

ICIP

Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique

TRANSPORT

Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel sur l'infrastructure de transport 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 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 | 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.

ISSN 2564-3932

© Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2022



Chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique : Transport

Évaluer les impacts financiers des précipitations extrêmes,
des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel
sur l'infrastructure publique de transport en Ontario

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1 Introduction et contexte | 5 |
| 2 Résumé | 7 |
| 3 Les coûts d'entretien à long terme de l'infrastructure publique de transport | 9 |
| 4 Le coût des dangers climatiques clés pour l'infrastructure de transport | 13 |
| 5 Adapter les infrastructures publiques de transport aux dangers climatiques | 21 |
| 6 Comparaison de différentes stratégies de gestion des biens | 30 |
| 7 Annexe | 34 |
| 8 Bibliographie | 51 |

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 afin de prévenir une détérioration plus rapide et une augmentation des dépenses d'exploitation et d'entretien dues à des précipitations extrêmes, à des chaleurs extrêmes ou à des cycles gel/dégel. L'adaptation peut prendre la forme d'une rénovation pendant que le bien est toujours en service ou au moment de sa réfection.

Aucune stratégie d'adaptation/Coûts des dommages : Stratégie de gestion des biens où les biens d'infrastructure publique ne sont pas adaptés en fonction de l'évolution des dangers climatiques.

Bon état de fonctionnement : Norme de performance établie pour maximiser les avantages 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 de transport en bon état de fonctionnement dans un climat stable.

Exploitation et entretien (EE) : Interventions de routine réalisées sur un bien pour en prolonger la 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.



Rénovation : Adaptation faite pendant la vie utile d'un bien d'infrastructure.

Risque chronique : Danger climatique qui survient souvent.

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, les chaleurs extrêmes et les cycles de gel/dégel 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 des biens où les biens d'infrastructure publique sont adaptés dès que possible afin de résister aux changements climatiques. Cette adaptation est réalisée lors de la prochaine remise en état d'un bien par l'entremise d'une rénovation ou d'une réfection, selon la première éventualité.

Stratégie d'adaptation réactive : Stratégie de gestion des biens où les biens d'infrastructure publique sont adaptés pour résister aux changements climatiques 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 à cette requête, le BRF a lancé son projet visant à chiffrer les impacts du changement climatique sur l'infrastructure publique (ICIP).

Lors des deux premières phases de ce projet, le BRF a fait l'analyse de la composition et de l'état de fonctionnement de l'infrastructure provinciale¹ et municipale². Les résultats de cette analyse ont été publiés en novembre 2020 et en août 2021. À l'automne 2021, le BRF a publié trois rapports : un document d'information³ qui décrit le contexte global et la méthodologie du projet ICIP, un rapport préparé par WSP Global⁴ qui décrit les informations techniques détaillées sur l'impact des dangers climatiques pour l'infrastructure publique, 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'Ontario⁵.

Le présent rapport examine comment l'évolution des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel aura un impact sur les coûts à long terme du maintien des infrastructures publiques de transport en bon état de fonctionnement.

¹ Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2020.

² Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021a.

³ Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b.

⁴ WSP, 2021.

⁵ Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021c.



Figure 1-1

Structure et calendrier du projet ICIP

Rapports déjà publiés



Fiche d'information et méthodologie du projet



Les bâtiments et les installations



Rapport de WSP



L'infrastructure provinciale



L'infrastructure municipale

Rapport actuel



Les infrastructures publiques de transport

À venir en 2022

Infrastructures publiques de traitement des eaux

Rapport sommaire

Source : BRF.



2 | Résumé

Les gouvernements de la province et des municipalités de l'Ontario gèrent un important parc de biens d'infrastructure de transport

La valeur de ces biens de transport est évaluée à 330 milliards de dollars et inclut des routes, des ponts, de grands ponceaux structurels et des voies ferrées. Les 444 municipalités de l'Ontario possèdent 82 % des infrastructures de transport (soit 269 milliards de dollars), tandis que les 18 % restants (61 milliards de dollars) appartiennent à la province (tous les coûts sont en dollars indexés de 2020).

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 amener ces biens en bon état de fonctionnement et les y maintenir s'élèveraient à 12,9 milliards de dollars par année. Tout au long du reste du siècle, ces coûts s'accumuleraient pour atteindre approximativement 1000 milliards de dollars d'ici 2100.

L'évolution des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel augmente déjà les coûts d'entretien des infrastructures publiques de transport de l'Ontario

En l'absence de mesures d'adaptation, on prévoit que ces dangers climatiques feront augmenter les coûts d'entretien des infrastructures de transport de l'Ontario d'approximativement 1,5 milliard de dollars durant cette décennie, en plus des coûts engagés dans un climat stable. D'ici 2030, ces coûts liés au climat s'accumuleraient pour atteindre 13,3 milliards de dollars pour les gouvernements provincial et municipaux.

En l'absence d'adaptation, les dangers climatiques continueront de faire augmenter les coûts d'entretien des infrastructures publiques de transport de l'Ontario tout au long du siècle

Dans un scénario d'émissions moyennes où les émissions mondiales atteignent un sommet au milieu du siècle, ces dangers climatiques feraient augmenter les coûts d'infrastructure de 2,2 milliards de dollars par année en moyenne, ce qui représenterait 171 milliards de dollars en coûts additionnels d'ici 2100, soit une augmentation de 17 % par rapport aux coûts encourus dans un climat stable. Dans le scénario d'émissions élevées, où les émissions mondiales continuent d'augmenter tout au long du siècle, les coûts d'infrastructures de transport augmenteraient plutôt de 4,1 milliards de dollars par année en moyenne, ce qui représenterait 322 milliards de dollars d'ici 2100, soit une augmentation de 32 % par rapport aux coûts encourus dans un climat stable.

Adapter les infrastructures publiques de transport pour résister à ces dangers climatiques sera moins coûteux à long terme que de ne pas procéder à l'adaptation

Selon le scénario d'émissions, l'adaptation des infrastructures publiques de transport ajoutera de 110 à 229 milliards de dollars en coûts d'infrastructure par rapport à ce qui se serait produit dans un climat stable d'ici 2100. Cela représente une augmentation des coûts se situant entre 11 et 23 %. Bien qu'importants, ces coûts additionnels liés au climat sont inférieurs à ce que coûterait l'absence d'adaptation.

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

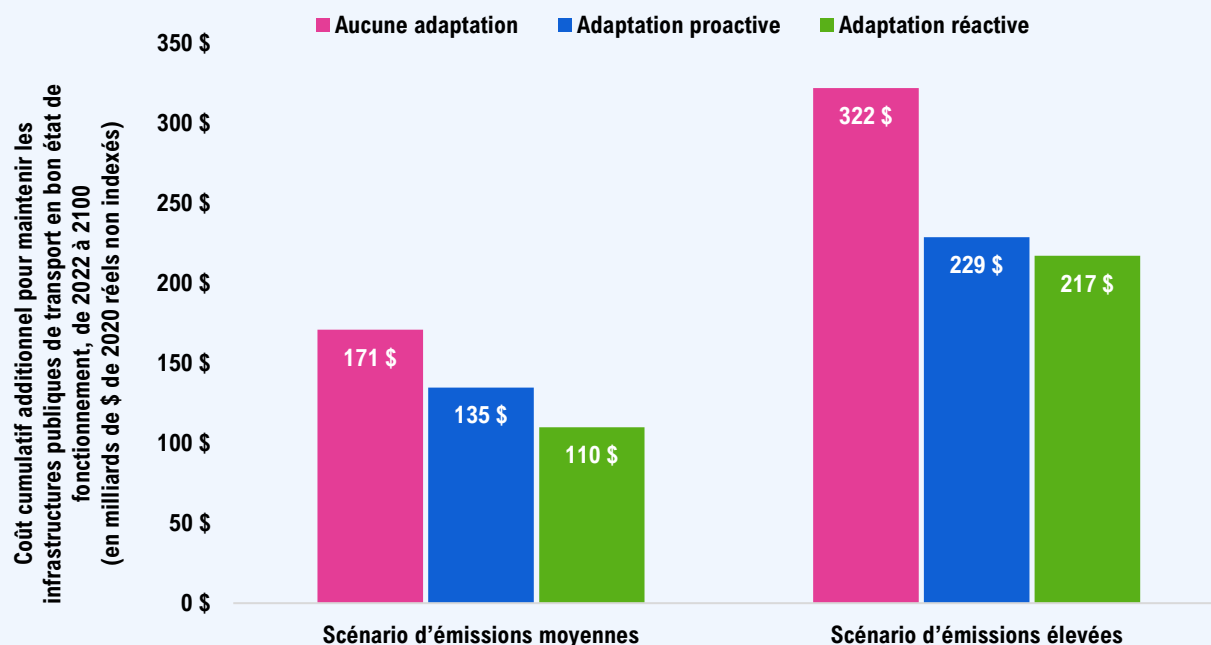
L'ampleur du changement climatique mondial aura un impact direct sur les coûts d'infrastructure publique en Ontario. Les coûts liés au climat dépendront de l'évolution des émissions mondiales, du degré de vulnérabilité des infrastructures face à l'évolution des dangers climatiques, ainsi que du rythme de l'adaptation. Pour tenir compte de cette incertitude, l'étude du BRF présente des projections de coûts médians ainsi qu'une fourchette de coûts éventuels dans chacun des scénarios.



Cette étude porte sur trois dangers climatiques et en exclut d'autres comme les feux de forêt et les tempêtes de verglas. Les coûts pour les gouvernements ont été estimés, cependant les coûts économiques plus généraux qui sont assumés par les ménages ou les entreprises en raison des dommages aux infrastructures de transport, comme la congestion routière, n'ont pas été inclus. Bien que ces impacts soient vraisemblablement significatifs, ils dépassent le cadre du présent rapport. Ces questions méritent d'être étudiées plus en profondeur.

Figure 2-1

Dans un climat changeant, l'adaptation des infrastructures publiques de transport de l'Ontario coûtera moins aux gouvernements provincial et municipaux que de ne pas les adapter



Remarque : Les coûts indiqués dans ce graphique sont fondés sur la projection médiane (ou 50^e percentile) dans chaque scénario d'émissions et s'ajoutent aux coûts de référence sur la même période. À des fins de lisibilité, les marges d'incertitude ne sont pas présentées dans ce graphique.
Source : BRF.

3 | Les coûts d'entretien à long terme de l'infrastructure publique de transport

Ce chapitre présente un portrait de l'infrastructure publique de transport 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 l'infrastructure 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 certains dangers liés au changement climatique.

L'Ontario possède un parc important d'infrastructure publique de transport

Le présent rapport porte sur l'infrastructure de transport dont le contrôle et la propriété relèvent des gouvernements provinciaux et municipaux. Le BRF estime que la valeur de remplacement actuelle⁶ (VRA) de ces biens s'élève à au moins 330 milliards de dollars en 2022⁷. Les biens relatifs aux transports publics examinés dans le présent rapport sont les routes, les ponts, les grands ponceaux structurels ainsi que les biens d'ingénierie de transport collectif⁸.

- Les routes comprennent les artères urbaines, les routes collectrices, les autoroutes, les voies et ruelles, les routes locales, les routes rurales et les trottoirs. Dans ce rapport, la VRA d'une route représente ce qu'il en coûterait pour la reconstruire⁹.
- Les ponts examinés sont ceux situés sur les artères urbaines, les routes collectrices et les autoroutes ainsi que les ponts locaux et les ponts piétonniers. La VRA d'un pont représente son coût de remplacement par un pont doté des mêmes capacités.
- Les grands ponceaux structurels sont ceux de plus de 3 mètres de diamètre. La VRA d'un ponceau représente le coût de son remplacement par un ponceau doté des mêmes capacités.
- Les biens d'ingénierie de transport collectif comprennent les rails (voies ferrées). La VRA des biens d'ingénierie de transport collectif représente le coût de remplacement des voies ferrées existantes.

Les administrations municipales de l'Ontario possèdent 82 % des biens d'infrastructure en transports, d'une valeur de 269 milliards de dollars, et le gouvernement provincial possède les 18 % restants, d'une valeur de 61 milliards de dollars¹⁰.

⁶ La VRA est le coût actuel de reconstruction d'un bien avec une capacité, une fonctionnalité et un rendement équivalents. La VRA des routes dont la propriété et la gestion relèvent de la province et des municipalités ontariennes a été révisée pour tenir compte de la mise à jour des estimations de coûts qui figurent au Guide d'estimation paramétrique (2021) du ministère des Transports de l'Ontario. Voir l'annexe A pour plus de détails.

⁷ Pour plus de détails sur l'étendue de l'infrastructure à l'étude dans le projet sur les ICIP, consulter le document [Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b](#).

⁸ Pour des renseignements détaillés relativement aux biens évalués dans le présent rapport, consulter l'annexe A.

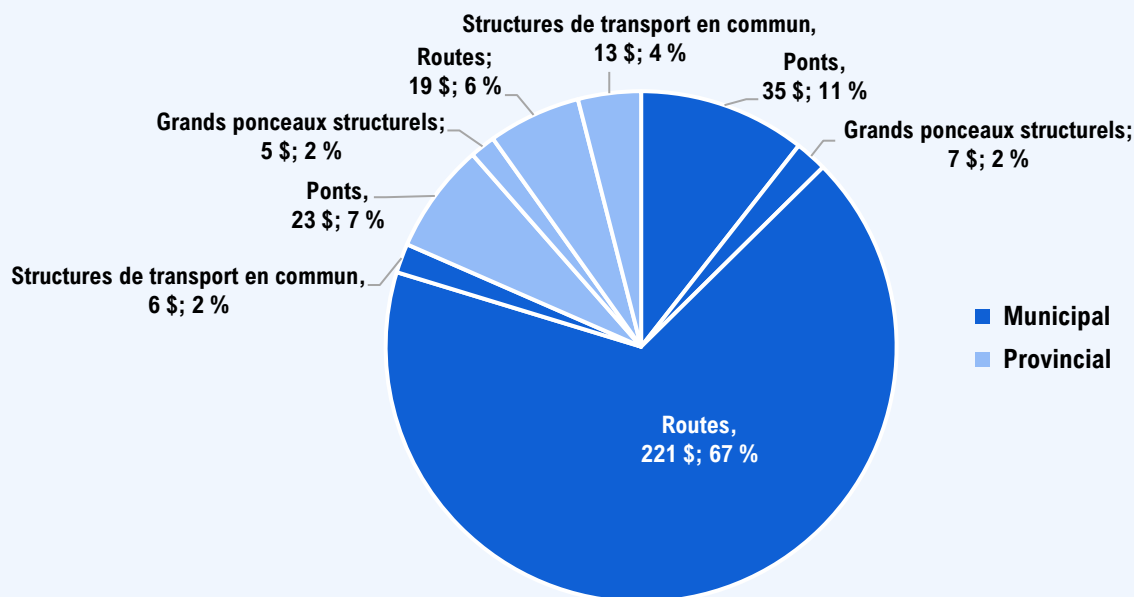
⁹ Extrait du Guide d'estimation paramétrique du ministère des Transports de l'Ontario (2021), p. 8 : « ... la reconstruction peut comprendre le retrait complet de la structure de la chaussée existante, le recompactage du sol de fondation et le remplacement complet de la structure de la chaussée. Une reconstruction suit essentiellement le même tracé qu'à l'origine et entraîne généralement des améliorations à la géométrie de la route. »

¹⁰ Le présent rapport ne porte pas sur l'infrastructure de transport privée (comme l'autoroute 407 et le pont Ambassadeur), la machinerie et l'équipement (comme les autobus et les wagons de train) ou les biens d'infrastructure de transport du gouvernement fédéral, comme les ports.



Figure 3-1

Les infrastructures publiques de transport de l'Ontario couvertes dans ce rapport ont une valeur de remplacement actuelle de 330 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 parc important de biens d'infrastructure publique de transport nécessite des dépenses constantes

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. Cela nécessite des dépenses d'exploitation et d'entretien (EE) annuelles, ainsi que des dépenses en immobilisations ponctuelles afin de remettre¹¹ en état un bien ou pour le remplacer à la fin de sa vie utile¹².

Les coûts pour le maintien de l'infrastructure publique de transport en bon état de fonctionnement sont révélateurs autant de la valeur des divers biens que l'on possède que de l'état, de l'âge et des normes de rendement spécifiques à chaque bien sous gestion. 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.

¹¹ 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, ses fonctionnalités et 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 sa remise en bon état (l'objectif de réparation) et non sa remise à neuf. Pour plus d'informations sur le cadre de gestion des biens utilisé dans ce rapport, voir le document [Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b](#).

¹² 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.



Pour faire une projection des coûts du maintien de l'infrastructure publique de transport en bon état de fonctionnement, 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'Ontario¹³, le BRF a estimé le montant des dépenses en capital et en frais d'exploitation nécessaires pour maintenir le parc actuel¹⁴ des biens d'infrastructure publique de transport en bon état de fonctionnement d'ici à 2100, sans tenir compte du climat¹⁵.

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 de transport dans un **climat stable**¹⁶. Elle permet au BRF de repérer 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 de transport, 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 mondiaux examinés dans ce rapport, voir la figure 4-3).
- La fin du siècle (2071-2100) capture une période où les projections des variables climatiques divergent considérablement dans les trois scénarios d'émissions mondiales examinés dans ce rapport.

12,9 milliards de dollars sont requis annuellement pour entretenir le parc de biens d'infrastructure publique de transport actuel dans un climat stable

Le BRF prévoit que, pour amener le parc de biens existants d'infrastructure publique de transport de l'Ontario en bon état de fonctionnement et les entretenir jusqu'en 2100, il en coûterait un coût cumulatif d'approximativement 1000 milliards de dollars d'ici la fin du siècle, soit en moyenne 12,9 milliards de dollars par année dans un climat stable. De ce coût de référence, 362 milliards de dollars (4,6 milliards par année) sont requis pour les dépenses cumulatives d'EE et 653 milliards de dollars (8,3 milliards par année) sont consacrés à la remise en état et à la réfection d'ici à 2100.

¹³ Pour plus de détails, consultez les documents suivants : [Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2020](#), et [Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021a](#).

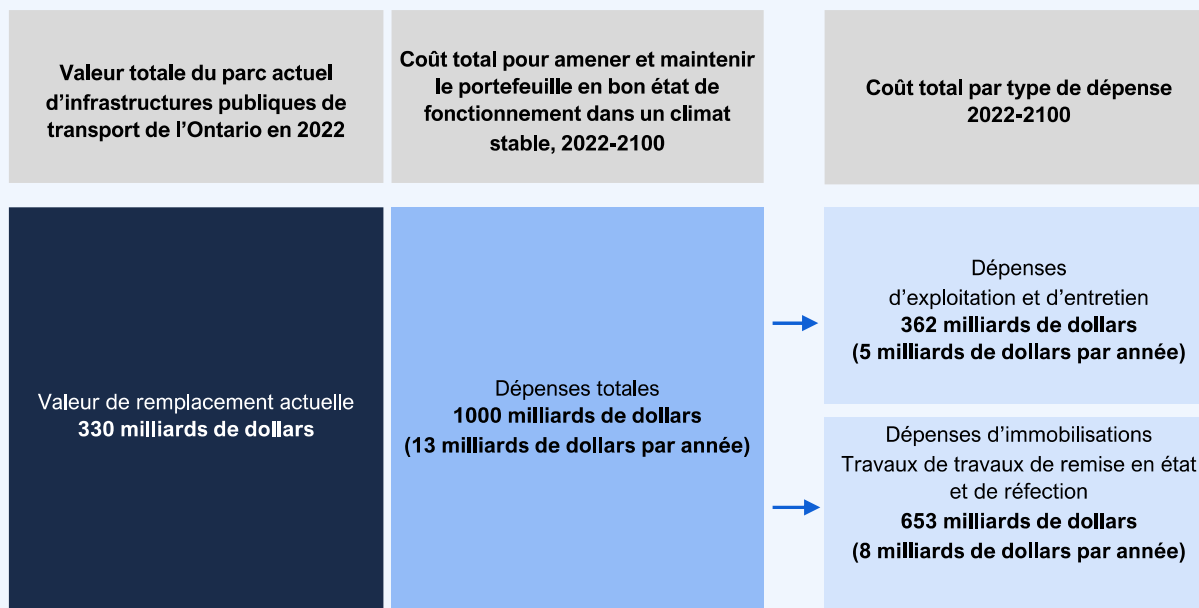
¹⁴ Le présent rapport porte uniquement sur les éléments de l'infrastructure publique de transport déjà existants, ce qui exclut les biens présentement en construction, ceux dont la construction est déjà planifiée ou ceux qui seront requis pour répondre à la demande future.

¹⁵ 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.

¹⁶ Dans le présent rapport, le terme « climat stable » signifie que tous les indicateurs climatiques pour les précipitations extrêmes, les chaleurs extrêmes et les cycles gel/dégel restent inchangés par rapport à leurs niveaux moyens de 1975-2005 au cours de la période de projection jusqu'en 2100.

Figure 3-2

Coûts du maintien des infrastructures publiques de transport de l'Ontario en bon état de fonctionnement jusqu'en 2100 dans un climat stable (en dollars réels de 2020)



Source : BRF.

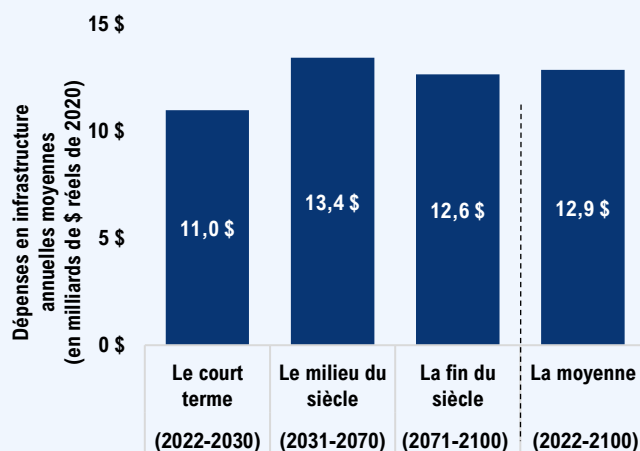
À court terme, les gouvernements de la province et des municipalités devront dépenser approximativement 11 milliards de dollars par année pour amener en bon état de fonctionnement ce parc d'infrastructures publiques de transport et l'y maintenir. Ces coûts annuels moyens passent à 13,4 milliards de dollars vers la moitié du siècle, tandis qu'on commencera à remplacer une portion importante des infrastructures publiques de transport de l'Ontario. Vers la fin du siècle, 12,6 milliards de dollars seront requis annuellement pour entretenir le parc de biens d'infrastructure publique de transport actuel dans un climat stable.

Toutes les projections de coûts d'infrastructures présentées dans ce rapport tiennent pour acquis que le financement nécessaire pour amener le parc d'infrastructures de transport actuel en bon état de fonctionnement et l'y maintenir sera disponible et dépensé en temps opportun. Dans les faits, les arriérés de réparation 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 venir¹⁷.

Figure 3-3

L'entretien des infrastructures publiques de transport de l'Ontario dans un climat stable coûterait 12,9 milliards de dollars par année



Source : BRF.

¹⁷ De plus, la projection ne tient pas compte d'éventuelles améliorations des fonctionnalités apportées aux infrastructures publiques existantes.

4 | Le coût des dangers climatiques clés pour l'infrastructure de transport

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 été sujet à des inondations et à des tempêtes de verglas coûteuses et est également sujet à des sécheresses, à des précipitations extrêmes, à des incendies de forêt, à des tempêtes, à des vagues de chaleur et à la fonte du pergélisol¹⁸. Ce projet 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 importants et coûteux sur l'infrastructure publique et peuvent être prévus avec un degré raisonnable de fiabilité scientifique¹⁹.

Ce chapitre résume comment l'évolution prévue de ces dangers climatiques affecterait les infrastructures publiques de transport de l'Ontario en l'absence de mesures d'adaptation. Il présente ensuite les estimations du BRF pour les coûts à long terme supplémentaires que ces dangers climatiques feraient porter sur le parc d'infrastructures publiques de transport de l'Ontario en présence des scénarios basés sur des émissions moyennes et élevées.

L'évaluation des précipitations extrêmes, de la chaleur extrême et des cycles gel/dégel affectera l'infrastructure de transport

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 de la charge climatique historique²⁰. À l'avenir cependant, les périodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes devraient augmenter et le nombre de cycles gel/dégel devrait diminuer²¹.

Les biens d'infrastructure de transport seront affectés de différentes façons par l'évolution des dangers climatiques. De toutes les interactions possibles entre les dangers et les différents types de bien, le présent rapport en examine six pour déterminer leur impact : l'effet des précipitations extrêmes et des chaleurs extrêmes sur les routes, des précipitations extrêmes et des cycles gel/dégel sur les ponts, des précipitations extrêmes sur les grands ponceaux structurels ainsi que des chaleurs extrêmes sur l'ingénierie des transports en commun (figure 4-1). Un survol de la façon dont ces dangers climatiques affecteront les différents types de biens est proposé à la section suivante²².

¹⁸ Pour des exemples, consulter le document, [Warren, F. et Lulham, N., rédacteurs, 2021](#), Section 6.4.

¹⁹ De nombreux dangers climatiques potentiellement importants, tels que les feux de forêt et les inondations fluviales, n'ont pas été inclus. Pour de plus amples renseignements, consulter les documents [Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b](#), ainsi que [WSP, 2021](#). 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 un degré de fiabilité scientifique moyen en l'absence d'observations historiques adéquates pour certaines variables et à cause de l'incertitude créée par l'effet moindre que le réchauffement climatique semble avoir sur les précipitations. 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 de plus amples détails, voir [Cannon, A.J., Jeong, D.I., Zhang, X., et Zwiers, F.W., 2020](#).

²⁰ Pour un tableau des données climatiques et environnementales historiques utilisées dans le [Code canadien sur le calcul des ponts routiers](#), voir le document de l'Association canadienne de normalisation, 2014, annexe A3.1.

²¹ Bien que selon la plupart des scénarios d'émissions on prévoit que le nombre de cycles gel/dégel diminuera dans la plupart des régions de l'Ontario, certains scénarios suggèrent tout de même une augmentation du nombre de cycles gel/dégel dans certaines régions du Nord.

²² Données tirées du document [WSP, 2021](#).

Figure 4-1

Portée des interactions entre les dangers climatiques retenus et les classes de biens publics de transport

LÉGENDE : Inclus dans le rapport Estimé mais exclu du rapport Non estimé

| | Chaleurs extrêmes | Précipitations extrêmes | Cycles gel/dégel |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Routes | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Ponts | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Grands ponceaux structurels | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ingénierie de transport collectif | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Source : WSP et BRF.

Routes

Les **précipitations extrêmes** affecteront plus particulièrement l'infrastructure routière lors d'épisodes exceptionnels (comme lors de tempêtes qui ne se produisent qu'une fois tous les 100 ans²³), car on considère généralement que les routes sont résistantes aux épisodes de précipitations moins intenses. Les emportements par les eaux et inondations qui surviennent lors d'épisodes de précipitations importantes peuvent submerger les dispositifs de drainage et endommager la chaussée. Les précipitations extrêmes peuvent aussi causer une infiltration d'eau dans la base et sous la base des matériaux, ce qui accélère la détérioration et accroît la fissuration.

Les **chaleurs extrêmes**, soit des températures ambiantes supérieures à 30 °C, créent des conditions où la chaleur se dissipe moins efficacement, faisant ramollir la chaussée d'asphalte. De telles chaleurs favorisent l'apparition d'ornières et de craquelures à la surface des routes, ce qui peut provoquer des infiltrations d'eau accrues qui en affaiblissent la base et causent des dommages en surface comme les nids de poule.

Les **cycles gel/dégel** (CGD) sont les fluctuations de température au-dessus et en dessous du point de congélation, qui font que l'eau gèle (et prend de l'expansion) ou que la glace fond (et se contracte). Contrairement à un bien d'infrastructure verticale (p. ex. un édifice), moins sujet à l'accumulation d'eau en raison du ruissellement induit par gravité, un bien d'infrastructure horizontale comme une route peut accumuler de l'eau qui pénètre ensuite ses fondations. Le gel et le dégel répété de l'eau ainsi accumulée peuvent endommager le revêtement des routes. Le BRF a produit une analyse préliminaire des impacts des cycles gel/dégel, mais les évaluations de coûts qui en résultent sont peu fiables en raison du manque de recherches sur les effets cumulés de l'humidité et du gel sur l'état des routes. En conséquence, les projections de coûts relatifs à l'effet des cycles gel/dégel sur les routes ont été omises du présent rapport.

²³ Voir l'annexe B pour une description détaillée des dangers climatiques et des projections qui y sont associées.



Ponts

Les **précipitations extrêmes** auront un impact sur les ponts semblables à celui des épisodes exceptionnels (c'est-à-dire les tempêtes qui ne se produisent qu'une fois tous les 100 ans) en raison de l'érosion et des inondations. Ces épisodes entraîneront l'érosion des berges et des approches tout en érodant aussi les sous-structures des ponts et les fondations peu profondes des ponts. L'impact sur les ponts dont les fondations sont plus profondes sera négligeable.

Les **cycles gel/dégel** contribuent à la dégradation des tabliers et barrières des ponts et entraînent des craquelures dans le béton. Cependant, la diminution prévue du nombre annuel de cycles gel/dégel entraînera un accroissement de la vie utile du béton à la verticale. On ne prévoit pas que ces cycles auront un impact important sur les autres composants du pont, y compris la superstructure du pont, la sous-structure et la couche sous la chaussée en asphalte²⁴.

Grands ponceaux structurels

Les **précipitations extrêmes** auront un impact sur les grands ponceaux structurels semblables à celui des épisodes exceptionnels (c'est-à-dire les tempêtes qui ne se produisent qu'une fois tous les 100 ans) en raison d'une érosion accrue. La protection des canalisations sera plus susceptible d'être endommagée par les emportements par les eaux et l'affouillement.

Ingénierie du transport collectif

La **chaleur extrême**, soit une température ambiante persistante supérieure à 30 °C, peut provoquer des contraintes sur l'acier des voies ferrées et d'autres composants d'alignement tels que les entretoises de rail, les selles de rail et les joints isolés. Les températures plus élevées entraînent aussi davantage de friction entre les roues d'acier et les rails, ce qui peut provoquer le flambage des rails. Une exposition de seulement quelques heures à une chaleur plus élevée que la normale peut suffire à causer des ennuis et la probabilité de flambage augmente rapidement lorsque la température dépasse les 35 °C²⁵.

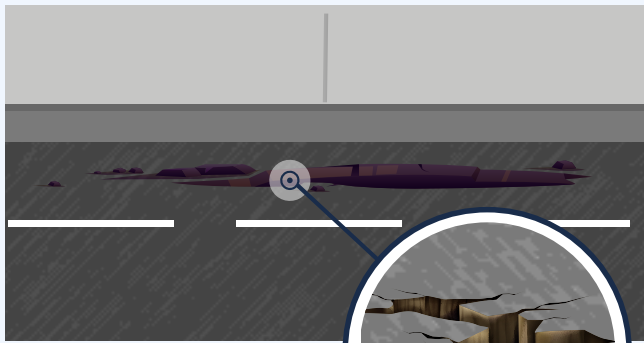
²⁴ La superstructure et la sous-structure d'un pont sont essentiellement protégées par le tablier du pont et ne sont pas directement touchées par les cycles gel/dégel et la strate sous la chaussée d'asphalte des ponts est généralement constituée d'un matériau imperméable que ces cycles ne peuvent affecter.

²⁵ Pour de l'information sur le lien entre les probabilités de flambage et la chaleur, voir la section 3.3.4 et la figure 1 dans le document [Chinowsky, P., Helman, J., Gulati, S., Neumann, J., et Martinich, J., 2019.](#)



Figure 4-2

Exemples d'impacts des dangers climatiques sur les composants clés des infrastructures publiques de transport



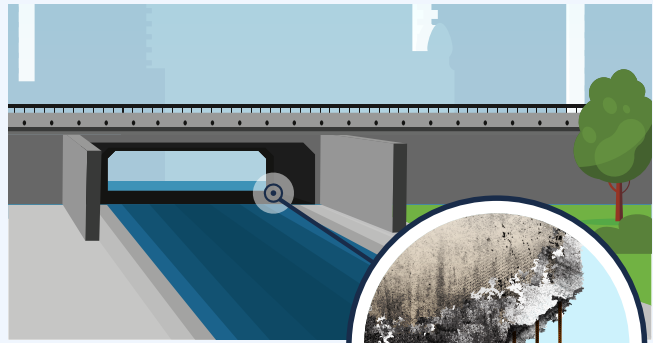
Routes

Dangers climatiques pertinents



Les précipitations extrêmes augmenteront l'érosion et les emportements par les eaux, tandis que les chaleurs extrêmes augmenteront le risque de fissuration en raison de la thermoclasticité.

Comprend
Revêtement de la chaussée, fondation de la chaussée, couche de fondation, remblais, ouvrages de rétention, systèmes de drainage, finition des routes.



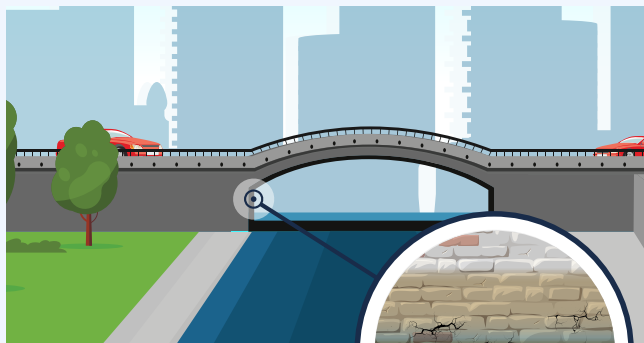
Grands ponceaux structurels

Dangers climatiques pertinents



Les précipitations extrêmes causeront des dommages aux dispositifs de protection des canaux et aux ponceaux qui sont dus à l'érosion, aux emportements par les eaux et à l'affouillement.

Comprend
Dispositifs de protection des canaux, ponceaux, murs en aile et murs de tête.



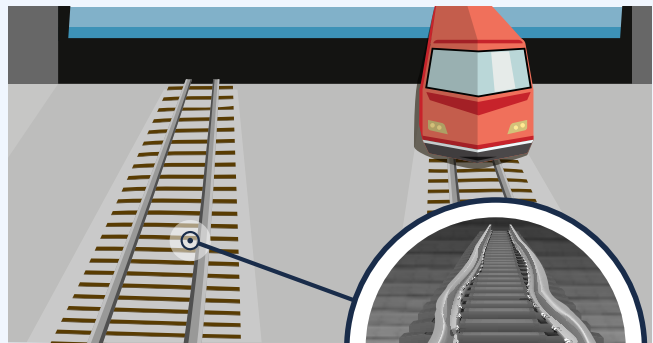
Ponts

Dangers climatiques pertinents



Les précipitations extrêmes éroderont plus rapidement les fondations des ponts, les remblais et les approches ce qui augmentera la détérioration et les coûts d'entretien. Les CGD annuels, qui entraînent normalement des fissures dans le béton, sont en déclin, ce qui protège ces biens.

Comprend
Fondations, infrastructure, superstructure, tabliers, barrières et structures auxiliaires.



Ingénierie de transport collectif

Dangers climatiques pertinents



Les températures élevées augmentent la friction entre les roues du train et les rails, ce qui peut entraîner le flambage de la voie. Les températures extrêmes réduisent également la viscosité de l'asphalte, ce qui augmente la friction et l'érosion.

Comprend
Rails d'acier, voies ferrées, supports de rail, selles de rail, joints isolants, passages à niveau.

LÉGENDE



Précipitations extrêmes



Chaleurs extrêmes



Cycles gel/dégel

Remarque : Pour les exemples de l'impact des aléas climatiques sur les infrastructures de transport, voir [WSP 2021](#).

Source : WSP

Les dangers climatiques touchant l'infrastructure publique de transport iront en s'accroissant

Les impacts des dangers liés au changement climatique pour l'infrastructure publique de transport 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 BRP a fait des prévisions du coût des impacts climatiques sur l'infrastructure publique de transport pour trois scénarios d'émissions mondiales :

- Un scénario basé sur des 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)²⁶. 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 basé sur des émissions élevées qui présume que les émissions mondiales vont continuer d'augmenter pendant la presque totalité du siècle²⁷. 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 entre 2005 et 2020 correspondent étroitement à celles du scénario d'émissions élevées²⁸.

Degré d'incertitude des projections de changement climatique

Le BRP s'est associé au Centre canadien des services climatiques d'Environnement Canada et à 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^e centile) des variables climatiques, suivies des plages entre parenthèses. Pour les indicateurs climatiques de l'Ontario, les plages indiquent les projections des 10^e et 90^e centiles de l'ensemble des 24 modèles climatiques utilisés par le Centre canadien des services climatiques.

La figure 4-3 présente une courte description des changements prévus aux indicateurs climatiques utilisés pour représenter ces dangers. Annexe B L'annexe B contient une description exhaustive de toutes les variables climatiques pertinentes pour l'infrastructure publique de transport et des tendances qui y sont associées pour chaque scénario.

²⁶ Pour les projections de l'évolution des températures moyennes mondiales en surface, consulter le tableau All.7.5 du document [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2013](#). Les plages de températures de surface moyennes mondiales représentent les projections du 5^e centile au 95^e centile des modèles utilisés.

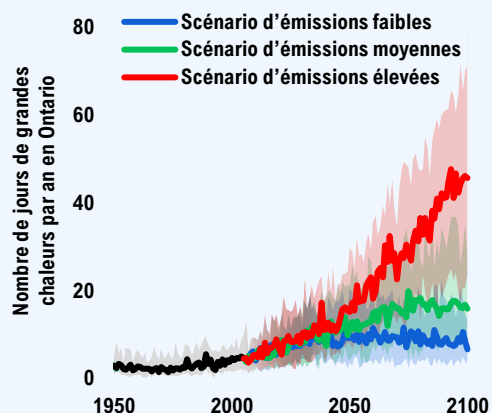
²⁷ Le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (AR5), publié en 2013, présentait quatre scénarios nommés Trajectoires de concentration représentatives (ou RCP, pour Representative Concentration Pathways). Le scénario basé sur des émissions faibles 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. Consulter le [Cinquième rapport d'évaluation](#) du GIEC. Le [sixième rapport d'évaluation du GIEC \(AR6\)](#), publié en 2021, contient cinq scénarios nommés Trajectoires socioéconomiques partagées (ou SSP, pour Shared Socioeconomic Pathways) qui ont été harmonisés 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.

²⁸ Pour une comparaison des émissions historiques à celles prévues au scénario d'émissions élevées, consulter le document [Pacific Climate Impacts Consortium, 2021](#).



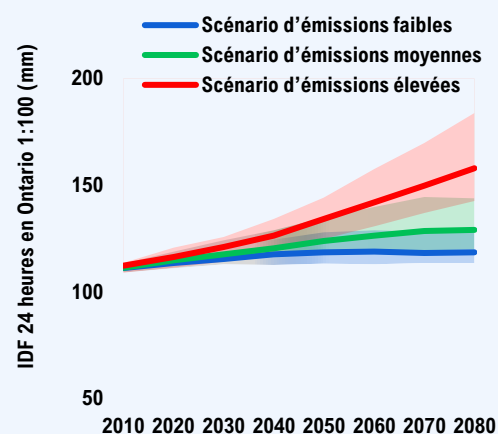
Figure 4-3

Évolution des dangers climatiques en Ontario



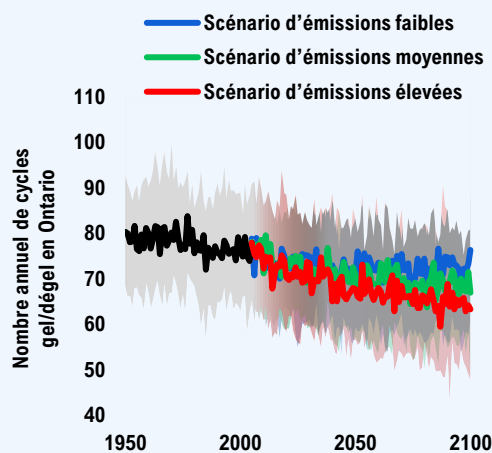
Le nombre annuel de journées de grandes chaleurs s'accroîtra

- Les prévisions d'augmentation du nombre annuel des journées de grandes chaleurs (journées où la température maximale est supérieure à 30 °C) diffèrent grandement selon le scénario d'émissions envisagé. De 1976 à 2005, on dénombrait en moyenne 4 journées de grandes chaleurs par année. Comparativement à cette valeur de référence, le nombre annuel de journées de grandes chaleurs que connaîtra l'Ontario augmente de 5 (entre 2 et 10 jours) selon le scénario d'émissions faibles et il augmente de 34 (entre 17 et 46 jours) selon le scénario d'émissions élevées au cours de la période 2071-2100.
- Le degré de confiance dans les projections de tendances et la plage des variables de température est élevé en raison des fortes certitudes scientifiques quant aux causes des changements observés²⁹.



Augmentation des précipitations extrêmes

- Si on compare à la période de référence qui va de 1976 à 2005, on prévoit que l'intensité d'un épisode centennal (qui se produit 1 fois/100 ans) de 24 heures de pluie augmentera de 15 % (entre 10 et 23 %) selon le scénario d'émissions faibles et de 53 % (entre 38 et 78 %) selon le scénario d'émissions élevées, au cours de la période 2071-2100.
- Au cours de la période allant de 1976 à 2005, il tombait en moyenne 103 mm d'eau lors des épisodes centennaux de 24 heures de pluie. Au cours de la période allant de 2071 à 2100, on prévoit que ce chiffre passera à 118 mm (entre 113 et 127 mm) selon le scénario d'émissions faibles et à 158 mm (entre 142 et 185 mm) selon le scénario d'émissions élevées lors des épisodes centennaux de 24 heures de pluie.
- La fiabilité des projections de tendances et de fourchettes des variables de précipitations agrégées est légèrement moindre (moyenne) que pour les variables de température, car on accorde moins de confiance à la justesse de la représentation des processus climatiques impliqués par les modèles climatiques.



Le nombre annuel de cycles gel/dégel diminuera

- Le nombre annuel de CGD correspond au nombre de fois où le mercure est descendu sous 0 °C au cours d'une année. Au cours des prochaines décennies, la saison hivernale sera plus courte en raison de la hausse des températures. On estime que le nombre annuel de CGD en Ontario diminuera de 5 % (de 0 à 15 %) selon le scénario d'émissions faibles et de 15 % (de 0 à 2 %) selon le scénario d'émissions élevées au cours de la période 2071-2100.
- Au cours de la période allant de 1976 à 2005, on comptait en moyenne 77 cycles gel/dégel par année. Comparativement à la référence, on prévoit que le nombre annuel de CGD diminuera de 4 (de -12 à 0) selon le scénario d'émissions faibles et de 12 (de -19 à 0) selon le scénario d'émissions élevées au cours de la période 2071-2100.
- Les projections annuelles du nombre de CGD sont considérées comme très fiables en raison de la quantité de données probantes appuyant les projections de tendances et de fourchettes des variables de température.

Source : Centre canadien des services climatiques.

²⁹ Voir note de bas de page 19.

Les dangers climatiques augmentent les coûts d'entretien du parc actuel des biens d'infrastructure publique de transport

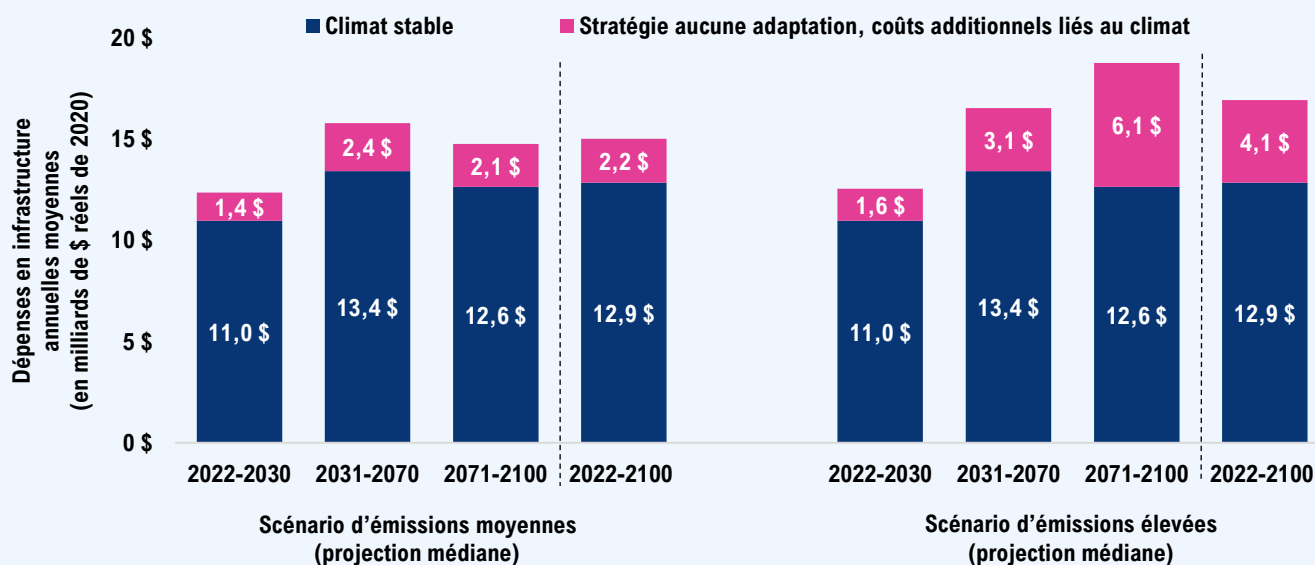
Dans cette section, le BRF présente les projections de coûts d'une stratégie de gestion des biens *sans mesures d'adaptation*. Dans cette stratégie, les gestionnaires de biens ne prennent aucune mesure d'adaptation de l'infrastructure publique de transport pour que celle-ci puisse résister à l'évolution des dangers climatiques mais plutôt, ils assument des coûts plus élevés pour le maintien de leurs biens en bon état de fonctionnement malgré l'aggravation des dangers climatiques. Bien que dans les faits plusieurs initiatives d'adaptation au changement climatique soient déjà en phase de déploiement, l'idée derrière la stratégie *sans mesures d'adaptation* est d'explorer les conséquences financières qu'entraînerait l'absence de mesures d'adaptation de l'infrastructure publique de transport aux dangers climatiques.

En l'absence de mesures d'adaptation, l'accroissement du nombre d'épisodes météorologiques extrêmes raccourcira la durée de la vie utile (DVU) de l'infrastructure publique de transport, entraînant la hausse du nombre et de la fréquence des remises en état requises comparativement au scénario « climat stable ». L'évolution des dangers climatiques 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 de transport en bon état de fonctionnement. Ces coûts d'infrastructure additionnels, qui s'ajoutent à ceux qui seraient survenus dans un climat stable sont définis comme des « coûts des dommages ».

Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût annuel moyen du maintien en bon état de fonctionnement du parc d'infrastructure publique de transport augmentera de 2,2 milliards de dollars par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 17 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts annuels moyens varient de 1,4 milliard de dollars par année durant la présente décennie à 2,4 milliards de dollars au milieu du siècle, tandis que les dangers climatiques continuent d'entraîner une détérioration modérée. D'ici la fin du siècle, ces coûts s'élèvent à 2,1 milliards de dollars par année, alors que les dangers climatiques se stabilisent durant cette période dans le scénario d'émissions moyennes (voir la figure 4-3).

Figure 4-4

L'évolution des dangers climatiques augmentera le coût d'entretien du parc actuel de biens d'infrastructure publique de transport en l'absence de mesures d'adaptation



Remarque : À des fins de lisibilité, les marges d'incertitude ne sont pas présentées dans ce graphique.
Source : BRF.

Dans le scénario d'émissions élevées (projection médiane), les coûts d'infrastructure annuels moyens augmenteraient de 4,1 milliards de dollars par année au cours du siècle, soit une augmentation de 32 % des coûts comparativement au scénario de climat stable. Dans ce cas, les coûts liés au climat augmentent pour passer de 1,6 milliard de dollars durant la présente décennie, à des coûts moyens de 3,1 milliards de dollars durant la période du milieu du siècle et continuent d'augmenter pour passer à 6,1 milliards de dollars d'ici la fin du siècle. Ces coûts sont dus à la poursuite de la détérioration entraînée par les dangers climatiques dans le scénario d'émissions élevées.

Toutefois, l'incertitude persiste sur l'ampleur du réchauffement qui se produira dans chaque scénario d'émissions (voir la page 15), tout comme persiste une incertitude en ingénierie sur la façon dont l'évolution des dangers climatiques affectera l'infrastructure de l'Ontario (voir l'annexe C). L'étendue complète des coûts annuels moyens liés au climat est présentée à la figure 4-5.

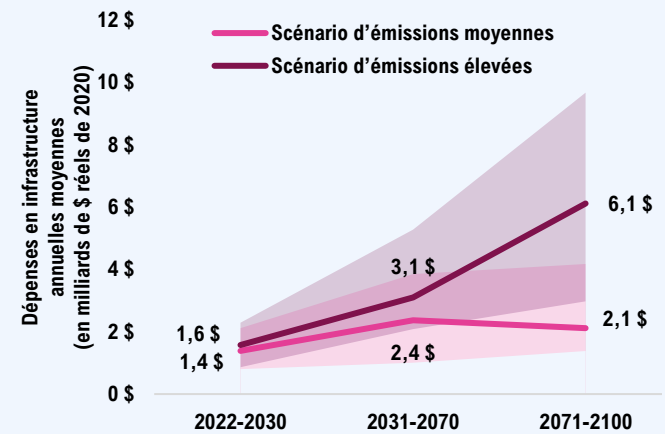
Ces coûts annuels moyens s'accumuleraient au cours de la période de projection. À court terme, l'évolution des dangers climatiques fait déjà grimper le coût d'entretien de l'infrastructure publique de transport. Dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées, les coûts annuels liés au climat s'élèvent en moyenne à **1,5 milliard de dollars** de 2022-2030, lesquels totaliseront approximativement **13,3 milliards de dollars** d'ici 2030 en l'absence de mesures d'adaptation³⁰. Cela représente une augmentation de 13 % des coûts d'infrastructure municipale et provinciale comparativement à la projection de climat stable.

Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût cumulatif du maintien en bon état de fonctionnement du parc d'infrastructure publique de transport augmentera de **171 milliards de dollars** par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 17 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts cumulatifs pourraient aller de 89 à 298 milliards de dollars, compte tenu du climat et des incertitudes en matière d'ingénierie.

Selon le scénario d'émissions élevées (projection médiane), le coût cumulatif augmenterait plutôt de **322 milliards de dollars** (une hausse de 32 %), et la fourchette s'établirait de 180 à 522 milliards de dollars.

Figure 4-5

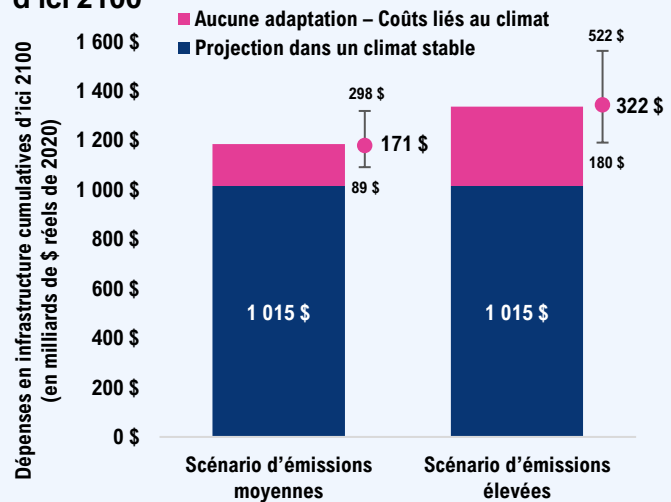
Les marges d'incertitude entourant les coûts annuels liés au climat s'élargissent au fil du temps



Source : BRF.

Figure 4-6

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



Source : BRF.

³⁰ Les coûts cumulatifs de 13,3 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 7 et 20 milliards de dollars, compte tenu du climat et des incertitudes en matière d'ingénierie.

5 | Adapter les infrastructures publiques de transport aux dangers climatiques

Le chapitre 4 décrit l'impact financier qu'entraînerait l'absence d'adaptation des infrastructures publiques de transport à l'évolution projetée des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles de gel/dégel. En pratique, les infrastructures de transport peuvent être adaptées pour résister à ces phénomènes et faire en sorte que ces biens offrent toujours le rendement pour lequel ils ont été initialement conçus, ne subissent pas de détérioration accélérée et que leurs dépenses d'exploitation et d'entretien n'augmentent pas.

Ce chapitre aborde les différentes formes d'adaptation, définit l'étendue des adaptations analysées dans ce rapport et présente une estimation des coûts liés à l'adaptation du parc de biens d'infrastructure publique de transport de l'Ontario afin que ceux-ci puissent résister aux périodes de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes qui surviendront vers la fin du siècle, selon les projections des scénarios basés sur des émissions moyennes et élevées³¹.

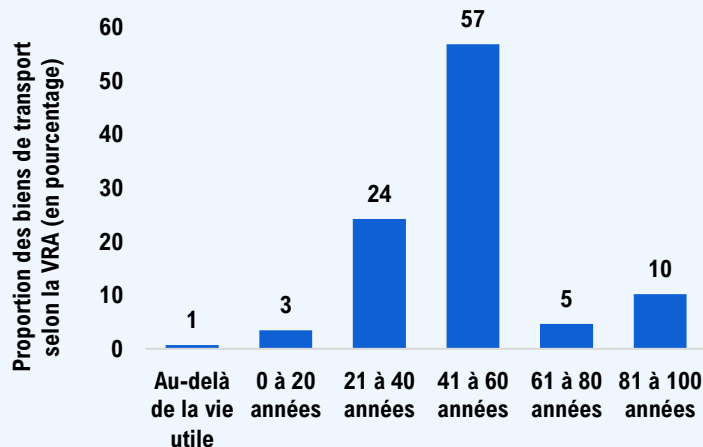
Adapter les infrastructures publiques de transport peut aider à prévenir l'impact des dangers climatiques

Les biens d'infrastructure publique de transport de l'Ontario ont de longues vies utiles; sur les 330 milliards de dollars en infrastructure, près de 72 % présentent une vie utile restante de 40 ans ou plus. Étant donné la longue durée de vie utile des biens d'infrastructure publique de transport, les conditions climatiques de la fin du siècle pèsent sur les décisions d'adaptation prises à l'heure actuelle. Ces décisions auront un impact sur les coûts d'infrastructure publique tout au long du siècle.

Cependant, les projections climatiques dépendent de l'évolution des émissions mondiales, qui reste incertaine. Cela nous oblige à réfléchir sérieusement à la façon dont les projections de dangers climatiques clés devraient être prises en considération lors de la conception, de la construction et de la rénovation des infrastructures publiques de transport³².

Figure 5-1

Les biens d'infrastructure publique de transport de l'Ontario ont une longue vie utile



Source : BRF.

³¹ Comme les cycles gel/dégel sont largement en déclin, le BRF suppose qu'aucune mesure d'adaptation ne sera mise en œuvre pour contrer ce danger climatique.

³² Voir le document d'Infrastructure Canada *Optique des changements climatiques* pour des directives générales sur les différents facteurs à prendre en considération lors des prises de décisions concernant les mesures d'adaptation.



L'adaptation des infrastructures de transport à l'évolution des dangers climatiques pourrait prendre plusieurs formes. En voici quelques exemples :

- La mise à jour les paramètres de conception infrastructurelle pour les rendre conformes à une norme supérieure, comme celle décrite en détail dans le Code canadien sur le calcul des ponts routiers³³.
- L'utilisation d'outils de type Intensité-Durée-Fréquence qui permettent de prévoir l'intensité des précipitations pour la conception et le remplacement des infrastructures de transport³⁴.
- L'utilisation de mélanges de revêtement routier à résistance thermique élevée³⁵.
- L'augmentation de la capacité de drainage des ponceaux³⁶.
- L'utilisation de thermosiphons pour maintenir la stabilité du pergélisol et améliorer le rendement des routes et autoroutes du Nord³⁷.
- La modification de la gestion des biens, par exemple, en changeant la fréquence des opérations et les calendriers d'entretien³⁸.

Dans le cadre de travail du BRF, l'adaptation est modélisée comme une modification des composantes physiques des infrastructures de transport afin de prévenir les coûts découlant des dommages entraînés par l'évolution des dangers climatiques³⁹. La Figure présente quelques exemples de mesures d'adaptation pour des composantes d'infrastructure de transport⁴⁰.

³³ Bien que les données sur le climat appuyant les versions actuelles du code de conception des ponts autoroutiers sont fondées sur les observations historiques (voir l'annexe A3.1 du [Code canadien sur le calcul des ponts](#) routiers, de nombreux efforts sont déployés pour intégrer des considérations relatives au changement climatique dans la gestion des infrastructures de transport. Par exemple, au niveau fédéral, l'[Initiative sur les immeubles résilients aux changements climatiques et les infrastructures publiques de base](#) a soutenu le développement de données climatiques prospectives, pour permettre une mise à jour du Code canadien sur le calcul des ponts routiers.

³⁴ Par exemple, le ministère des Transports de l'Ontario a émis une politique en 2016 sur l'usage futur des prédictions sur les précipitations pour la conception des infrastructures autoroutières. Pour plus de renseignements, consulter le document [ministère des Transports de l'Ontario, 2017](#).

³⁵ Voir [Warren, F. et Lemmen, D.S., rédacteurs, 2014](#), chapitre 1, page 9, pour plus d'exemples d'adaptations possibles dans le secteur des transports.

³⁶ Ibidem.

³⁷ Les thermosiphons sont des appareils qui déplacent l'air afin de refroidir le pergélisol et en réduire le dégel. Voir le document [Transports Canada, 2021](#) pour une description du projet par le gouvernement du Yukon.

³⁸ Voir le document d'Asset Management BC intitulé [Climate Change and Asset Management: A Sustainable Service Delivery Primer](#).

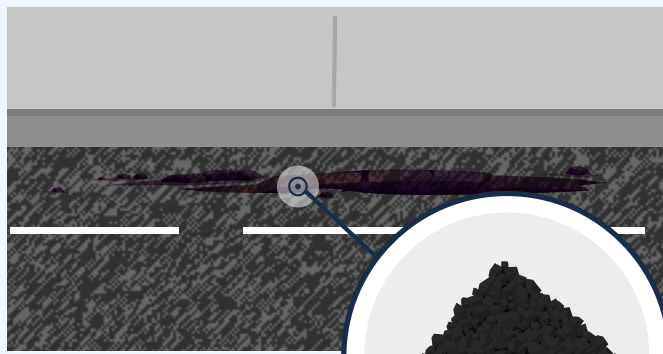
³⁹ Les coûts d'adaptation des grands ponceaux structurels reflètent également le coût de l'augmentation de la capacité des ponceaux pour faire face à l'augmentation du volume des eaux dues aux précipitations extrêmes.

⁴⁰ Pour une description complète d'exemples d'adaptation, voir [WSP, 2021](#).



Figure 5-2

Exemples d'adaptation des infrastructures publiques de transport aux dangers climatiques



Routes

L'utilisation d'un liant bitumineux résistant à des températures plus élevées peut aider à réduire le risque de déformation permanente en raison des chaleurs extrêmes.

Les mesures d'atténuation contre la déformation et le gonflement ou l'éclatement en raison de l'expansion de la dalle comprennent la diminution de l'espacement des joints et l'installation de joints d'expansion de grande qualité.

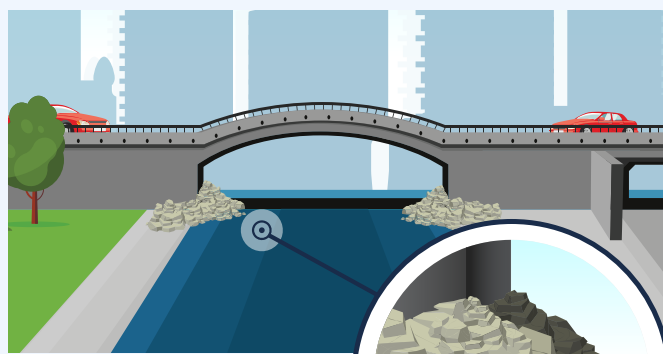
Les mélanges d'asphalte spéciaux et des matériaux de qualité élevée peuvent atténuer les problèmes de drainage ou d'érosion entraînés par les précipitations extrêmes.



Grands ponceaux structurels

Des conduites, structures et excavations de calibre plus important sont nécessaires en raison de l'augmentation de la capacité nécessaire pour contenir les débits de pointe survenant lors des averses extrêmes projetées.

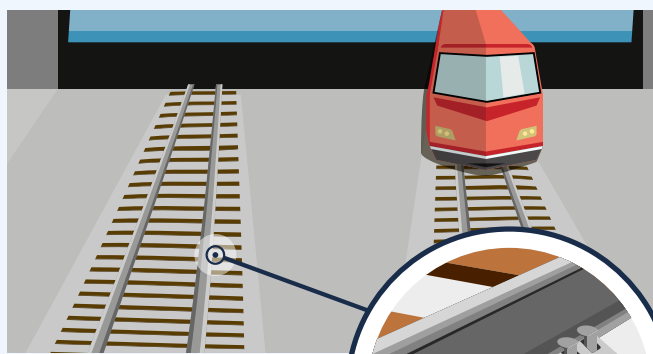
Des pierres d'un diamètre plus important sont nécessaires pour protéger les canaux.



Ponts

Des fondations plus profondes seront moins vulnérables aux précipitations extrêmes et à leurs effets prévus, soit l'affouillement et l'érosion.

L'ajout d'enrochement aux fondations des conduites augmentera la protection contre l'érosion et le contrôle des eaux de ruissellement.



Ingénierie de transport collectif

Des selles de rail et des ancrages adéquats sont requis pour accommoder la dilatation des rails et en augmenter la stabilité.

Augmentation de l'emploi de matériaux désignés qui supportent les températures de fonctionnement plus élevées des composantes mobiles et des voies ferrées.

Remarque : Pour plus d'exemples comment les composants d'infrastructures de transport peuvent être adaptés aux aléas climatiques, voir [WSP 2021](#).

Source : WSP.

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

Afin d'estimer les coûts d'adaptation, le BRF a supposé que les infrastructures publiques de transport sont adaptées au moment de la remise en état ou de la réfection afin de résister à chaque danger climatique prévu dans les projections⁴¹ de fin de siècle⁴². Lorsqu'un bien a été adapté, le BRF présuppose qu'il n'entraînera plus de dépenses d'EE et d'immobilisation découlant de l'évolution des dangers climatiques⁴³. Cependant, puisque l'adaptation augmente la valeur d'un bien, les dépenses en EE et en immobilisations après son adaptation augmentent également en raison de sa valeur accrue.

Les coûts d'infrastructure additionnels dans ces deux stratégies d'adaptation comprennent les suivants : hausse des dépenses en immobilisations découlant de l'augmentation de la détérioration, hausses des dépenses en EE jusqu'à l'adaptation, dépenses d'adaptation ponctuelles (que ce soit en raison d'une rénovation ou d'une réfection) et hausse des dépenses en EE et en immobilisations afin de maintenir en état des biens qui ont pris de la valeur en raison de l'adaptation. 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 de transport sont uniquement adaptés au moment de la réfection. Dans cette approche, la part des biens adaptés augmente graduellement au cours du siècle et environ 90 % des biens seront adaptés d'ici 2100. Les 10 % restants ont une durée de vie utile qui va au-delà de 2100 et ne feront pas l'objet d'une réfection ou d'une adaptation sur la période de projection.
- **Stratégie d'adaptation proactive** : les biens de transport sont adaptés à la première occasion. Cette adaptation est réalisée lors de la prochaine remise en état d'un bien par l'entremise d'une rénovation⁴⁴ ou d'une réfection, selon la première éventualité. Dans le cadre de cette approche, tous les biens de transport sont adaptés dès les années 2050.

⁴¹ La décennie 2080 a été choisie pour faire une approximation des changements climatiques dans la deuxième moitié du 21^e 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. Dans le cadre de la modélisation du BRF, les coûts d'adaptation cumulatifs pour l'ensemble du parc de biens d'infrastructure n'ont pas d'incidence réelle lorsque les biens sont adaptés pour résister aux phénomènes climatiques prévus tout au long de la vie utile restante.

⁴² Les biens sont uniquement adaptés aux dangers climatiques qui, en l'absence de mesures d'adaptation, entraîneront une augmentation des coûts en raison des dommages encourus. Par exemple, la réduction du nombre des cycles gel/dégel prolongera la durée de vie utile et réduira les dépenses en EE de certains biens. Cependant, on suppose qu'il est improbable que les normes de conception soient assouplies en conséquence de ce phénomène. Pour tous les détails, voir la page viii du document [WSP, 2021](#).

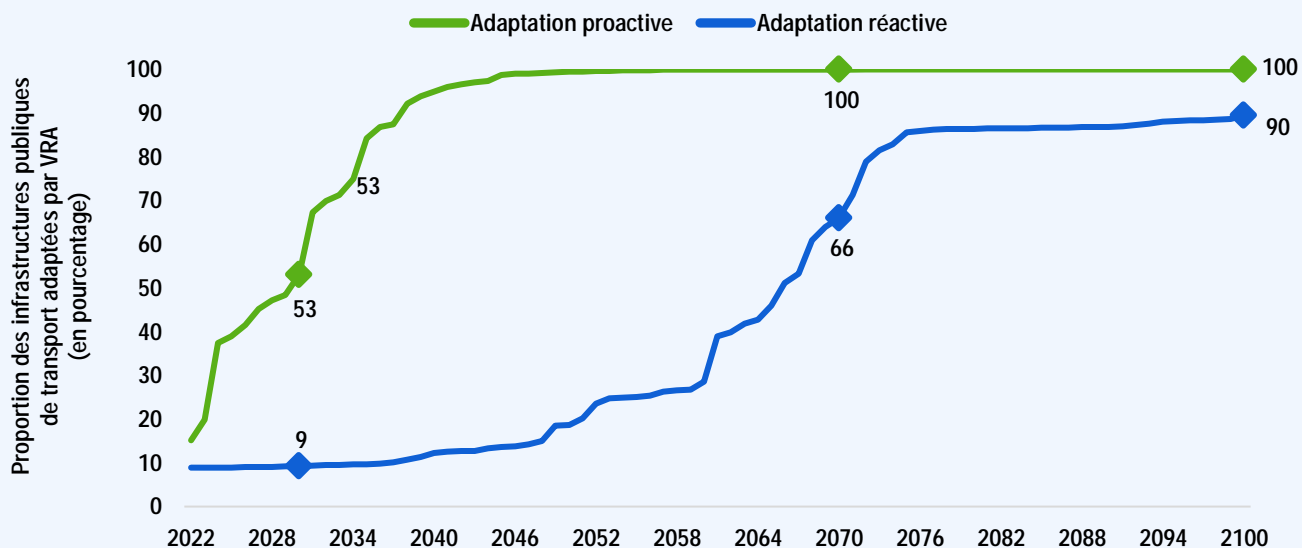
⁴³ Bien qu'aucuns coûts additionnels dus aux dommages ne soient assumés après qu'un bien ait été adapté, sa VRA augmente en raison de l'ajout de composants résistants aux dangers climatiques, ce qui augmente les dépenses associées au maintien des biens adaptés en bon état de fonctionnement.

⁴⁴ Une rénovation est une adaptation faite pendant la vie utile d'un bien.



Figure 5-3

La stratégie d'adaptation réactive laisse la plupart des biens publics de transport en état de vulnérabilité face aux dangers climatiques changeants tout au long de la moitié du siècle



Source : BRF.

Projection des coûts d'infrastructures publiques de transport dans la stratégie d'adaptation réactive

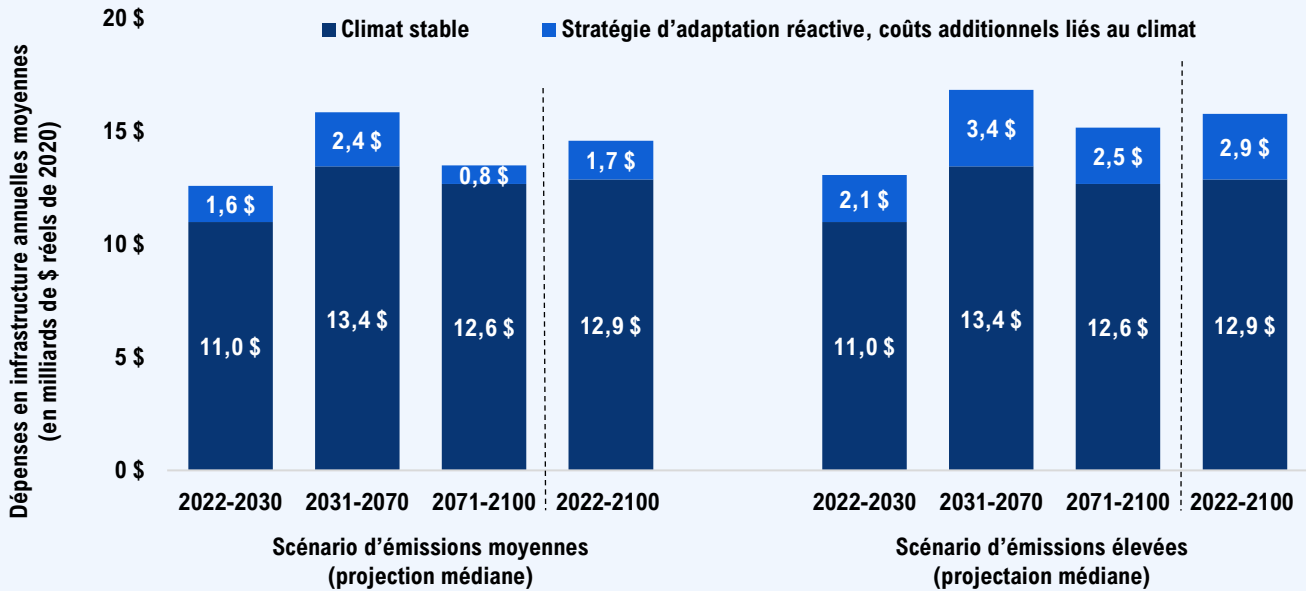
Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût annuel moyen du maintien en bon état de fonctionnement du parc d'infrastructure publique de transport augmentera de 1,7 milliard de dollars par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 13 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts annuels moyens varient de 1,6 milliard de dollars par année durant cette décennie à 2,5 milliards de dollars d'ici le milieu du siècle, alors que la part des biens adaptés augmente pour passer de 9 % en 2030 à 66 % en 2070. D'ici la fin du siècle, ces coûts chuteront pour passer à 0,8 milliard de dollars par année, tandis que les biens publics de transport adaptés évitent des coûts liés aux dommages associés aux conditions climatiques de la fin du siècle (voir la figure 5-3).

Dans le scénario d'émissions élevées (projection médiane), les coûts d'infrastructure annuels moyens augmenteraient de 2,9 milliards de dollars par année au cours du siècle, soit une augmentation de 23 % des coûts comparativement au scénario de climat stable. Dans ce cas, les coûts liés au climat augmentent pour passer de 2,1 milliards de dollars durant la présente décennie, à des coûts moyens de 3,4 milliards de dollars durant la période du milieu du siècle, puis chuteraient pour passer à 2,5 milliards de dollars d'ici la fin du siècle. Dans ce scénario, les coûts reflètent des coûts liés aux dommages plus élevés en raison des dangers climatiques plus extrêmes, ainsi qu'en raison de la hausse des coûts d'adaptation permettant aux infrastructures publiques de transport de résister à ces dangers.



Figure 5-4

L'adaptation augmentera les coûts d'infrastructures de transport, et ce, davantage dans le scénario d'émissions élevées



Remarque : À des fins de lisibilité, les marges d'incertitude ne sont pas présentées dans ce graphique.
Source : BRF.

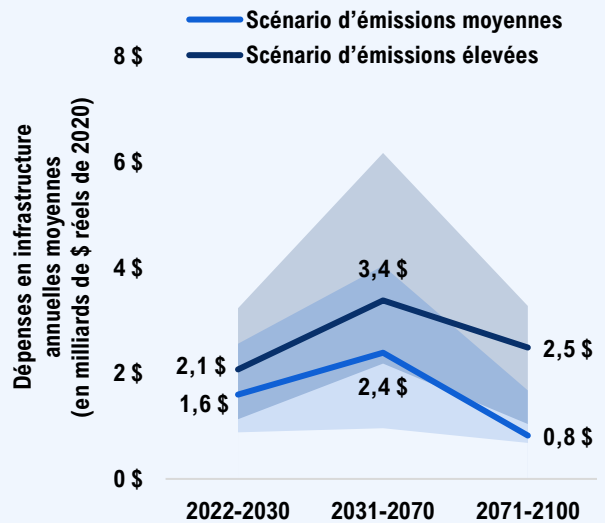
Nous présentons à la figure 5-5 l'étendue complète des coûts liés au climat, laquelle tient compte de l'ampleur du réchauffement qui surviendra dans chacun des scénarios d'émissions, ainsi que de l'incertitude en matière d'ingénierie relativement à l'établissement des coûts d'une gamme de possibilités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

Ces coûts annuels s'accumuleraient au cours de la période de projection. Durant la première décennie de la stratégie d'adaptation réactive, approximativement 9 % des biens publics de transport sont adaptés, tandis que les biens restants continuent d'engendrer des coûts liés aux dommages.

Le BRF prévoit que ces coûts liés au climat s'accumuleraient pour totaliser approximativement **14 milliards de dollars** d'ici 2030 dans le scénario d'émissions moyennes (une augmentation de 15 % des coûts d'infrastructure municipale et provinciale comparativement à la projection de climat stable), ou approximativement **19 milliards de dollars** d'ici 2030 dans le scénario d'émissions élevées (une hausse de 19 %)⁴⁵.

Figure 5-5

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



Source : BRF.

⁴⁵ Ces coûts pourraient aller de 89 à 23 milliards de dollars dans le scénario d'émissions moyennes et de 10 à 29 milliards de dollars dans le scénario d'émissions élevées compte tenu du climat et des incertitudes en matière d'ingénierie.

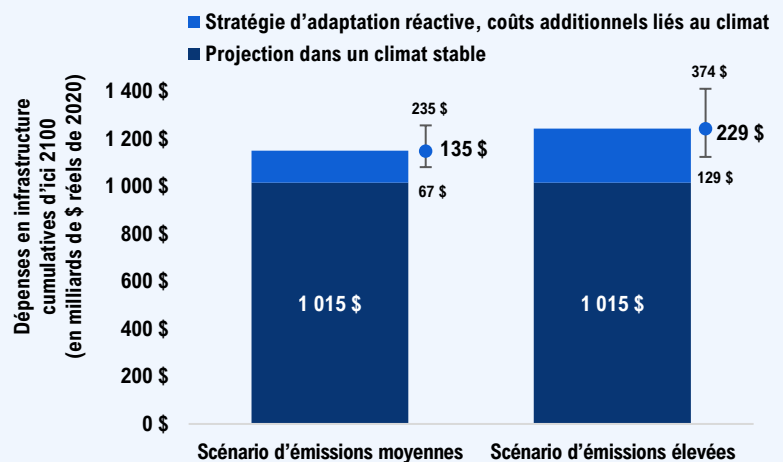


Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût cumulé du maintien en bon état de fonctionnement du parc d'infrastructure publique de transport augmentera de **135 milliards de dollars** par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 13 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts cumulatifs pourraient aller de 67 à 235 milliards de dollars, compte tenu du climat et des incertitudes en matière d'ingénierie.

Selon le scénario d'émissions élevées (projection médiane), le coût cumulé augmenterait plutôt de **229 milliards de dollars** (une hausse de 23 %), et la fourchette s'établirait de 129 à 374 milliards de dollars.

Figure 5-6

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



Source : BRF.

Projection des coûts d'infrastructures publiques de transport dans la stratégie d'adaptation proactive

Dans la stratégie d'adaptation proactive, les biens de transport sont adaptés à la première occasion. Cette stratégie suppose que plus de 50 % des biens d'infrastructure sont adaptés d'ici 2030 et 100 % des biens sont adaptés d'ici 2070 (voir la figure 5-3).

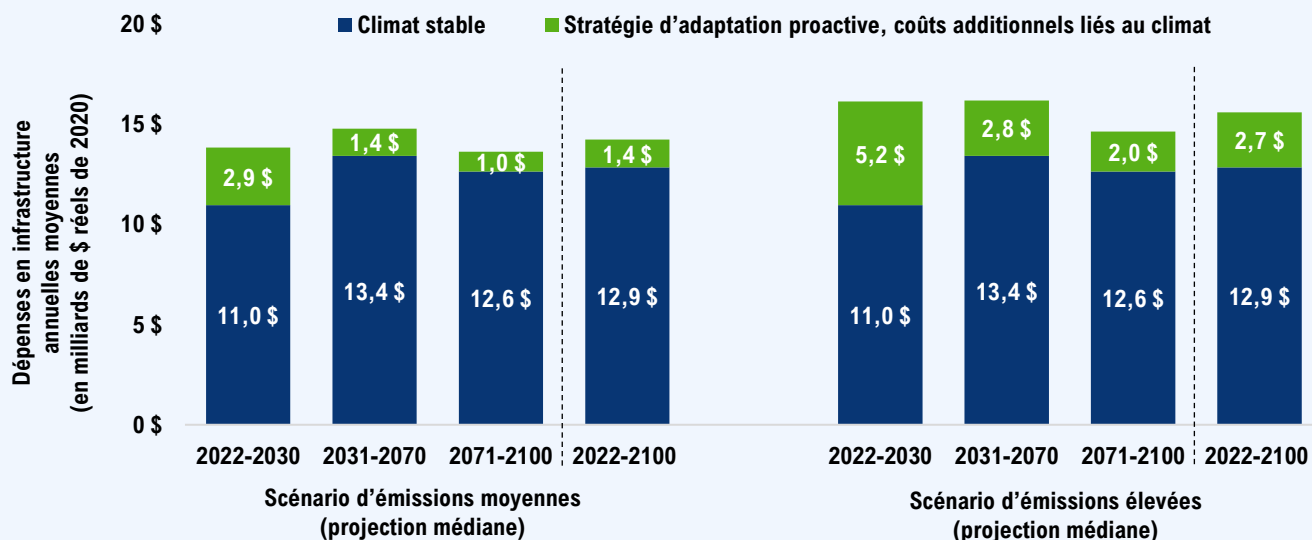
Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût annuel moyen du maintien en bon état de fonctionnement du parc d'infrastructure publique de transport augmentera de 1,4 milliard de dollars par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 11 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts annuels moyens chuteront pour passer de 2,9 milliards de dollars par année cette décennie (on suppose qu'à cette date plus de la moitié des biens publics de transport seront adaptés) à 1,4 milliard de dollars d'ici le milieu du siècle et à 1,0 milliard de dollars par année d'ici la fin du siècle, tandis que les biens publics de transport adaptés évitent des coûts de dommages associés aux conditions climatiques de la fin du siècle (voir la figure 5-7).

Dans le scénario d'émissions élevées (projection médiane), les coûts d'infrastructure annuels moyens augmenteraient de 2,7 milliards de dollars par année au cours du siècle, soit une augmentation de 21 % des coûts comparativement au scénario de climat stable. Dans ce cas, les coûts liés au climat chutent pour passer de 5,2 milliards de dollars par année durant la présente décennie, à des coûts moyens de 2,8 milliards de dollars durant la période du milieu du siècle, puis chuteraient pour passer à 2,0 milliards de dollars d'ici la fin du siècle. Dans ce scénario, les coûts reflètent des coûts liés aux dommages plus élevés en raison des dangers climatiques plus extrêmes, ainsi qu'en raison de la hausse des coûts d'adaptation permettant aux infrastructures publiques de transport de résister à ces dangers.



Figure 5-7

L'adaptation augmentera les coûts d'infrastructures de transport, et ce, davantage dans le scénario d'émissions élevées



Remarque : À des fins de lisibilité, les marges d'incertitude ne sont pas présentées dans ce graphique.
Source : BRF.

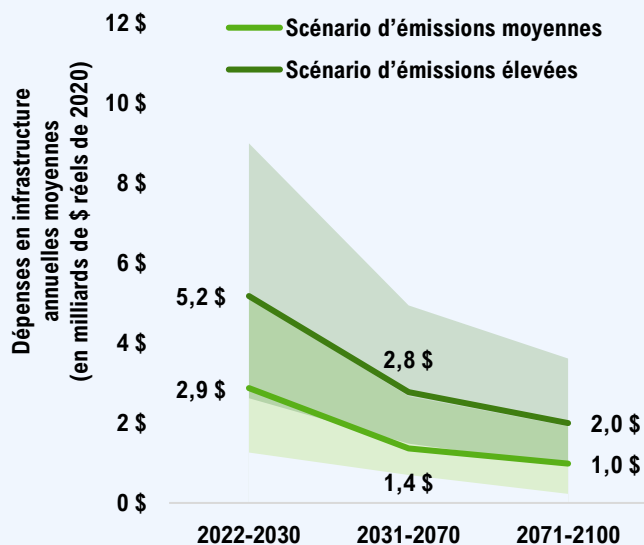
Nous présentons à la figure 5-8 l'étendue complète des coûts annuels liés au climat, laquelle tient compte de l'ampleur du réchauffement qui surviendra dans chacun des scénarios d'émissions, ainsi que de l'incertitude en matière d'ingénierie relativement à l'établissement des coûts d'une gamme de possibilités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

Durant la première décennie de la stratégie d'adaptation proactive, on suppose qu'approximativement 53 % des biens publics de transport sont adaptés, tandis que les biens restants continuent d'engendrer des coûts liés aux dommages.

Le BRF prévoit que ces coûts liés au climat s'accumuleraient pour totaliser approximativement **26 milliards de dollars** d'ici 2030 dans le scénario d'émissions moyennes (une augmentation de 26 % des coûts d'infrastructure municipale et provinciale comparativement à la projection de climat stable), ou approximativement **47 milliards de dollars** d'ici 2030 dans le scénario d'émissions élevées (une hausse de 47 %)⁴⁶.

Figure 5-8

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



Source : BRF.

⁴⁶ Ces coûts pourraient aller de 11 à 46 milliards de dollars dans le scénario d'émissions moyennes et de 24 à 81 milliards de dollars dans le scénario d'émissions élevées compte tenu du climat et des incertitudes en matière d'ingénierie.

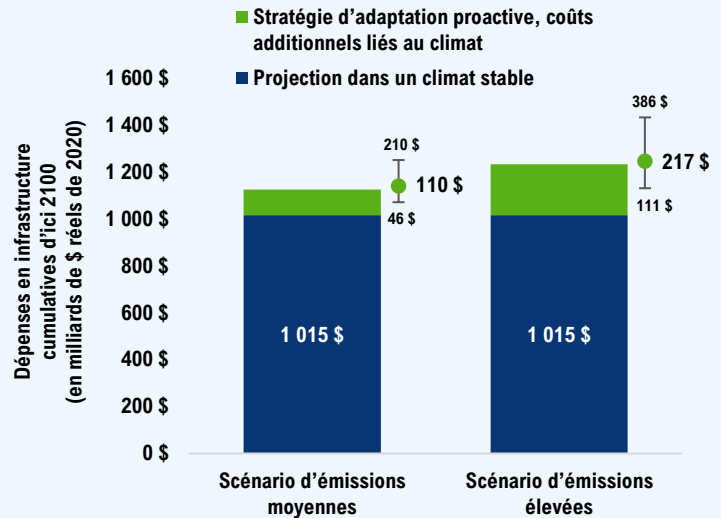


Selon le scénario d'émissions moyennes (projection médiane), le coût cumulatif du maintien en bon état de fonctionnement du parc d'infrastructure publique de transport augmentera de **110 milliards de dollars** par année au cours du siècle. Cela représente une hausse de coûts de 11 % par rapport aux prévisions sous climat stable. Ces coûts cumulatifs pourraient aller de 46 à 210 milliards de dollars, compte tenu du climat et des incertitudes en matière d'ingénierie.

Selon le scénario d'émissions élevées (projection médiane), le coût cumulatif augmenterait plutôt de **217 milliards de dollars** (une hausse de 21 %), et la fourchette s'établirait de 111 à 386 milliards de dollars.

Figure 5-9

L'adaptation augmentera les coûts d'infrastructures de transport, et ce, davantage dans le scénario d'émissions élevées



Remarque : À des fins de lisibilité, les marges d'incertitude ne sont pas présentées dans ce graphique.

Source : BRF.

6 | Comparaison de différentes stratégies de gestion des biens

Les chapitres 4 et 5 examinent les coûts du maintien des infrastructures publiques de transport en bon état de fonctionnement dans un contexte de changements climatiques selon trois stratégies de gestion des biens : *aucune adaptation*, *adaptation réactive*, *adaptation proactive*. 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. Ces stratégies ont été élaborées afin d'estimer l'ampleur de l'impact budgétaire pour la province et les municipalités que l'évolution des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles de gel/dégel entraînera au cours de ce siècle.

Ce chapitre compare les estimations de coûts des trois stratégies de gestion des biens et examine les différences entre leurs profils de coûts. Il aborde ensuite les facteurs qui ne font pas partie du champ d'analyse du BRF, mais qui sont pertinents pour la détermination de la stratégie la plus rentable en matière de gestion des infrastructures publiques de transport de l'Ontario dans un contexte d'évolution climatique.

À long terme, adapter les infrastructures publiques de transport s'avère moins coûteux que de ne pas les adapter

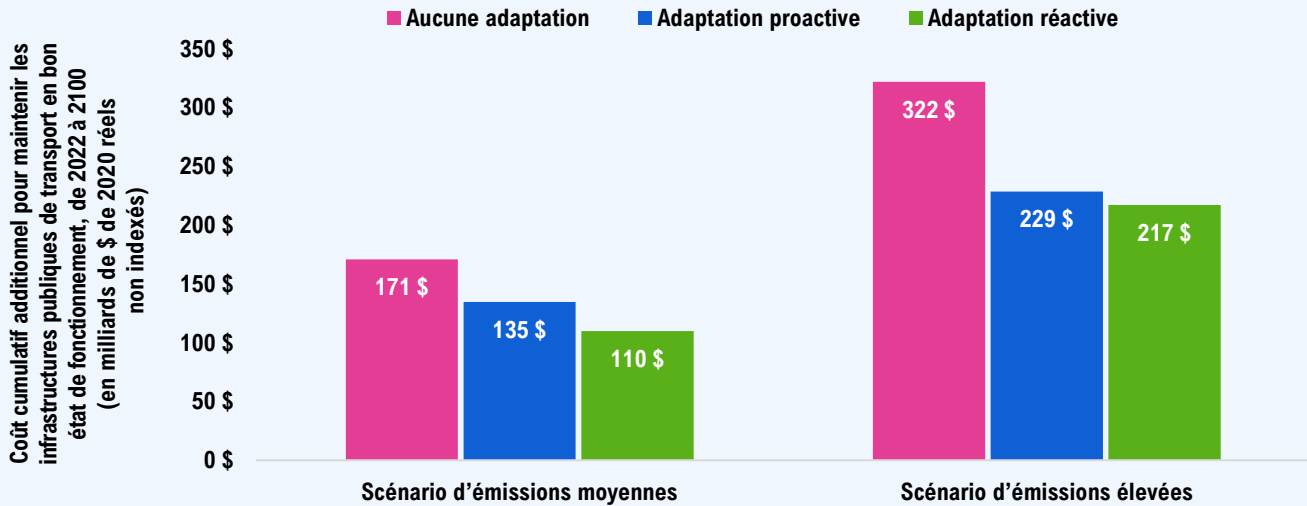
L'impact financier des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles gel/dégel aura une incidence concrète pour la province et les municipalités, peu importe la stratégie de gestion des biens qui sera adoptée. Cependant, le BRF estime que, sur une base non actualisée, les coûts cumulés d'ici la fin du 21^e siècle sont les plus élevés dans la stratégie *aucune adaptation* et les plus bas dans la stratégie d'*adaptation proactive*, et ce, dans les deux scénarios d'émissions. Pour une analyse de ces profils de coûts sur une base actualisée, voir l'annexe D.

La figure 6-1 montre que l'évolution des changements climatiques mondiaux aura une influence sur l'ampleur des coûts d'infrastructure additionnels liés au climat, lesquels sont beaucoup plus bas dans le scénario d'émissions moyennes que dans le scénario d'émissions élevées (projections médianes), et ce, dans toutes les stratégies de gestion des biens.



Figure 6-1

Les coûts de l'adaptation des infrastructures de transport en commun de l'Ontario face aux changements climatiques



Remarque : Les coûts indiqués dans ce graphique sont fondés sur la projection médiane (ou 50^e percentile) dans chaque scénario d'émissions et s'ajoutent aux coûts de référence sur la même période. À des fins de lisibilité, les marges d'incertitude ne sont pas présentées dans ce graphique.

Source : BRF.

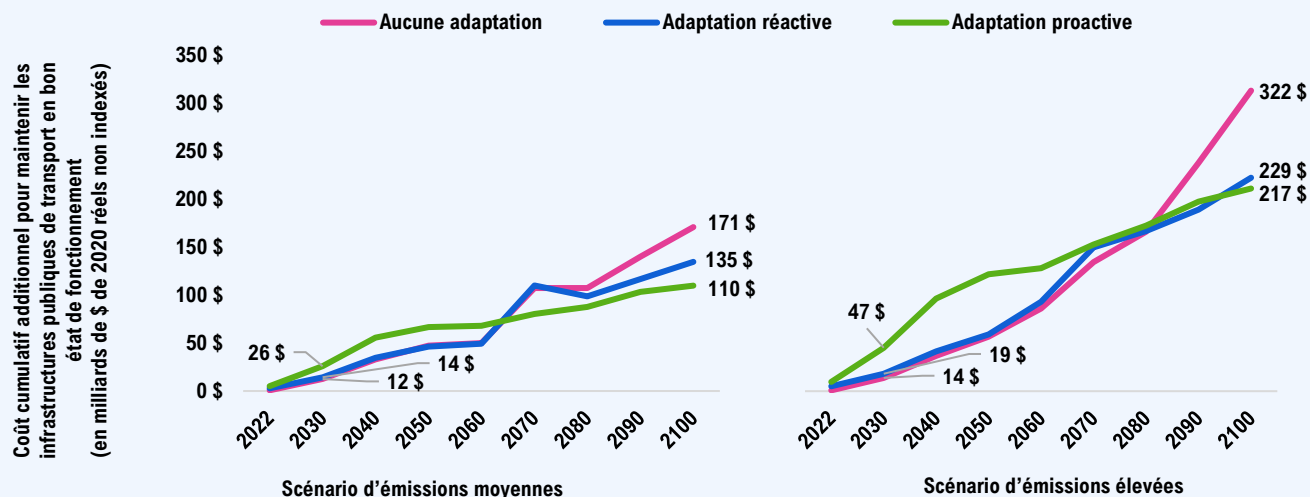
L'adaptation proactive des infrastructures publiques de transport exige des coûts initiaux plus élevés mais amoindrit rapidement la vulnérabilité climatique

La Figure 6-2 montre comment les coûts s'accumulent dans les scénarios d'émissions moyennes et élevées (projections médianes) dans les trois stratégies de gestion des biens.



Figure 6-2

Les trois stratégies de gestion des biens présentent différents profils de coûts



Remarque : Les coûts indiqués dans ce graphique sont fondés sur la projection médiane (ou 50^e percentile) dans chaque scénario d'émissions et s'ajoutent aux coûts de référence sur la même période. À des fins de lisibilité, les marges d'incertitude ne sont pas présentées dans ce graphique.

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 dangers climatiques cause des dommages entraînant des coûts dans les deux stratégies. Ces profils de coûts divergent dans la deuxième moitié du siècle tandis que les conséquences des dangers climatiques plus fréquents et intenses deviennent plus coûteuses dans la stratégie *aucune adaptation*, tandis que ces coûts sont évités dans la stratégie d'*adaptation réactive*, dans laquelle plus de 66 % des biens publics de transport sont adaptés d'ici 2070 (voir la Figure 5-3).

La stratégie d'*adaptation proactive* prévoit une augmentation considérable des coûts au cours des quatre prochaines décennies, tandis que tous les biens sont adaptés d'ici les années 2050, ce qui amoindrit rapidement la vulnérabilité des infrastructures de transport de l'Ontario à l'évolution des dangers climatiques. Il en résulte une accumulation des coûts beaucoup plus lente dans la deuxième moitié du siècle, puisque les dommages climatiques sont évités. D'ici la fin du siècle, les résultats de la stratégie d'*adaptation proactive* entraînent les coûts cumulés les plus faibles des trois stratégies en dollars réels de 2020.

Les coûts assumés par les ménages et les entreprises devraient être inclus dans l'évaluation de la rentabilité des mesures d'adaptation

Ce rapport tient compte des coûts d'infrastructure directs assumés par le gouvernement, mais exclut tous les coûts découlant des interruptions de service des infrastructures qui sont assumés par les ménages ou les entreprises. Par exemple, si une route municipale est endommagée et doit être réparée, cette analyse inclut uniquement le coût de ces réparations assumées par la municipalité, mais exclut les coûts de la congestion routière assumés par les ménages et les entreprises⁴⁷.

⁴⁷ Pour une analyse des avantages indirects de l'adaptation et des coûts indirects des perturbations de service dans le contexte des infrastructures de transport, voir les documents [Institute for Catastrophic Loss Reduction, 2020](#), [UNEP, 2021](#), et [Neumann, J.E., Chinowsky, P., Helman, J. et coll., 2021](#).



Des exemples de coûts assumés par les ménages et les entreprises comprennent les suivants :

- La congestion routière survenant durant les travaux de remise en état et de réfection des biens de transport, ce qui allonge les temps de déplacement et nuit à la productivité. Par exemple, selon une étude récente sur les impacts climatiques touchant l'infrastructure publique menée par l'Institut climatique du Canada, « le coût des retards et des perturbations du transport sur les réseaux routier et ferroviaire risque pourrait être presque aussi élevé que celui des dommages directs aux infrastructures⁴⁸. »
- Au-delà des coûts liés aux retards, les perturbations liées au climat aux réseaux de transport auraient des impacts sur les chaînes d'approvisionnement, le marché du travail et l'économie en général⁴⁹.
- Les perturbations des réseaux de transport liées au climat entraînent également des coûts non financiers, notamment l'augmentation du délai d'intervention lors d'urgences sanitaires ou environnementales⁵⁰, ou des risques plus élevés pour les collectivités rurales et éloignées de se voir coupés de services cruciaux.

Chiffrer ces impacts sociétaux plus larges dépasse la portée du présent rapport. Ces coûts seront vraisemblablement considérables et, s'ils étaient ajoutés, seraient un argument de plus en faveur de l'adaptation des infrastructures publiques de transport. L'estimation de ces impacts est un domaine où de futures recherches seraient utiles.

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

Le chiffrage de trois stratégies de gestion des biens différentes pour l'ensemble des biens avait pour objectif d'estimer l'ampleur de l'impact budgétaire que l'évolution des précipitations extrêmes, des chaleurs extrêmes et des cycles de gel/dégel pourrait avoir au cours de ce siècle. Cependant, pour pouvoir prendre des décisions quant à l'adaptation de biens particuliers, de nombreux autres facteurs doivent être pris en compte⁵¹, notamment :

- les caractéristiques individuelles d'un bien (incluant l'âge, l'état et ses vulnérabilités au climat);
- une gamme plus étendue d'impacts climatiques survenant durant la totalité de la vie utile d'un bien;
- les coûts aux ménages et aux entreprises;
- les considérations non liées aux biens, notamment l'infrastructure environnante. Par exemple, si une section de conduite d'eaux pluviales située sous une route est remplacée (ou adaptée), on peut également envisager d'adapter la route.

Incorporer ces facteurs aurait pour effet de perfectionner la méthodologie du BRF et appuierait davantage la prise de décisions pour des biens individuels dans un climat en pleine évolution.

⁴⁸ Ness, R., Clark, D. G., Bourque, J., Coffman, D., et Beugin, D., 2021. Page 47.

⁴⁹ Par exemple, dans la région du grand Toronto et de Hamilton, les coûts annuels estimés pour l'économie entraînés par la congestion routière en l'absence de considérations liées au changement climatique étaient de 3,3 milliards de dollars en 2006, somme qui devrait passer à 7,8 milliards de dollars par année en 2031 selon les prévisions. Voir le document [Costs of Road Congestion in the Greater Toronto and Hamilton Area: Impact and Cost Benefit Analysis of the Metrolinx Draft Regional Transportation Plan](#).

⁵⁰ Warren, F. et Lulham, N., rédacteurs, 2021, section 3.5.

⁵¹ 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 [Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014](#), et [Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 2011](#), pour obtenir plus de détails sur les différents outils décisionnels, [Organisation de coopération et de développement économiques, 2018](#), pour un exposé général sur les coûts et avantages de l'adaptation et [Gouvernement du Canada, 2019](#), pour des lignes directrices générales sur les décisions d'adaptation.

7 | Annexe

Annexe A : Étendue des biens du secteur des transports faisant l'objet de l'analyse

Tableau A-1 : Une infrastructure de transport provinciale et municipale valorisée à 330 milliards de dollars (valeur de remplacement actuelle) a été incluse dans le champ d'étude de ce rapport

| Ordre de gouvernement | Secteur | VRA totale (milliards de dollars 2020) | Description |
|-----------------------|---|--|--|
| Provincial | Routes | 19 \$ | <ul style="list-style-type: none"> En Ontario, les routes et ponts sont administrés par le ministère des Transports de l'Ontario (MTO) en partenariat avec le ministère de l'Énergie, le ministère des Mines et le ministère du Développement du Nord. Ces biens incluent le réseau de routes et d'autoroutes que possède la province. Au total, on compte plus de 40 000 kilomètres de voie pavée. Sur les 40 000 kilomètres de voie pavée, le Programme des routes du Nord (ministère des Mines, ministère du Développement du Nord et MTO) administre environ 24 000 kilomètres-voie dans les régions nord-est et nord-ouest, et le Programme des routes du Sud (MTO) administre environ 17 000 kilomètres-voie. Les 40 000 kilomètres de voie pavée sont subdivisés en près de 1 900 sections, appartenant à l'un des quatre types de route ou d'autoroute suivants : autoroute (28 %), collectrice (12 %), artère de circulation (38 %), route locale (22 %). Ce secteur comprend aussi les voies réservées au transport rapide par autobus qui appartiennent à Metrolinx. |
| | Ponts | 23 \$ | <ul style="list-style-type: none"> On compte approximativement 2 800 ponts appartenant à la province. |
| | Grands ponceaux structurels (>3 mètres) | 5 \$ | <ul style="list-style-type: none"> On compte approximativement 2 000 ponceaux appartenant à la province. |
| | Ingénierie du transport collectif | 13 \$ | <ul style="list-style-type: none"> Les biens de transport collectif de l'Ontario sont la propriété de Metrolinx, dont les opérations sont concentrées dans la région élargie du Golden Horseshoe (REGH), ainsi que de la Commission de transport Ontario Northland (CTON), qui dessert principalement le nord-est de l'Ontario. Metrolinx possède le Réseau GO, lequel comporte environ 360 kilomètres de couloirs ferroviaires lui appartenant. |



Tableau A-1 (suite) : Une infrastructure de transport provinciale et municipale valorisée à 330 milliards de dollars (valeur de remplacement actuelle) a été incluse dans le champ d'étude de ce rapport

| Ordre de gouvernement | Secteur | VRA totale (milliards de dollars 2020) | Description |
|-----------------------|---|--|---|
| Municipal | Routes | 221 \$ | <ul style="list-style-type: none"> Comprend les artères principales, les collectrices, les autoroutes, les ruelles, les routes locales, les routes rurales et les trottoirs. Globalement, on estime que les municipalités de l'Ontario possèdent 365 281 kilomètres-voies de routes et 44 072 kilomètres de trottoirs. De plus, cela inclut 141 kilomètres de routes appartenant aux réseaux de transport collectif. |
| | Ponts | 35 \$ | <ul style="list-style-type: none"> Comprend près de 12 500 ponts. Près de 45 % de ces biens sont des ponts locaux, suivis par les ponts artériaux (25 %), les ponts collecteurs (15 %) et les ponts autoroutiers, les passerelles pour piétons ainsi que les ponts sur les routes rurales qui comptent pour les 15 % restants. De plus, cela inclut 209 ponts appartenant au secteur du transport collectif. |
| | Grands ponceaux structurels (>3 mètres) | 7 \$ | <ul style="list-style-type: none"> Comprend près de 11 246 ponceaux. |
| | Ingénierie du transport collectif | 6 \$ | <ul style="list-style-type: none"> On estime que les biens d'infrastructure d'ingénierie linéaire comportent 408 kilomètres de voies ferrées appartenant aux réseaux de transport collectif. |

Remarque : Les données sur l'ancienneté présentées datent de 2020. La VRA des routes provinciales et municipales a été mise à jour pour refléter les coûts unitaires du guide d'estimation paramétrique (2021) du MTO. La méthodologie détaillée utilisée pour calculer la VRA du reste des secteurs se trouve à l'annexe C du rapport sur l'infrastructure provinciale du BRF et l'annexe D du rapport sur l'infrastructure municipale du BRF.

Source : Analyse par le BRF des données municipales et provinciales présentées dans les documents du Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario 2020 et 2021a.

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 BRP. Différents indicateurs climatiques ont été utilisés en fonction de la nature de l'interaction du danger climatique avec des composants spécifiques des infrastructures de transport. Consulter le rapport de WSP pour une description et une explication complète⁵².

Tableau B-1 : Projection d'évolution des variables climatiques pertinentes entre 1976-2005 et 2071-2100, moyenne en Ontario

| Risque climatique | Variable | Définition | Émissions faibles (RCP2.6) | Émissions moyennes (RCP4.5) | Émissions élevées (RCP8.5) |
|-------------------------|---|--|--|--|--|
| Chaleurs extrêmes | Nombre de journées de grandes chaleurs par an | Nombre de jours par an affichant une température maximale quotidienne supérieure à 30 °C | + 6 jours ou + 138,9 % (+ 2 à 10 jours ou + 64,2 à 223,1 %) | + 13 jours ou + 336,5 % (+ 6 à 18 jours ou + 167,8 à 422,0 %) | + 34 jours ou + 860,7 % (+ 17 à 46 jours ou + 493,8 à 1050,6 %) |
| Précipitations extrêmes | IDF 24 heures 1:100 | Précipitations extrêmes courtes pour un événement de 24 heures avec une fréquence de 1 sur 100 ans | +14,6 % (+9,8 à 23,5 %) | + 24,9 % (+16,1 à 39,4 %) | + 53,0 % (+38,0 à 78,2 %) |
| Cycles gel/dégel | Cycles de gel/dégel annuels | Nombre de jours par an avec une température maximale quotidienne supérieure à 0 °C et une température minimale quotidienne inférieure à 0 °C | - 5,5 % (-15,2 à 0,0 %) | - 12,1 % (-19,2 à 0,0 %) | - 15,1 % (-24,9 à 0,0 %) |

Remarques : Les chiffres sont arrondis. Projections médianes (50^e percentile) des variables climatiques présentées, suivies des plages entre parenthèses. Les plages indiquent les projections du 10^e et du 90^e percentile.
Source : Centre canadien des services climatiques.

L'ensemble complet des données sur le climat utilisé dans le cadre du [projet ICIP](#) est disponible dans la section sur l'ICIP du site Web du BRP.

⁵² Voir le document [WSP, 2021](#).

Annexe C : L'impact de l'évolution des dangers climatiques sur les coûts associés aux infrastructures de transport clés

Cette annexe décrit l'impact des dangers climatiques sur les principaux coûts d'infrastructure pour les routes, les ponts, les grands ponceaux structurels ainsi que les biens d'ingénierie de transport collectif. Tout d'abord, l'annexe présente l'ensemble des impacts des dangers climatiques pris en compte dans cette étude sur la durée de vie utile (DVU) ainsi que les dépenses en exploitation et entretien (EE) en l'absence de travaux d'adaptation, de même que les coûts de rénovation et de réfection visant à prévenir ces dommages dus au climat. Ensuite, l'annexe présente une ventilation exhaustive par type de bien de l'incidence de chaque danger climatique sur les dépenses d'EE et la DVU.

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.

Le BRF et WSP ont tout d'abord établi lequel des trois dangers climatiques aurait l'impact le plus important et sur quel 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. Par exemple, bien que les chaleurs extrêmes puissent avoir des effets sur les ponts, on a jugé que l'impact des précipitations extrêmes et des cycles gel/dégel était plus important, alors seuls ces dangers ont été examinés.

WSP a estimé la corrélation entre les variables climatiques changeantes 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 probables⁵³. Ces corrélations constituent la base à partir de laquelle le BRF a estimé les coûts supplémentaires induits par les dangers climatiques pour l'infrastructure publique de transport de l'Ontario⁵⁴.

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 biens. Les résultats sont une projection du climat moyen pondéré en fonction de la proportion des biens (par VRA) situés dans chaque région⁵⁵. Les graphiques 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^e 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^e 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^e percentile sur le climat.

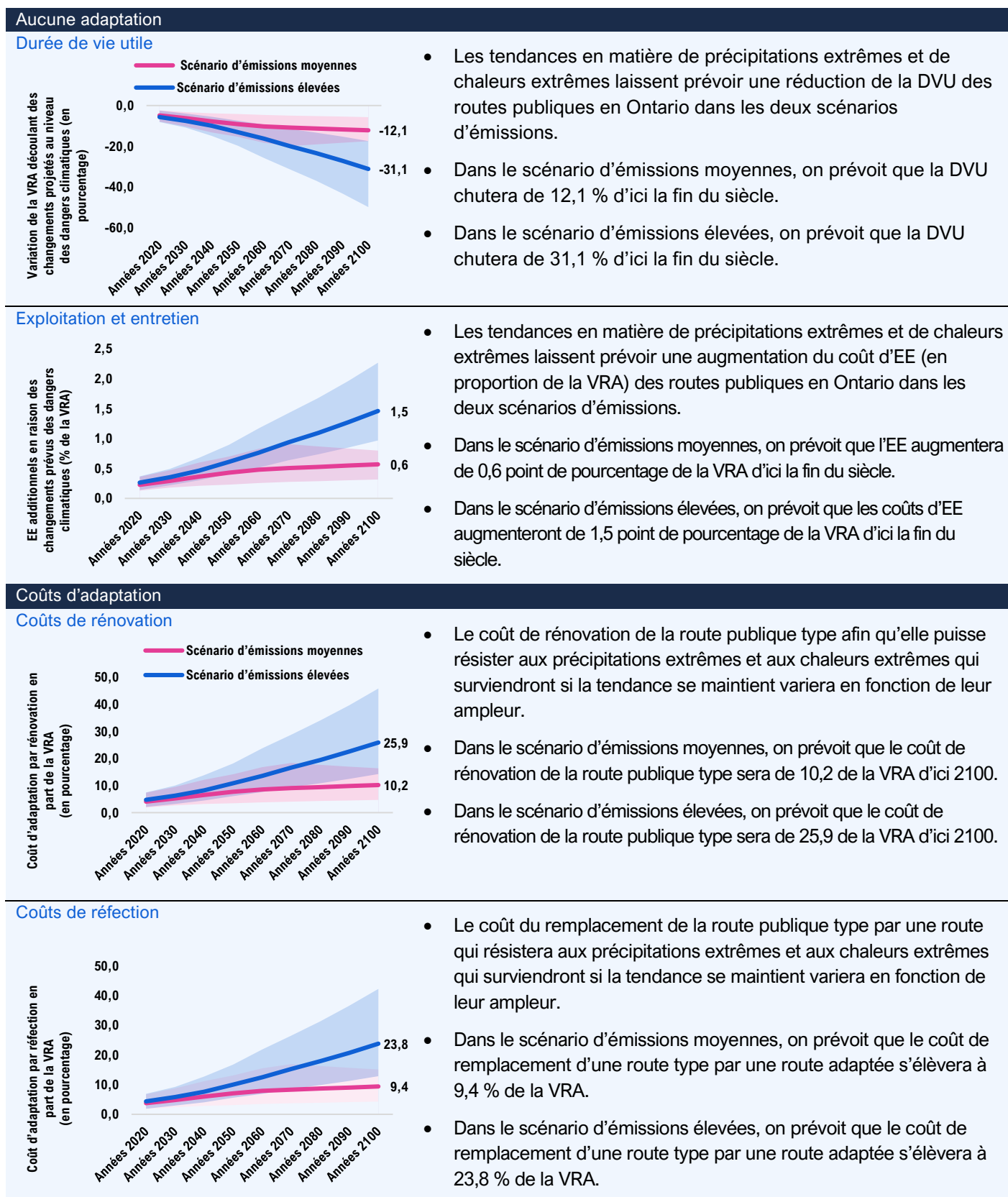
⁵³ Certaines de ces corrélations de coûts ont été révisées par la suite afin de les harmoniser avec le jugement professionnel d'examineurs externes.

⁵⁴ [Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b](#).

⁵⁵ La majorité des infrastructures publiques 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 : Routes – Impact cumulatif des précipitations extrêmes et des chaleurs extrêmes

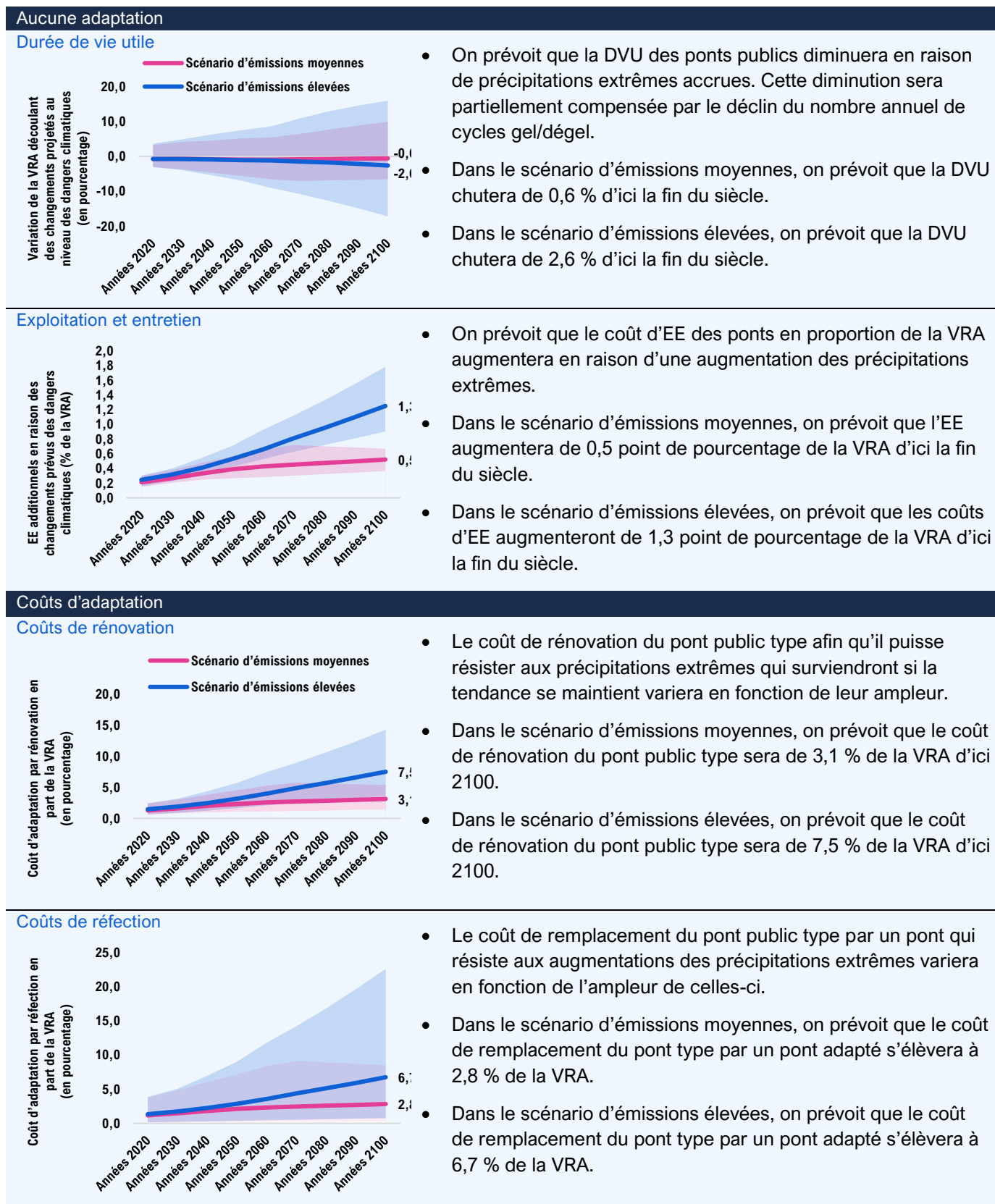


Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario.

Source : BRF.



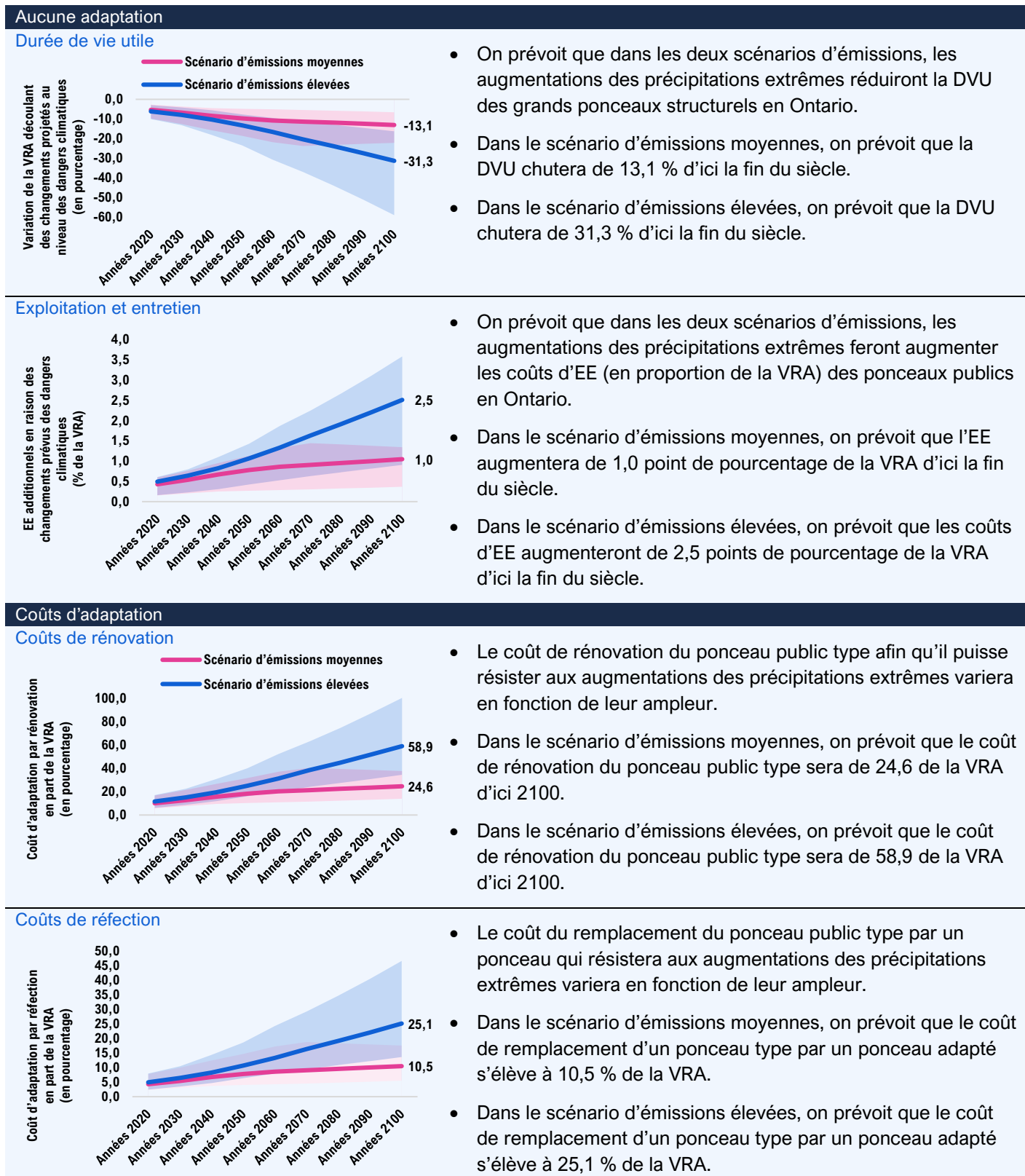
Figure C-2 : Ponts – Impact cumulatif des précipitations extrêmes et des cycles gel/dégel



Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario.
Source : BRF.



Figure C-3 : Grands ponceaux structurels – Impact des précipitations extrêmes

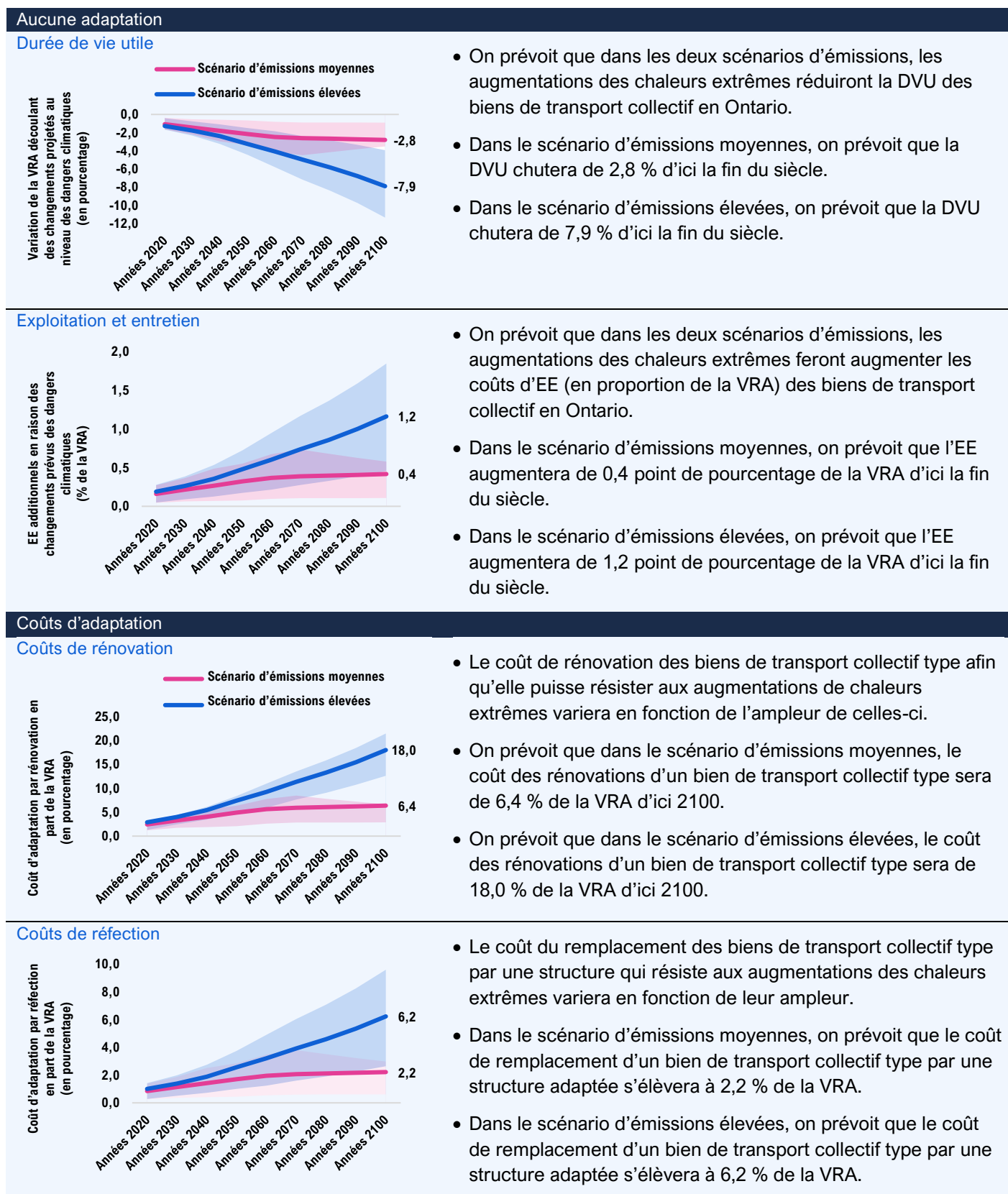


Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario.

Source : BRF.



Figure C-4 : Ingénierie de transport collectif – Impact des chaleurs extrêmes



Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario.

Source : BRF.

Annexe D : Coûts engendrés par les dangers climatiques individuels pour les infrastructures de transport clés en l'absence de mesures d'adaptation

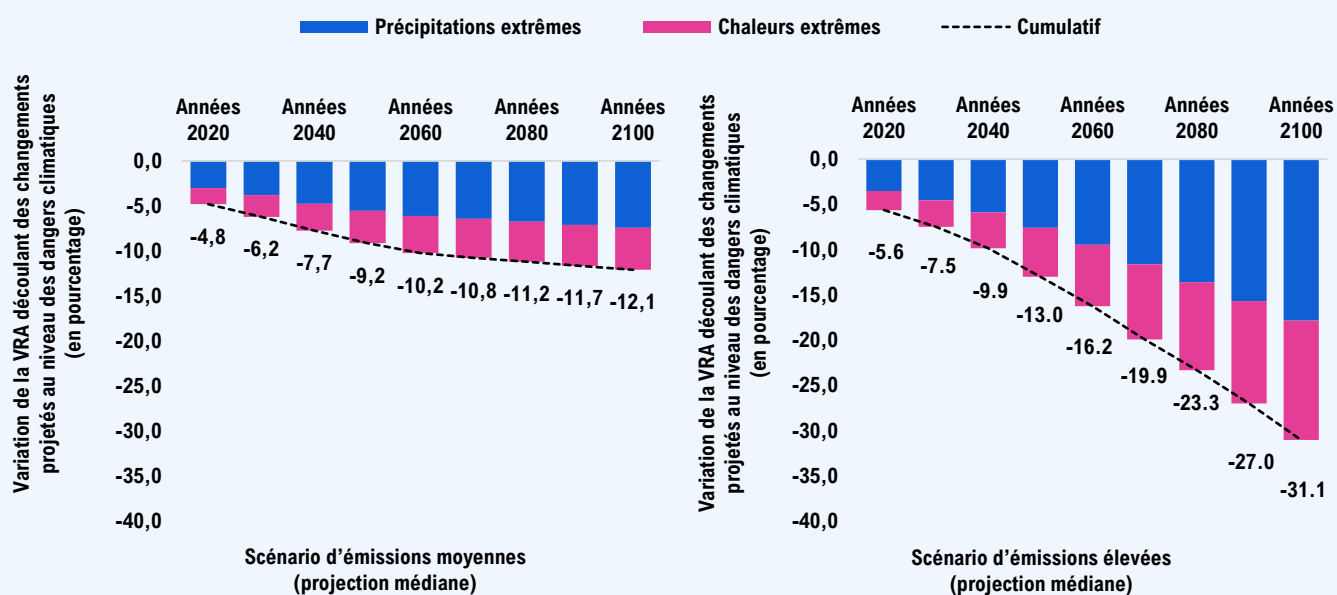
Cette section présente des renseignements sur la manière dont les dangers climatiques individuels jugés pertinents sur le plan financier par WSP affectent les coûts d'infrastructure pour les types de biens affectés par plus d'un danger climatique. Puisqu'un seul danger climatique a été évalué pour les grands ponts structurels et les biens de transport collectif, les ventilations par danger climatique ne sont pas présentées pour ces types de biens.

Routes

On prévoit que les tendances en matière de précipitations extrêmes et de chaleurs extrêmes entraîneront une baisse de la DVU et une augmentation des dépenses d'EE pour les routes publiques en Ontario.

Figure D-1

Des précipitations et des chaleurs extrêmes plus intenses contribueront à la chute de la DVU des routes publiques

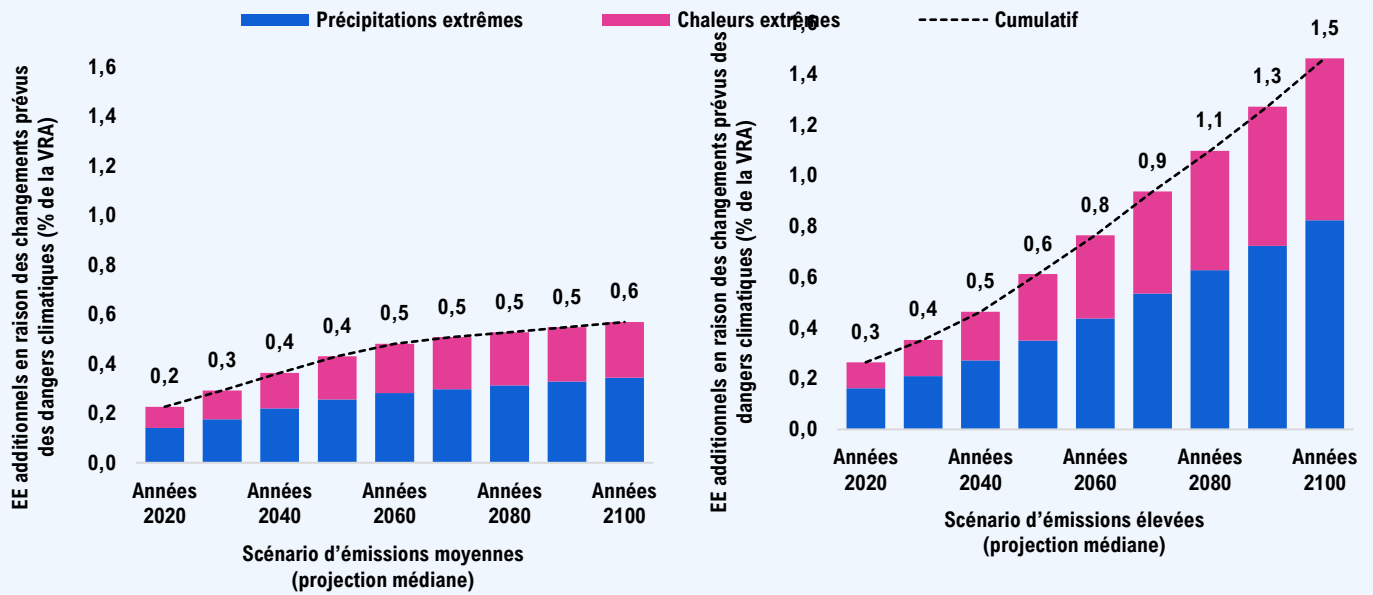


Source : BRF.



Figure D-2

Des précipitations et des chaleurs extrêmes plus intenses contribueront à l'augmentation des coûts d'EE des routes publiques



Source : BRF.

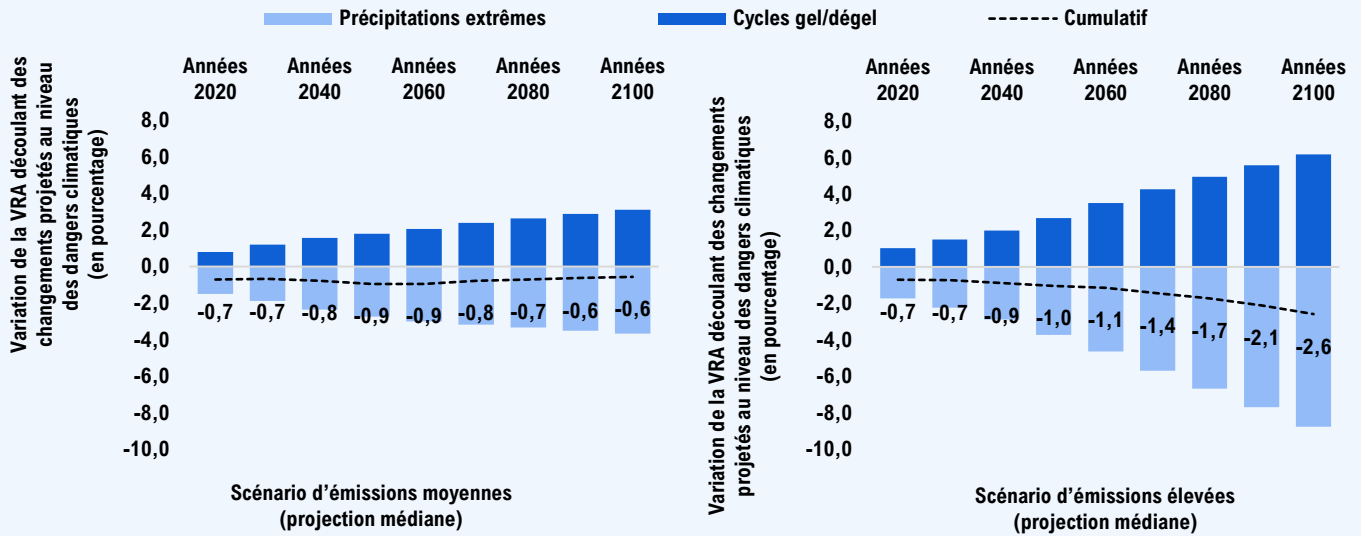
Ponts

On prévoit que les tendances en matière de précipitations extrêmes entraîneront la plus grande partie de la baisse de la DVU des ponts publics en Ontario, tandis que la diminution du nombre annuel de cycles gel/dégel compensera en partie les impacts négatifs des précipitations extrêmes.



Figure D-3

Des précipitations plus intenses contribueront à la majeure partie de la baisse de la DVU des ponts publics, laquelle sera considérablement compensée par la diminution du nombre annuel de cycles gel/dégel



Source : BRF.

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

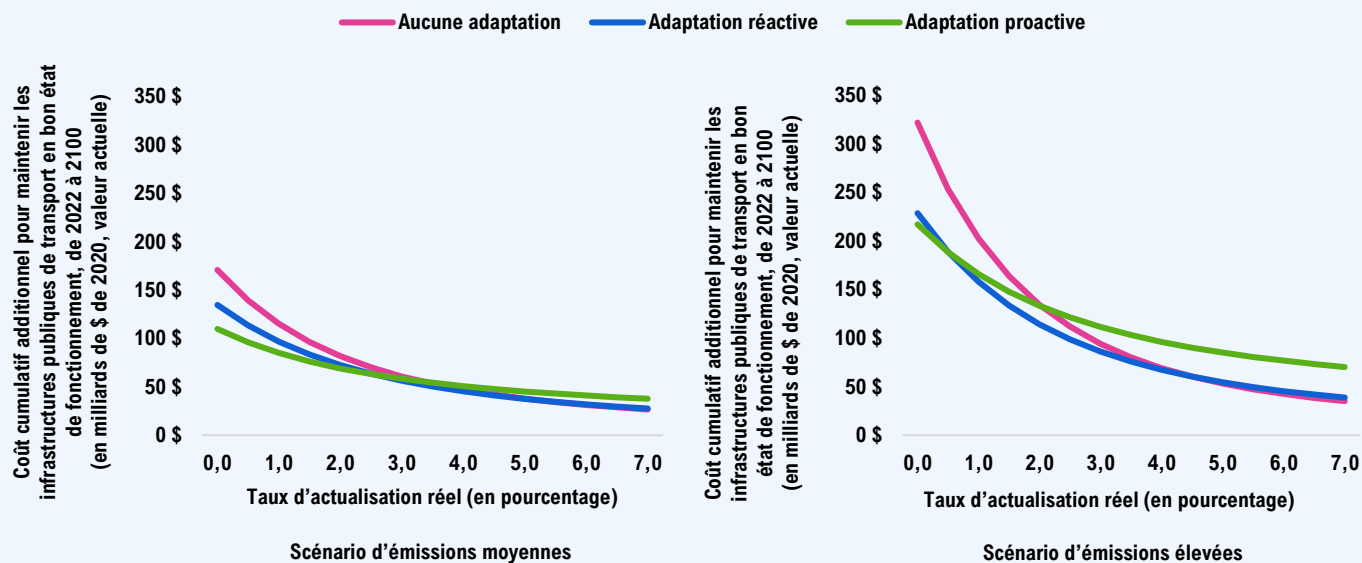
Comme on l'a vu au chapitre 6, le profil des coûts de chaque stratégie de gestion diverge au fil du temps. La stratégie d'*adaptation proactive* présente des coûts plus élevés tôt dans le siècle, tandis que dans les stratégies *aucune adaptation* et *adaptation réactive*, les coûts augmentent considérablement 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'actualisation réel. Une fois actualisés, les coûts engendrés dans le futur ont un poids plus faible par rapport aux coûts engendrés plus tôt.

Le taux d'actualisation approprié pour l'évaluation des décisions financières à long terme concernant le changement climatique fait l'objet de débats vigoureux⁵⁶. Dans un article pour lequel plus de 200 experts ont été consultés, les taux d'actualisation recommandés allaient de 0 à 10 % et la valeur médiane était de 2,3 %. Malgré la variation importante des taux recommandés, plus de 90 % des répondants ont indiqué être à l'aise avec un taux se situant entre 1 % et 3 %⁵⁷.

La Figure E-1 montre comment le choix du taux d'actualisation a un impact sur la valeur actuelle des estimations de coût total pour les projections climatiques médianes.

Figure E-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^e percentile).

Source : BRF.

⁵⁶ Pour une discussion plus détaillée sur l'actualisation, voir [Bush, E. et Lemmen, D.S., rédacteurs, 2019.](#)

⁵⁷ Pour en savoir plus, consulter [Drupp, M., Freeman, M., Groom, B. et Nesje, F., 2015.](#)



La stratégie d'*adaptation proactive* présente la valeur actuelle des coûts la plus basse, avec des taux d'actualisation sous 3,0 % (scénario d'émissions moyennes) et 1,0 % (scénario d'émissions élevées). La stratégie d'*adaptation réactive* présente la valeur actuelle des coûts la plus basse, avec des taux d'actualisation s'établissant entre 3,0 et 5,0 % (scénario d'émissions moyennes) et entre 1,0 % et 4,0 % (scénario d'émissions élevées). Aux taux d'actualisation les plus élevés, la valeur actuelle des coûts de la stratégie *aucune adaptation* et de la stratégie d'*adaptation réactive* sont essentiellement les mêmes, puisque les économies de coûts de la stratégie d'adaptation réactive font l'objet d'une actualisation plus importante aux taux les plus élevés.

Cependant, il convient de faire preuve de prudence lors de la comparaison de la valeur actuelle des coûts des différentes stratégies d'adaptation. Cette comparaison ne tient pas compte des coûts assumés par les ménages et les entreprises lors des interruptions de service d'infrastructure. Par exemple, si une route est endommagée et doit être réparée, cette analyse inclut le coût de ces réparations, mais exclut les « coûts indirects » de la congestion routière assumés par les ménages et les entreprises.

De plus, cette comparaison inclut uniquement les impacts de trois dangers climatiques et en exclut de nombreux autres (comme les feux de forêt et la dégradation du pergélisol). Enfin, 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.



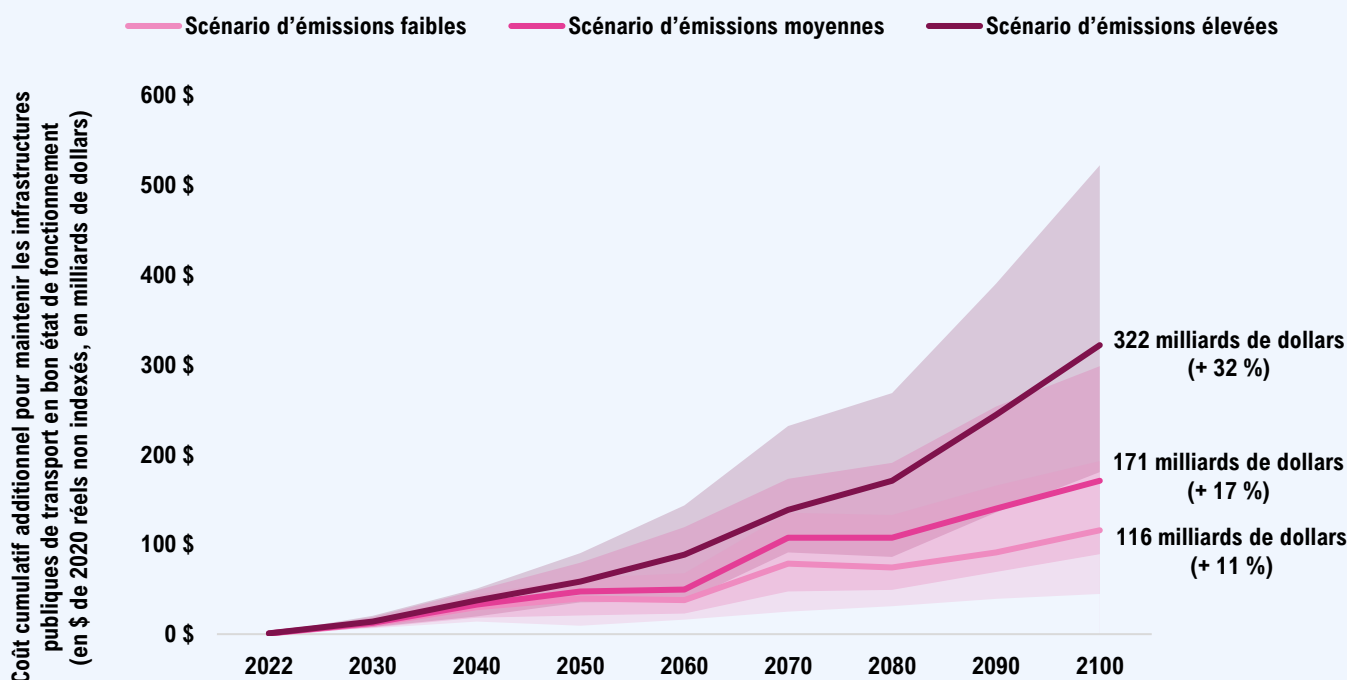
Annexe F : Résultats chiffrés du scénario d'émissions faibles

Ce rapport porte principalement sur les scénarios d'émissions moyennes et élevées, cependant cette annexe 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 déclineraient 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 préindustrielle⁵⁸. Même dans le scénario de faibles émissions, les variations de précipitations extrêmes, de chaleurs extrêmes et de cycles gel/dégel auront des impacts financiers. Pris ensemble, ces dangers pourraient faire augmenter le coût d'entretien des infrastructures publiques de transport de l'Ontario de 116 milliards de dollars (11 % de plus que la valeur de référence) jusqu'à 2100 en l'absence de mesures d'adaptation.

Figure F-1

En l'absence de mesures d'adaptation, le coût d'entretien du parc actuel d'infrastructures publiques de transport augmentera de 116 milliards de dollars dans le scénario d'émissions faibles



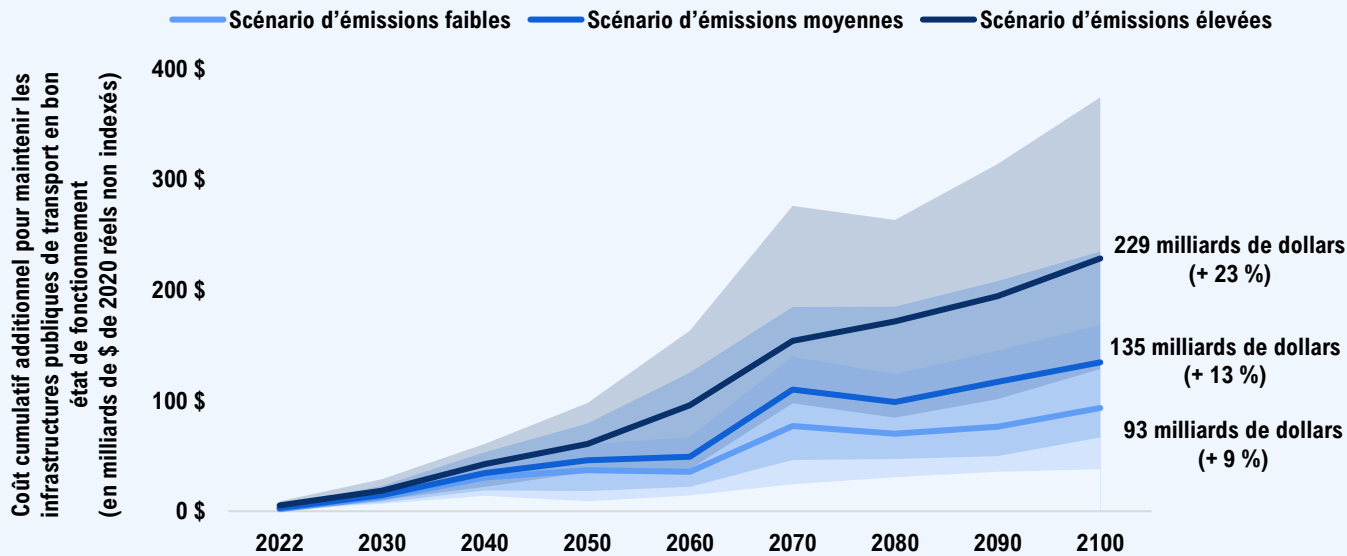
Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période. Source : WSP et BRF.

⁵⁸ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2013, tableau All.7.5. Les plages de températures de surface moyennes mondiales représentent les projections du 5^e centile au 95^e centile des modèles utilisés.



Figure F-2

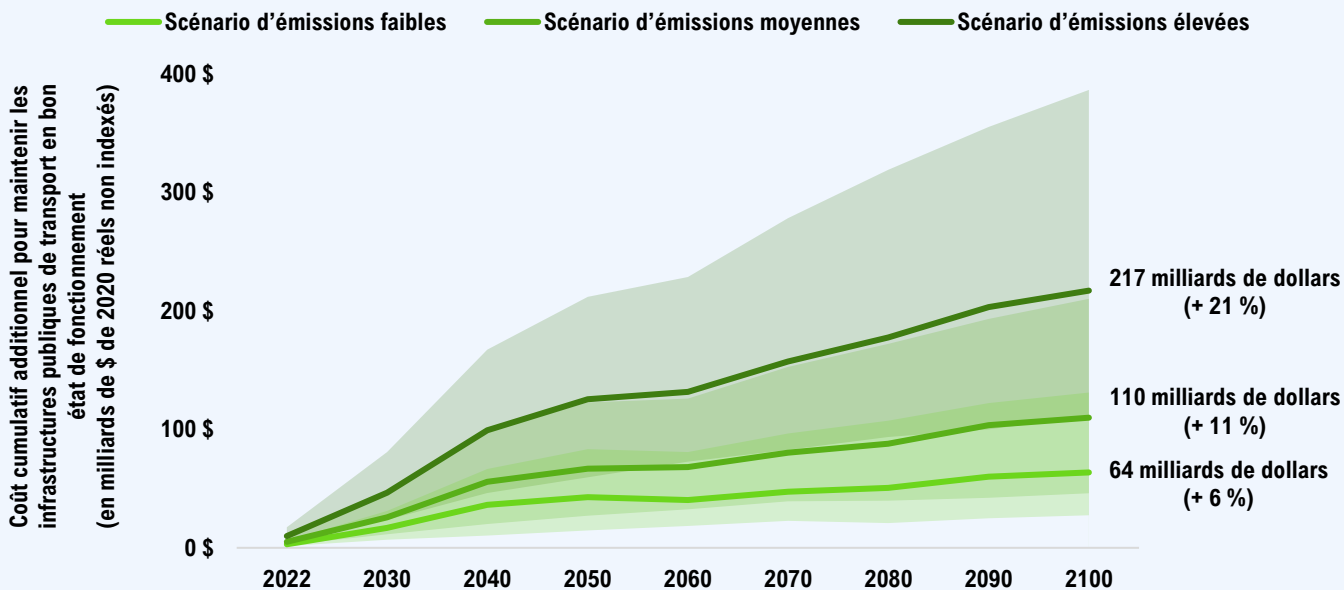
Une stratégie d'*adaptation réactive*, dans laquelle les biens sont adaptés à la fin de leur vie utile afin de pouvoir résister aux impacts des dangers climatiques, ajoutera 93 milliards de dollars en coûts d'infrastructure au cours du siècle selon le scénario basé sur des émissions faibles,



Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période. Source : WSP et BRFP.

Figure F-3

Une stratégie d'*adaptation proactive*, dans laquelle les biens sont adaptés dès que possible afin de pouvoir résister aux impacts des dangers climatiques, ajoutera 64 milliards de dollars en coûts d'infrastructure au cours du siècle selon le scénario basé sur des émissions faibles.



Remarques : La ligne pleine est la projection médiane (ou 50^e percentile). Les bandes colorées représentent la plage de résultats possibles de chaque scénario. Les coûts présentés dans ce graphique s'ajoutent aux coûts de référence projetés sur la même période. Source : WSP et BRFP.

Annexe G : Ventilation des coûts cumulés selon différentes stratégies d'adaptation, par type de bien

Table G-1 : Routes

| Scénario d'émissions | Évaluation | Base | Coûts additionnels cumulés (2022-2100) | | |
|----------------------|----------------|--------|--|--|---|
| | | | Aucune adaptation (En milliards de dollars) | Adaptation réactive (En milliards de dollars) | Adaptation proactive (En milliards de dollars) |
| Moyennes | Faible | 791 \$ | 73 \$ (9 %) | 58 \$ (7 %) | 46 \$ (6 %) |
| | Médiane | | 133 \$ (17 %) | 106 \$ (13 %) | 96 \$ (12 %) |
| | Élevée | | 238 \$ (30 %) | 184 \$ (23 %) | 177 \$ (22 %) |
| Élevée | Faible | | 152 \$ (19 %) | 109 \$ (14 %) | 107 \$ (14 %) |
| | Médiane | | 258 \$ (33 %) | 179 \$ (23 %) | 191 \$ (24 %) |
| | Élevée | | 420 \$ (53 %) | 292 \$ (37 %) | 331 \$ (42 %) |

Table G-2 : Ponts

| Scénario d'émissions | Évaluation | Base | Coûts additionnels cumulés (2022-2100) | | |
|----------------------|----------------|--------|--|--|---|
| | | | Aucune adaptation (En milliards de dollars) | Adaptation réactive (En milliards de dollars) | Adaptation proactive (En milliards de dollars) |
| Moyennes | Faible | 110 \$ | 8 \$ (7 %) | 4 \$ (4 %) | -4 \$ * (-4 %) |
| | Médiane | | 19 \$ (17 %) | 15 \$ (14 %) | 5 \$ (4 %) |
| | Élevée | | 33 \$ (30 %) | 30 \$ (27 %) | 18 \$ (16 %) |
| Élevée | Faible | | 15 \$ (13 %) | 8 \$ (8 %) | -6 \$ * (-5 %) |
| | Médiane | | 35 \$ (31 %) | 28 \$ (25 %) | 9 \$ (8 %) |
| | Élevée | | 53 \$ (48 %) | 47 \$ (43 %) | 29 \$ (26 %) |

*Les coûts de la Stratégie d'adaptation proactive sont inférieurs aux coûts de référence, puisque la diminution des coûts en raison de la réduction des cycles gel/dégel fait plus que compenser l'augmentation des précipitations extrêmes dans ces scénarios.



Table G-3 : Grands ponceaux structurels

| Scénario d'émissions | Évaluation | Base | Coûts additionnels cumulés (2022-2100) | | |
|----------------------|----------------|-------|--|--|---|
| | | | Aucune adaptation (En milliards de dollars) | Adaptation réactive (En milliards de dollars) | Adaptation proactive (En milliards de dollars) |
| Moyennes | Faible | 22 \$ | 4 \$ (18 %) | 4 \$ (17 %) | 3 \$ (14 %) |
| | Médiane | | 11 \$ (48 %) | 9 \$ (42 %) | 6 \$ (29 %) |
| | Élevée | | 16 \$ (73 %) | 14 \$ (65 %) | 10 \$ (46 %) |
| Élevée | Faible | | 7 \$ (34 %) | 7 \$ (32 %) | 6 \$ (27 %) |
| | Médiane | | 18 \$ (80 %) | 15 \$ (69 %) | 11 \$ (49 %) |
| | Élevée | | 31 \$ (139 %) | 26 \$ (120 %) | 17 \$ (78 %) |

Table G-4 : Ingénierie de transport collectif

| Scénario d'émissions | Évaluation | Base | Coûts additionnels cumulés (2022-2100) | | |
|----------------------|----------------|-------|--|--|---|
| | | | Aucune adaptation (En milliards de dollars) | Adaptation réactive (En milliards de dollars) | Adaptation proactive (En milliards de dollars) |
| Moyennes | Faible | 92 \$ | 4 \$ (4 %) | 1 \$ (1 %) | 1 \$ (1 %) |
| | Médiane | | 8 \$ (8 %) | 5 \$ (5 %) | 3 \$ (3 %) |
| | Élevée | | 11 \$ (12 %) | 7 \$ (7 %) | 5 \$ (5 %) |
| Élevée | Faible | | 6 \$ (7 %) | 4 \$ (4 %) | 4 \$ (4 %) |
| | Médiane | | 11 \$ (12 %) | 7 \$ (7 %) | 6 \$ (7 %) |
| | Élevée | | 18 \$ (20 %) | 9 \$ (10 %) | 9 \$ (10 %) |

Remarque : Les estimations faibles correspondent à l'impact optimiste sur les coûts d'infrastructure pour les projections climatiques du 10^e percentile et l'estimation élevée correspond à l'impact pessimiste sur les coûts d'infrastructure pour les projections climatiques du 90^e percentile.

Source : BRF.

8 | Bibliographie

- Asset Management BC, *Climate Change and Asset Management: A Sustainable Service Delivery Primer*.
- Bush, E. et Lemmen, D.S., rédacteurs, 2019, Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux – *Chapitre 6: Coûts liés aux impacts des changements climatiques et aux mesures d'adaptation*, gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario.
- Association canadienne de normalisation, 2014, *Code canadien sur le calcul des ponts routiers*.
- 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.
- Chinowsky, P., Helman, J., Gulati, S., Neumann, J., et Martinich, J., 2019, *Impacts of climate change on operation of the US rail network*. Transport Policy (75), 183-191.
- Drupp, M., Freeman, M., Groom, B., et Nesje, F., 2015, *Discounting disentangled: an expert survey on the determinants of the long-term social discount rate*. Document de travail 172. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science, Londres, Royaume-Uni.
- Fédération Canadienne des municipalités, 2020, *Investir dans l'avenir du Canada : le coût de l'adaptation au changement climatique*.
- Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2020, *L'infrastructure provinciale*.
- Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021a, *L'infrastructure municipale*.
- Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario, 2021b, *ICIP : Fiche d'information et méthodologie du projet*.
- 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*
- Gouvernement du Canada, 2019, Infrastructure Canada, *Optique des changements climatiques*.
- Gouvernement du Canada, 2021, Ressources naturelles Canada, *Plateforme canadienne d'adaptation aux changements climatiques*.
- Gouvernement du Canada, 2022, Infrastructure Canada, *Initiative sur les immeubles résilients aux changements climatiques et les infrastructures publiques de base*.
- HDR, 2008, *Costs of Road Congestion in the Greater Toronto and Hamilton Area: Impact and Cost Benefit Analysis of the Metrolinx Draft Regional Transportation Plan*. Rapport rédigé pour Metrolinx.
- Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 2020, *Estimating the benefits of Climate Resilient Buildings and Core Public Infrastructure (CRBCPI)*.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Annex II: Climate System Scenario Tables*.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Chapter 17: Economics of Adaptation*.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014, *AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014*.



- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers*.
- 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*.
- Meyer, M.D., Amekudzi, A., et O'Har, J.P., 2010, *Transportation asset management systems and climate change: adaptive systems management approach*. Transportation Research Record, (2160), 12-20.
- Ness, R., Clark, D. G., Bourque, J., Coffman, D., et Beugin, D., 2021, *Submergés : Les coûts des changements climatiques pour l'infrastructure au Canada*, L'institut climatique du Canada.
- Neumann, J.E., Chinowsky, P., Helman, J. et coll., 2021, *Climate effects on US infrastructure: the economics of adaptation for rail, roads, and coastal development*. *Climatic Change* (167), 44.
- Ministère des Transports de l'Ontario, 2017, *Addressing Climate Change through Engineering Practice*.
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 2018, *Climate-Resilient Infrastructure*.
- Pacific Climate Impacts Consortium, 2021, *PCIC Science Brief: Should the RCP 8.5 emissions scenario represent "business as usual?"*.
- Palko, K. et Lemmen, D.S., rédacteurs, 2017, *Risques climatiques et pratiques en matière d'adaptation pour le secteur canadien des transports 2016*.
- Transports Canada, 2021, *Projets financés par l'Initiative d'adaptation des transports dans le Nord*.
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), 2021, *Bâtiments et adaptation au changement climatique : un appel à l'action*.
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 2011, *Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options: An Overview of Approaches*.
- Warren, F.J. et Lemmen, D.S., rédacteurs, 2014, *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, gouvernement du Canada.
- Warren, F. et Lulham, N., rédacteurs, 2021, *Le Canada dans un climat en changement : Rapport sur les enjeux nationaux*, gouvernement du Canada.
- WSP, 2021, *Costing climate change impacts and adaptation for provincial and municipal public infrastructure in Ontario, Deliverable #10 – Final Report*, Toronto, Ontario. Rapport rédigé pour le Bureau de la responsabilité financière de l'Ontario.



BRF

BUREAU DE LA RESPONSABILITÉ
FINANCIÈRE DE L'ONTARIO

fao-on.org