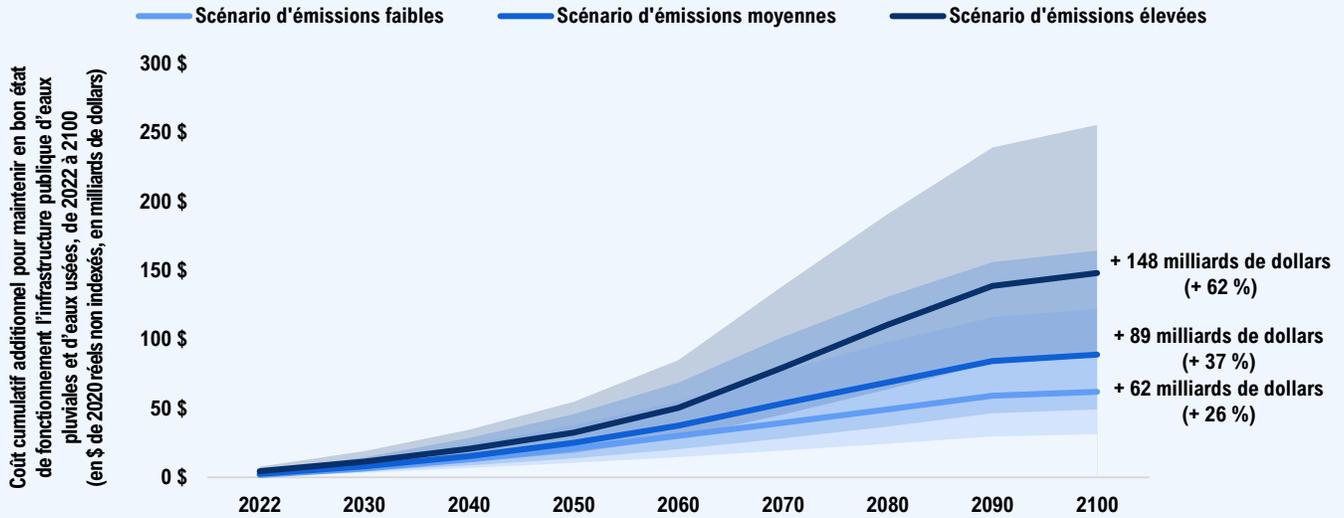
Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50<sup>e</sup> percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période.  
Source : WSP and BRF.

<sup>68</sup> Voir le tableau All. 7.5 de l'Annexe II du document [Climate Change 2013: The Physical Science Basis](#). Les plages de températures de surface moyennes mondiales représentent les projections du 5<sup>e</sup> percentile au 95<sup>e</sup> percentile des modèles utilisés.



Figure E-2

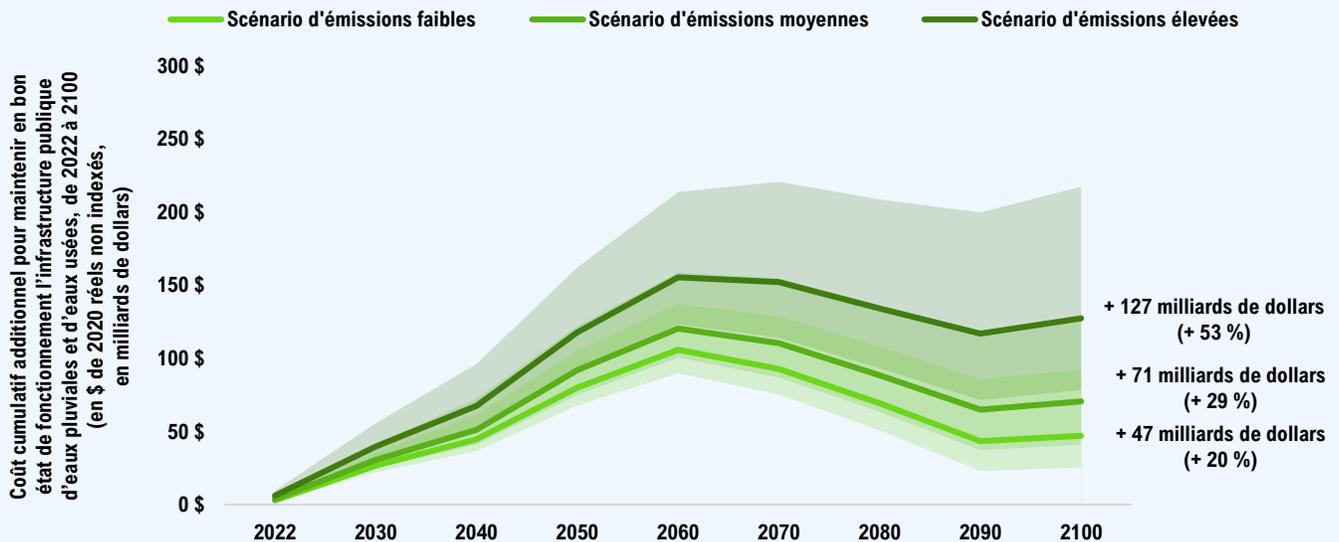
Selon le scénario basé sur des émissions faibles, une stratégie d'*adaptation réactive*, dans laquelle les biens sont adaptés lors de leur réfection à la fin de leur vie utile afin de pouvoir résister aux impacts des précipitations extrêmes, ajoutera 62 milliards de dollars d'infrastructure au cours du siècle



Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50<sup>e</sup> percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période. Source : WSP and BRF.

Figure E-3

Selon le scénario basé sur des émissions faibles, une stratégie d'*adaptation proactive*, dans laquelle les biens sont adaptés dès que possible afin de pouvoir résister aux impacts de l'aggravation des précipitations extrêmes, ajoutera 47 milliards de dollars en coûts d'infrastructure au cours du siècle



Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50<sup>e</sup> percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce tableau s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période. Source : WSP and BRF.



## Annexe F : Ventilation des coûts cumulatifs selon différentes stratégies d'adaptation, par type de bien

Tableau F-1 : Eaux pluviales

Scénario d'émissions	Évaluation	Base	Coûts additionnels cumulatifs (2022-2100)		
			Aucune adaptation (en milliards de dollars)	Adaptation réactive (en milliards de dollars)	Adaptation proactive (en milliards de dollars)
<b>Moyennes</b>	Faibles	97 \$	21 \$ (22 %)	23 \$ (24 %)	26 \$ (27 %)
	<b>Médianes</b>		57 \$ (59 %)	51 \$ (53 %)	46 \$ (47 %)
	Élevées		103 \$ (107 %)	92 \$ (95 %)	77 \$ (80 %)
<b>Élevées</b>	Faibles		38 \$ (40 %)	43 \$ (44 %)	47 \$ (49 %)
	<b>Médianes</b>		95 \$ (98 %)	84 \$ (86 %)	77 \$ (80 %)
	Élevées		160 \$ (165 %)	140 \$ (145 %)	126 \$ (130 %)

Tableau F-2 : Eaux usées

Scénario d'émissions	Évaluation	Base	Coûts additionnels cumulatifs (2022-2100)		
			Aucune adaptation (en milliards de dollars)	Adaptation réactive (en milliards de dollars)	Adaptation proactive (en milliards de dollars)
<b>Moyennes</b>	Faibles	143 \$	23 \$ (16 %)	26 \$ (18 %)	15 \$ (10 %)
	<b>Médianes</b>		31 \$ (22 %)	38 \$ (27 %)	25 \$ (17 %)
	Élevées		63 \$ (44 %)	72 \$ (51 %)	50 \$ (35 %)
<b>Élevées</b>	Faibles		39 \$ (27 %)	46 \$ (32 %)	31 \$ (22 %)
	<b>Médianes</b>		50 \$ (35 %)	64 \$ (45 %)	50 \$ (35 %)
	Élevées		98 \$ (68 %)	115 \$ (81 %)	91 \$ (64 %)

Source : BRF.

## 8 | Bibliographie



- Asset Management BC. (n.d.). *Climate Change and Asset Management: A Sustainable Service Delivery Primer*. Téléchargé depuis : [https://www.assetmanagementbc.ca/wp-content/uploads/The-BC-Framework\\_Primer-on-Climate-Change-and-Asset-Management.pdf](https://www.assetmanagementbc.ca/wp-content/uploads/The-BC-Framework_Primer-on-Climate-Change-and-Asset-Management.pdf)
- Boyd, R. et Markandya, A. (2021). *Le Canada dans un climat en changement : rapport sur les enjeux nationaux : coûts et avantages liés aux impacts des changements climatiques et aux mesures d'adaptation*. Gouvernement du Canada, Ottawa. Téléchargé depuis : [https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/3/2021/03/Chapitre-6\\_Couts-et-avantages-lies-aux-impacts-des-changements-climatiques-et-aux-mesures-d\\_adaptation\\_Final\\_FR.pdf](https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/3/2021/03/Chapitre-6_Couts-et-avantages-lies-aux-impacts-des-changements-climatiques-et-aux-mesures-d_adaptation_Final_FR.pdf)
- Bureau d'assurance du Canada. (7 septembre 2018). *Toronto Flood Causes Over \$80 Million in Insured Damage*. Toronto. Téléchargé depuis : <http://www.ibc.ca/on/resources/media-centre/media-releases/toronto-flood-causes-over-80-million-in-insured-damage>
- Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2020, *L'infrastructure provinciale*. Téléchargé depuis : <https://fao-on.org/fr/Blog/Publications/provincial-infrastructure-2020>
- Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b, *ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet*. Toronto. Téléchargé depuis : <https://fao-on.org/fr/Blog/Publications/cipi-backgrounder>
- Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021a, *L'infrastructure municipale*. Toronto. Téléchargé depuis : <https://fao-on.org/fr/Blog/Publications/municipal-infrastructure-2021>
- Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021c, *ICIP : Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel sur les bâtiments publics en Ontario*. Toronto. Téléchargé depuis : <https://fao-on.org/fr/Blog/Publications/cipi-buildings>
- Bureau du directeur parlementaire du budget. (2016). *Estimation du coût annuel moyen des Accords d'aide financière en cas de catastrophe causée par un événement météorologique*. Ottawa. Téléchargé depuis : <https://distribution-a617274656661637473.pbo-dpb.ca/fd100fbf4810becbfc5f6e1ed10ba95f3caeea2f42e936e418afaf60a03c6641>
- Canadian Infrastructure. (2019). *Collecte et traitement des eaux usées – Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes*. Téléchargé depuis : <http://canadianinfrastructure.ca/fr/eau-usees.html>
- Canadian Infrastructure. (2019). *Gestion des eaux pluviales – Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes*. Téléchargé depuis : <http://canadianinfrastructure.ca/en/storm-water.html>
- Cannon, A. J., Jeong, D. I., Zhang, X. et Zwiers, F. W. (2020). *Bâtiments et infrastructures publiques de base résistants aux changements climatiques : évaluation des effets des changements climatiques sur les données de conception climatique au Canada*. Gouvernement du Canada, Environnement et Changement climatique Canada, Gatineau. Téléchargé depuis : [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2021/eccc/En4-415-2020-fra.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/eccc/En4-415-2020-fra.pdf)
- Canton de Muskoka Lakes. (2019). *Drainage Maintenance*. Téléchargé depuis : <https://www.muskokalakes.ca/en/residents/drainage-maintenance.aspx#Bridges-Culverts>
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. (2011). *Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options*. Téléchargé depuis : [https://unfccc.int/resource/docs/publications/pub\\_nwp\\_costs\\_benefits\\_adaptation.pdf](https://unfccc.int/resource/docs/publications/pub_nwp_costs_benefits_adaptation.pdf)
- Drupp, M. A., Freeman, M. C., Groom, B., & Nesje, F. (2015). *Discounting Disentangled*. University of Leeds and London School of Economics and Political Science, Centre for Climate Change Economics and Policy and the Grantham Research Institute on Climate Change and Environment. Téléchargé depuis : <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2015/06/Working-Paper-172-Drupp-et-al.pdf>
- Fédération canadienne des municipalités. (2020). *Investir dans l'avenir du Canada : le coût de l'adaptation au changement climatique*. Téléchargé depuis : <http://assets.ibc.ca/Documents/Disaster/The-Cost-of-Climate-Adaptation-Report-FR.pdf>
- Gaur, A., Gaur, A., Yamazaki, D., & Simonovic, S. P. (2019). Flooding related consequences of climate change on Canadian cities and flow regulation infrastructure. *Water*, 11(1), 63. Téléchargé depuis : <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/63/htm>



- Globe Staff. (2021). Are B.C.'s flood defences holding? What you need to know about forecasts, road closings and more. *The Globe and Mail*. Téléchargé depuis : <https://www.theglobeandmail.com/canada/british-columbia/article-bc-fears-new-floods-as-storms-return-heres-what-you-need-to-know-about/#transport>
- Gouvernement du Canada. (1er février 2021). *Fiches d'information sur les changements climatiques et la santé publique*. Téléchargé depuis : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/promotion-sante/sante-publique-environnementale-changements-climatiques/fiches-information-changements-climatiques-sante-publique-inondations.html>
- Green Analytics Corp. and Ontario Centre for Climate Impacts and Adaptation Resources. (2015). *The Economic Impacts of the Weather Effects of Climate Change on Communities*. Téléchargé depuis : <http://assets.abc.ca/Documents/Studies/IBC-The-Economic-Impacts.pdf>
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2013). Annex II: Climate System Scenario Tables. Dans *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Téléchargé depuis : [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/09/WG1AR5\\_AnnexII\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/09/WG1AR5_AnnexII_FINAL.pdf)
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Genève. Téléchargé depuis : [https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/IPCC\\_SynthesisReport.pdf](https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/IPCC_SynthesisReport.pdf)
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2021). Summary for Policymakers. Dans *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Téléchargé depuis : [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (2014). Chapter 17: Economics of Adaptation. Dans *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Téléchargé depuis : [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap17\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap17_FINAL.pdf)
- Hamilton. (2022). *Waterworks Asset Management Plan*. Hamilton. Téléchargé depuis : <https://www.hamilton.ca/sites/default/files/2022-09/waterworks-asset-management-plan.pdf>
- Infrastructure Canada. (2019). *Optique des changements climatiques*. Gouvernement du Canada. Téléchargé depuis : <https://www.infrastructure.gc.ca/pub/other-autre/cl-occ-fra.html#3>
- Ingénieurs Canada. (2018). *Élaboration d'une norme de gestion de la qualité des eaux de ruissellement dans le contexte des changements climatiques*. Toronto. Téléchargé depuis : [https://www.scc.ca/fr/system/files/publications/SCC\\_RPT\\_SW-QMS\\_REV\\_FR.pdf](https://www.scc.ca/fr/system/files/publications/SCC_RPT_SW-QMS_REV_FR.pdf)
- L'Institut international du développement durable. (2021). *Renforcer la résilience climatique des infrastructures canadiennes, Une revue de la littérature pour éclairer la voie à suivre*. Téléchargé depuis : <https://www.iisd.org/system/files/2021-08/climate-resilience-canadian-infrastructure-fr.pdf>
- L'institut climatique du Canada. (2022). *Submergés : les coûts des changements climatiques pour l'infrastructure du Canada*. Téléchargé depuis : <https://choixclimatiques.ca/wp-content/uploads/2021/09/Infrastructure-FRENCH-report-Sept-28.pdf>
- Lu, D., Tighe, S. L., & Xie, W. C. (2018). Impact of flood hazards on pavement performance. *International Journal of Pavement Engineering*. Téléchargé depuis : [https://www.researchgate.net/profile/Donghui\\_Lu/publication/327144278\\_Impact\\_of\\_flood\\_hazards\\_on\\_pavement\\_performance/links/5b9fb74592851ca9ed11a06c/Impact-of-flood-hazards-on-pavement-performance.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Donghui_Lu/publication/327144278_Impact_of_flood_hazards_on_pavement_performance/links/5b9fb74592851ca9ed11a06c/Impact-of-flood-hazards-on-pavement-performance.pdf)
- Nicholson, M. (2021). Hundreds of thousands of farm animals die in B.C. floods: The agricultural region of Sumas Prairie, near Vancouver, is one of the hardest hit flood zones. *Financial Post*. Téléchargé depuis : <https://financialpost.com/commodities/agriculture/farm-animals-died-by-the-hundreds-of-thousands-in-canada-floods>
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). (2018). *Climate-resilient Infrastructure*. Téléchargé depuis : <https://www.oecd.org/environment/cc/policy-perspectives-climate-resilient-infrastructure.pdf>



- Pacific Climate Impacts Consortium. (2021). *PCIC Science Brief: Should the RCP 8.5 emissions scenario represent "business as usual?"*. Victoria. Téléchargé depuis : [https://www.pacificclimate.org/sites/default/files/publications/Science\\_Brief\\_39-June\\_2021-final.pdf](https://www.pacificclimate.org/sites/default/files/publications/Science_Brief_39-June_2021-final.pdf)
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). (2021) *Bâtiments et adaptation au changement climatique : un appel à l'action*. (2021). Téléchargé depuis : [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/A\\_Call\\_to\\_Action\\_VF.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/A_Call_to_Action_VF.pdf)
- Rapport d'information financière. (n.d.). *Sommaires provinciaux*. Téléchargé le 28 octobre 2022, depuis <https://efis.fma.csc.gov.on.ca/fir/index.php/fr/donnees-ouvertes/fr-provincial-summary/>
- Région de Peel. (2022). *Enterprise Asset Management Plan*. Téléchargé depuis : [https://www.peelregion.ca/finance/\\_media/2021-enterprise-asset-management-plan.pdf](https://www.peelregion.ca/finance/_media/2021-enterprise-asset-management-plan.pdf)
- Région de Peel. (n.d.). *Sewer Systems*. Téléchargé depuis : <https://www.peelregion.ca/water/your-home/sewer-systems.asp>
- Ville de London. (2019). *Corporate Asset Management Plan*. London. Téléchargé depuis : [https://london.ca/sites/default/files/2020-10/AMP%20-%20Interactive%20Format-%20all%20sections\\_2019-08-27\\_AODAv4.2%20%281%29.pdf](https://london.ca/sites/default/files/2020-10/AMP%20-%20Interactive%20Format-%20all%20sections_2019-08-27_AODAv4.2%20%281%29.pdf)
- Ville de Toronto. (2009). *Design Criteria for Sewers and Watermains*. Toronto. Téléchargé depuis : [https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/9753-ecs-specs-dcm-Toronto\\_Sewer\\_and\\_Watermain\\_Manual\\_March2014.pdf](https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/9753-ecs-specs-dcm-Toronto_Sewer_and_Watermain_Manual_March2014.pdf)
- Ville de Toronto. (2014). *Staff Report: Impacts from the December 2013 Extreme Winter Storm Event on the City of Toronto*. Téléchargé depuis : <https://www.toronto.ca/legdocs/mmis/2013/ex/bgrd/backgroundfile-61502.pdf>
- Ville de Toronto. (2021). *Design Criteria for Sewers and Watermains*. Toronto. Téléchargé depuis : <https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2021/01/8d16-ecs-specs-dcm-design-criteria-sewers-watermains-Jan2021.pdf>
- Ville de Toronto. (n.d.). *Ditches*. Téléchargé depuis : <https://www.toronto.ca/services-payments/streets-parking-transportation/road-maintenance/ditches/#:~:text=Ditches%20are%20linear%2C%20sodded%20excavations,corridors%2C%20residential%20and%20industrial%20areas>
- Ville de Toronto. (n.d.). *The Sewers on the Street*. Téléchargé depuis : <https://www.toronto.ca/services-payments/water-environment/managing-rain-melted-snow/what-is-stormwater-where-does-it-go/the-sewers-on-the-street/>
- Ville de Windsor. (2020). *Degrees of Change: Climate Change Adaptation Plan*. Téléchargé depuis : [https://icleicanada.org/wp-content/uploads/2020/03/S-20\\_2020-Climate-Change-Adaptation-Plan-FINAL-Feb-19-2020.pdf](https://icleicanada.org/wp-content/uploads/2020/03/S-20_2020-Climate-Change-Adaptation-Plan-FINAL-Feb-19-2020.pdf)
- Warren, F. J., & Lemmen, D. S. (2014). *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*. Gouvernement du Canada, Natural Resources Canada, Ottawa. Téléchargé depuis : [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet\\_Fra.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf)
- Warren, F., & Lulham, N. (2021). *Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux*. Gouvernement du Canada, Ottawa. Téléchargé depuis : [https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/3/2021/05/Rapport-sur-les-enjeux-nationaux\\_Final\\_FR-1.pdf](https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/3/2021/05/Rapport-sur-les-enjeux-nationaux_Final_FR-1.pdf)
- WSP. (2021). *Costing climate change impacts and adaptation for provincial and municipal public infrastructure in Ontario, Deliverable #10 – Final Report*. Toronto. Téléchargé depuis : <https://fao-on.org/web/default/files/publications/CIPI-wsp/cipi-wsp-report.pdf>



**BRF**

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ  
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO

[fao-on.org](http://fao-on.org)