



## 2 · Synthèse

# CHAPITRE 2 : SYNTHÈSE

## AUTEUR PRINCIPAL :

KATHY PALKO<sup>1</sup>

## NOTATION BIBLIOGRAPHIQUE RECOMMANDÉE :

Palko, K. (2017). Synthèse. Dans K. Palko et D.S. Lemmen (Éds.), *Risques climatiques et pratiques en matière d'adaptation pour le secteur canadien des transports 2016* (pp. 13-30). Ottawa (ON) : Gouvernement du Canada.

---

<sup>1</sup> Transports Canada, Ottawa (ON)

Le transport joue un rôle névralgique dans les déplacements des marchandises et des personnes. Au Canada, soutenant tous les secteurs de l'économie ainsi que la qualité de vie des Canadiens. Les impacts des changements climatiques et des événements météorologiques extrêmes présentent à la fois des risques et des occasions en ce qui concerne les infrastructures et les activités liées au transport. La façon dont les Canadiens s'adapteront aux changements climatiques jouera un rôle crucial pour assurer la prospérité durable de notre pays.

La présente synthèse résume les constatations de sept chapitres fondamentaux du rapport *Risques climatiques et pratiques en matière d'adaptation pour le secteur canadien des transports 2016*, et présente des exemples d'impacts climatiques régionaux, les impacts propres à certains modes de transport (p. ex., transport routier, ferroviaire, maritime, aérien et systèmes de transport urbain), ainsi que les approches en matière d'adaptation mises en œuvre dans l'ensemble du Canada. (Les références des exemples présentés dans ce chapitre apparaissent tout au long du rapport.)

Voici les conclusions de haut niveau tirées du rapport :

- **Les infrastructures de transport sont essentielles au commerce intérieur et international du Canada, sont vulnérables aux perturbations et aux dommages causés par les changements climatiques et les événements météorologiques extrêmes, et cette situation pose des risques pour les autres secteurs de l'économie.** Des études en cours visent à mieux comprendre ces vulnérabilités, et des mesures d'adaptation sont mises en œuvre afin de réduire les impacts futurs. Les chapitres sur les régions présentent les détails d'initiatives visant le réseau des Grands Lacs Voie maritime du Saint-Laurent, l'isthme de Chignecto (systèmes routier et ferroviaire), le Port Metro Vancouver, le port de Saint John et d'autres infrastructures liées au commerce.
- **Les perturbations et les retards dus aux conditions climatiques liés aux déplacements des passagers pourraient survenir plus souvent à l'avenir.** Ces événements peuvent causer l'isolement temporaire des collectivités éloignées des régions nordiques dont la desserte dépend d'une seule route ou d'un seul aéroport, et causer des dommages coûteux et perturber les déplacements dans les grandes régions urbaines. Les redondances dans les systèmes de transport (qui offrent plusieurs modes de transport) sont une façon de réduire ces impacts.
- **Les systèmes de transport du Nord subissent certains des impacts les plus importants dus au réchauffement, et les températures continueront d'augmenter au Nord plus rapidement que dans toute autre région au Canada.** La dégradation du pergélisol (dégel) a causé des dommages aux routes, aux voies ferroviaires de même qu'aux voies de circulation et aux pistes d'aéroports, et continuera à présenter des risques pour la sécurité et l'efficacité et pour les budgets d'entretien liés au transport dans le Nord. Les périodes d'ouverture et les capacités de fonctionnement de certaines routes d'hiver (routes de glace) ont également diminué au cours des dernières années, entraînant le besoin d'offrir d'autres méthodes de transport.
- **Les changements climatiques devraient offrir des possibilités pour le secteur canadien du transport.** Les avantages potentiels comprennent la prolongation des saisons de navigation maritime et de la construction, des besoins réduits en matière d'entretien hivernal, une efficacité opérationnelle accrue du transport ferroviaire et une efficacité énergétique accrue pour tous les modes. Par ailleurs, la fonte des glaces de mer ouvre lentement les eaux arctiques à de nouvelles routes de navigation; cependant, la mobilité accrue de la glace de mer en été ainsi que l'augmentation de l'érosion côtière et des inondations causées par les ondes de tempête présentent des difficultés constantes pour l'expédition, l'exploration et pour les infrastructures côtières associées.
- **Les approches réactives de gestion des risques climatiques (p. ex., en réponse à des impacts ou à des événements passés) sont communes dans le secteur canadien du transport.** Parallèlement, il est possible de relever des exemples dans toutes les régions et pour tous les modes de transport de mesures qui sont adoptées en prévision des conditions climatiques futures. De nombreux propriétaires et exploitants du secteur public et du secteur privé ont adapté leurs activités en

fonction des enquêtes et des leçons apprises à la suite d'événements passés liés aux conditions météorologiques. De plus en plus, les décideurs du secteur du transport adoptent la planification proactive.

- **De plus en plus, les décideurs du secteur du transport adoptent une approche de gestion des risques afin de réduire les risques liés au climat pour leurs infrastructures et leurs activités.** Un éventail de pratiques particulières sont utilisées pour améliorer la résilience climatique des systèmes de transport, y compris l'intégration des considérations climatiques dans la planification organisationnelle, les changements dans les stratégies et la conception; l'évaluation des risques et de la vulnérabilité; les adaptations structurelles et physiques et les technologies intelligentes; et les changements dans les opérations et l'entretien.

## RISQUES CLIMATIQUES RÉGIONAUX

Malgré les variations considérables qui existent dans le climat canadien, les systèmes de transport dans l'ensemble du pays partagent un grand nombre des mêmes risques climatiques; les praticiens peuvent donc tirer bénéfice de l'expérience des uns et des autres. Les risques communs à toutes les régions comprennent des événements météorologiques extrêmes (en particulier les précipitations abondantes) ainsi que des températures extrêmes et des alternances thermiques. Des événements extrêmes ont touché les collectivités dans l'ensemble du pays, y compris les grands centres urbains, entraînant des milliards de dollars en pertes liées aux catastrophes. Les provinces et les territoires côtiers sont confrontés à des risques communs liés aux inondations causées par les ondes de tempête, aux variations du niveau de la mer et à l'érosion côtière. Les régions nordiques du Canada, y compris les trois territoires et le nord de certaines provinces, sont toutes confrontées à des risques liés au dégel du pergélisol.

Des exemples d'impacts passés sur le système de transport de chaque région causés par les changements climatiques et des événements extrêmes sont représentés dans la figure 1. Ces impacts sont typiques des nombreux risques, mais pas tous ceux auxquels ces régions seront confrontées.

**Figure 1. Des exemples d'impacts passés sur le système de transport de chaque région causés par les changements climatiques et des événements extrêmes.** (Sources : Ontario - Déchargement du Arthur M. Anderson à Huron dans l'État d'Ohio, le 29 novembre 2008, par Zars<sup>2</sup>/CC BY-SA 3.0, de Wikimedia Commons; Communautés urbaines- Frank Frigo, ville de Calgary; les sources des autres photos sont indiquées dans d'autres chapitres)



## IMPACTS PARTICULIERS À CHAQUE MODE

À l'instar des risques climatiques régionaux, les quatre grands modes de transport canadiens, à savoir le transport routier, ferroviaire, maritime et aérien, partagent de nombreux risques communs pour leurs infrastructures et leurs activités. En outre, en raison de l'intégration des modes de transport et de leur proximité physique les uns aux autres, les impacts climatiques qui affectent négativement un mode de transport ont tendance à avoir des impacts négatifs sur les autres. Par exemple, la Colombie-Britannique a connu de nombreuses défaillances simultanées et séquentielles des routes et des lignes de chemin de fer, qui longent souvent des rivières et parcourent souvent des corridors montagneux.

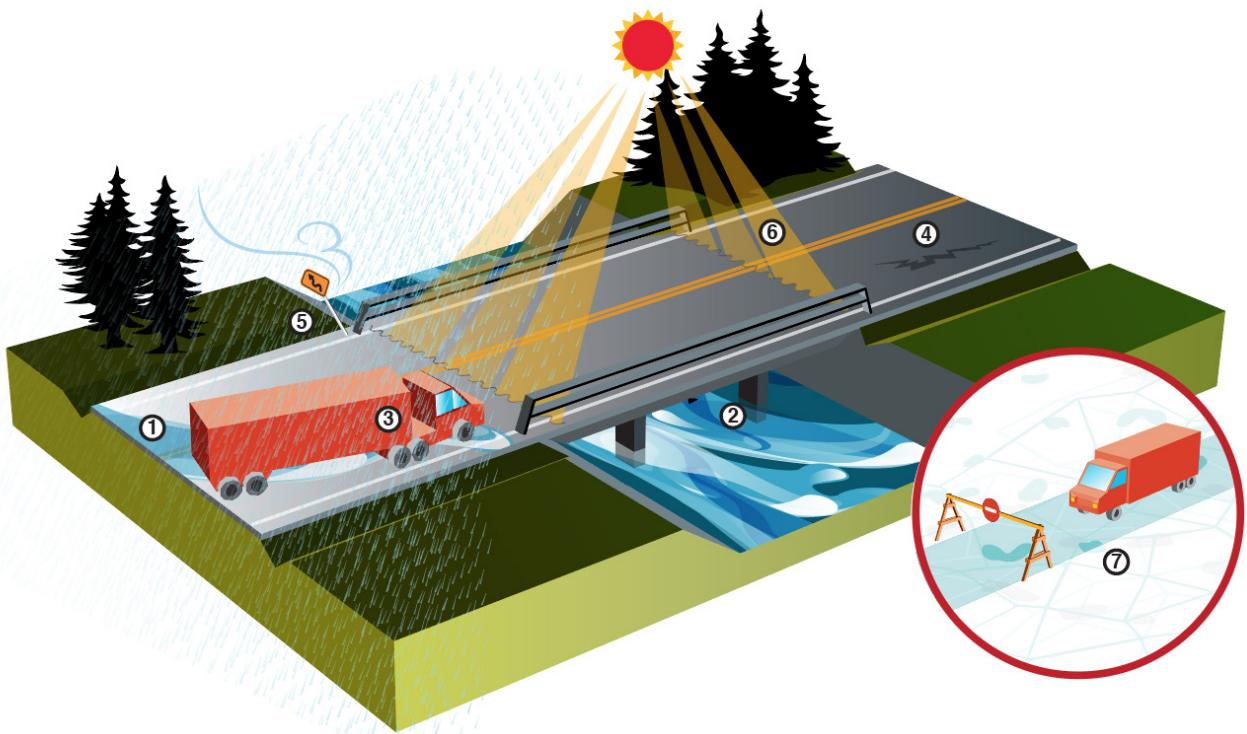
2 <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AMAnderson.jpg>

Chaque mode de transport est également confronté à des risques qui lui sont propres. Les sections cidessous décrivent quelquesunes des façons dont le climat et les conditions météorologiques perturbent les systèmes urbains canadiens de transport routier, ferroviaire, maritime et aérien à la lumière des constatations du présent rapport. (Note : Les dessins sont pour fins d'illustration seulement et ne sont pas destinés à être techniquement exacts.)

## TRANSPORT ROUTIER

Les impacts liés au climat et aux conditions météorologiques sur le transport routier (figure 2) peuvent compromettre la sécurité et l'efficacité, perturber les activités et augmenter les coûts d'entretien et de fonctionnement. Les changements prévus dans certaines variables climatiques peuvent également fournir des avantages pour le transport routier. Par exemple, les températures hivernales plus douces peuvent donner lieu à une plus grande efficacité énergétique des véhicules, à des saisons de construction prolongées et à des besoins d'entretien hivernal réduits.

**Figure 2 : Comprendre comment le climat et les conditions météorologiques peuvent affecter le transport routier.** (Illustration créée par [www.soaringtortoise.ca](http://www.soaringtortoise.ca))



**Tableau 1 : Exemples d'impacts directs de divers facteurs climatiques sur le transport routier.**

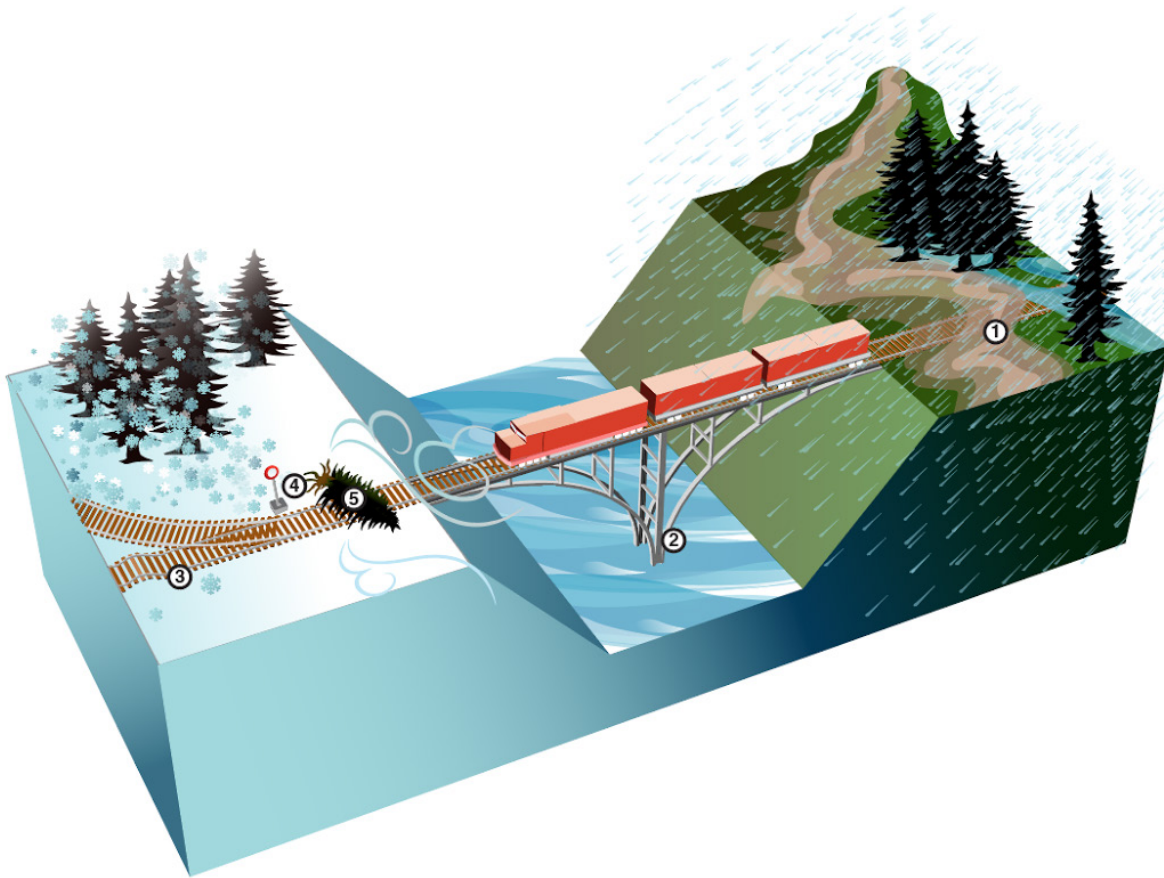
| EXEMPLES D'IMPACTS CLIMATIQUES SUR LE TRANSPORT ROUTIER   | FACTEURS CLIMATIQUES   |
|---|--|
| ① <b>Inondation, dommages et affouillement des routes et des ponts</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (pluies intenses) et eaux stagnantes, glissements de terrain, coulées de boue, inondations résultant d'embâcles et débris d'inondations associés</li> <li>• Ondes de tempête et hausse du niveau de la mer dans les zones côtières</li> </ul>   |
| ② <b>Affouillement des ponts<sup>1</sup></b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (pluies intenses, érosion résultant d'inondations)</li> </ul>   |
| ③ <b>Traction et stabilité réduites des véhicules; problèmes de visibilité</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes</li> <li>• Pluie verglaçante</li> <li>• Vents violents (y compris la poudrerie)</li> </ul>  |
| ④ <b>Dommages et détérioration des routes</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Températures élevées (ramollissement, orniérage, ressuage et remontée de la chaussée)</li> <li>• Cycles de gel et de dégel (déformation, cisaillement, détérioration de la chaussée)</li> <li>• Réchauffement et dégel du pergélisol (tassement du sol, instabilité de pente, problèmes de drainage, fissuration)</li> <li>• Précipitations extrêmes (remblais affaiblis, dépressions)</li> </ul> |
| ⑤ <b>Dommages aux structures routières (y compris la signalisation et les feux de circulation); obstructions (p. ex., lignes électriques et arbres tombés), fermetures de ponts</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vents forts</li> <li>• Précipitations extrêmes</li> <li>• Pluie verglaçante</li> </ul>  |
| ⑥ <b>Expansion thermique des joints de pont pouvant entraîner la dilatation</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Températures élevées</li> </ul>   |
| ⑦ <b>Intégrité réduite des routes d'hiver; périodes d'ouverture raccourcies</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse des températures</li> </ul>  |

<sup>1</sup> Affouillement fait référence à l'érosion des sédiments à la base des piliers de pont, des piles et d'autres structures sous-marines

## TRANSPORT FERROVIAIRE

À l'instar du transport routier, la sécurité, l'efficacité et la fiabilité du transport ferroviaire peuvent être compromises par les impacts climatiques illustrés à la figure 3. Les précipitations extrêmes et les ondes de tempête peuvent causer des affaissements, alors que la dégradation du pergélisol et les températures extrêmes peuvent entraîner la réduction de la vitesse des trains et des déraillements. Parallèlement, les températures hivernales plus douces projetées pour l'ensemble du Canada peuvent atténuer les problèmes mécaniques et les problèmes causés aux voies ferroviaires par le froid extrême.

**Figure 3 : Comprendre comment le climat et les conditions météorologiques peuvent affecter le transport ferroviaire.** (Illustration créée par [www.soaringtortoise.ca](http://www.soaringtortoise.ca))





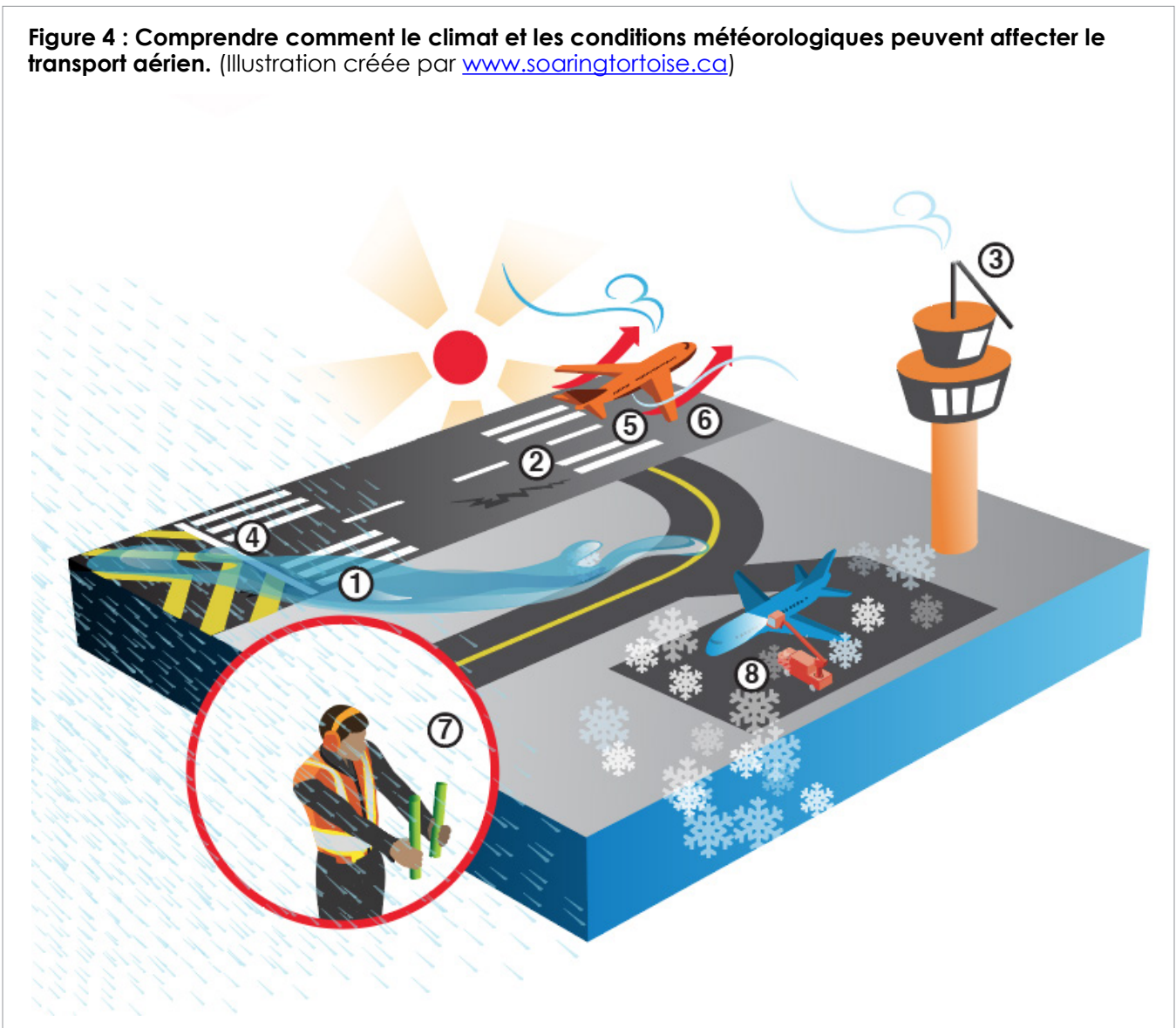
**Tableau 2 : Exemples d'impacts directs de divers facteurs climatiques sur le transport ferroviaire.**

| EXEMPLES D'IMPACTS CLIMATIQUES SUR LE TRANSPORT FERROVIAIRE   | FACTEURS CLIMATIQUES  |
|---|---|
| ① <b>Inondation, affouillement et obstruction des voies ferrées, des remblais, des ponts et des ponceaux; inondation des tunnels au-dessous du sol</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (pluies intenses) et eaux stagnantes, glissements de terrain, coulées de boue, éboulements rocheux, et débris d'inondations et inondations résultant d'embâcles</li> <li>• Ondes de tempête et hausse du niveau de la mer dans les zones côtières</li> </ul> |
| ② <b>Affouillement des ponts ferroviaires et endommagement des structures de ponts causé par les embâcles</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (pluies intenses, érosion résultant d'inondations)</li> </ul>  |
| ③ <b>Gauchissement des rails</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dégel du pergélisol</li> <li>• Chaleur extrême ou de grandes variations de température</li> </ul>  |
| ④ <b>Bris des rails et dysfonctionnements et défaillances de l'équipement (peut comprendre des roues brisées, efficacité réduite des freins, gel des aiguillages)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Froid extrême</li> </ul>   |
| ⑤ <b>Dommmages à l'équipement de signalisation, entraves sur la voie ferrée ((p. ex., lignes électriques et arbres tombés), renversement de wagon</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vents forts</li> <li>• Précipitations extrêmes</li> <li>• Pluie verglaçante</li> </ul>   |

## TRANSPORT AÉRIEN

Bon nombre des impacts sur le transport aérien illustrés à la figure 4 peuvent occasionner des retards des vols, des déroutements et des annulations. Peu d'accidents sont causés par les conditions climatiques en l'absence d'autres facteurs. Les systèmes d'atterrissage aux instruments et d'autres innovations permettent aux aéronefs de voler en toute sécurité dans des conditions météorologiques difficiles, et les avions sont maintenus au sol lorsque les conditions sont considérées comme dangereuses. Les risques climatiques pour l'infrastructure aéroportuaire tendent à présenter de plus grands défis pour les petits aéroports canadiens qui ne disposent pas des mêmes technologies et ressources que les grands aéroports.

**Figure 4 : Comprendre comment le climat et les conditions météorologiques peuvent affecter le transport aérien.** (Illustration créée par [www.soaringtortoise.ca](http://www.soaringtortoise.ca))

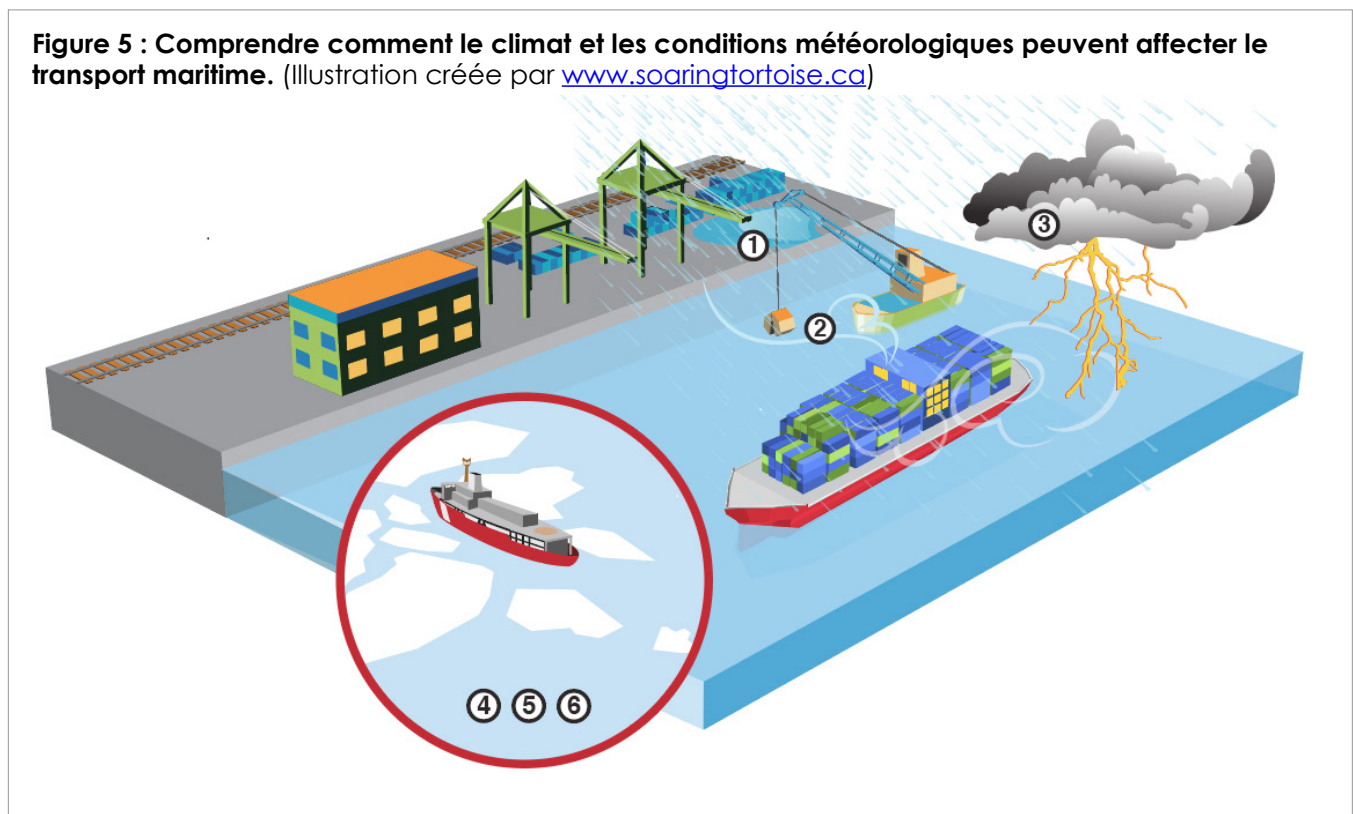


**Tableau 3 : Exemples d'impacts directs de divers facteurs climatiques sur le transport aérien.**

| EXEMPLES D'IMPACTS CLIMATIQUES SUR LE TRANSPORT AÉRIEN   | FACTEURS CLIMATIQUES  |
|--|---|
| ① <b>Inondation des pistes et des voies de circulation, et dommages aux structures et équipements aéroportuaires</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (pluies intenses) et eaux stagnantes</li> <li>• Ondes de tempête et hausse du niveau de la mer dans les zones côtières</li> </ul>  |
| ② <b>Dommages aux pistes et aux voies de circulation</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Températures élevées (ramollissement de la chaussée, orniérage, ressuage et remontée de la chaussée)</li> <li>• Cycles de gel et de dégel (déformation, cisaillement, détérioration de la chaussée)</li> <li>• Réchauffement et dégel du pergélisol (tassement du sol, instabilité de pente, problèmes de drainage, fissuration)</li> <li>• Précipitations extrêmes (remblais affaiblis, dépressions)</li> </ul> |
| ③ <b>Dommages aux terminaux et à l'équipement de navigation</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vents forts</li> <li>• Précipitations extrêmes</li> </ul>  |
| ④ <b>Traction réduite des pistes</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes</li> <li>• Pluie verglaçante</li> </ul>  |
| ⑤ <b>Portance réduite des avions au décollage (les avions nécessitent plus de carburant ou doivent être plus légers)</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Températures élevées extrêmes</li> </ul>   |
| ⑥ <b>Atterrissage ou décollage impossible</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brouillard extrême (faible visibilité)</li> <li>• Vent (forts vents latéraux ou arrière affectent certaines pistes)</li> </ul>   |
| ⑦ <b>Impacts opérationnels (dysfonctionnement et panne de l'équipement, problème de santé et de sécurité au travail)</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Températures extrêmes (chaleur et froids extrêmes)</li> </ul>  |
| ⑧ <b>Utilisation accrue de produits déglaçant sur les pistes</b><br><b>Utilisation accrue de produits de dégivrage et antigivrage sur les aéronefs</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Changements des conditions de précipitations</li> </ul>  |

## TRANSPORT MARITIME

Les impacts illustrés à la figure 5 peuvent perturber le transport maritime et compromettre l'efficacité des activités portuaires et maritimes. Par exemple, la baisse des niveaux d'eau dans les voies navigables intérieures peut réduire le rapport coût/efficacité du transport maritime en diminuant la capacité de charge des navires et causer une préférence accrue pour d'autres ports ou d'autres modes de transport. Les dangers pour la navigation maritime liés au changement des conditions des glaces et des tempêtes peuvent poser des risques pour la sécurité. Les ports situés le long des côtes canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique sont soumis à des impacts causés par la hausse du niveau de la mer et l'augmentation des ondes de tempête, et certains peuvent aussi être vulnérables à l'érosion côtière. Le réchauffement des températures peut offrir des possibilités pour le transport maritime, y compris une plus longue saison d'exploitation et l'ouverture potentielle de routes maritimes dans les eaux arctiques; toutefois, ces possibilités sont tempérées par les défis pour la navigation et la sécurité posés par la glace de mer mobile durant l'été et la glace plus ancienne et épaisse.



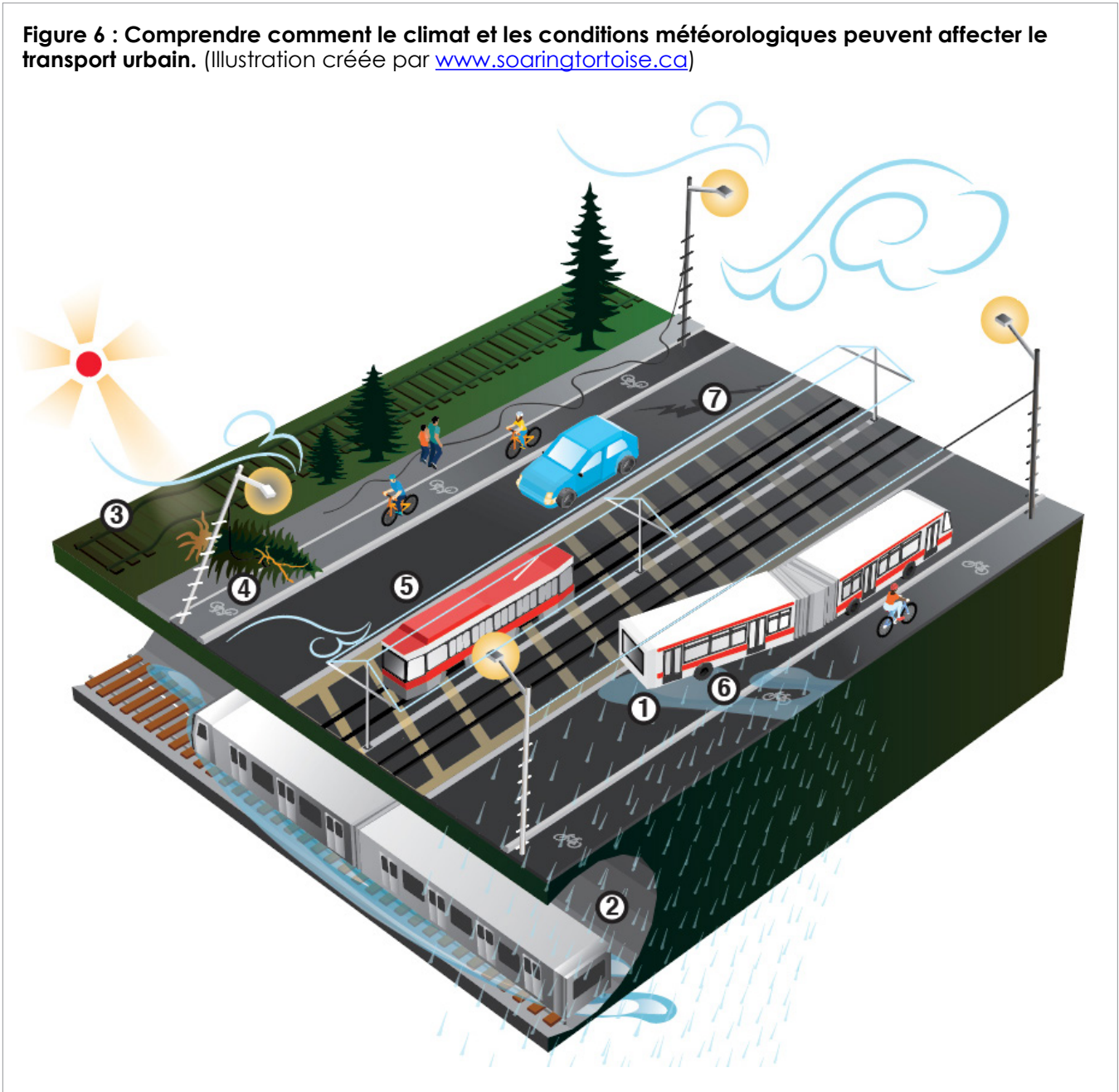
**Tableau 4 : Exemples d'impacts directs de divers facteurs climatiques sur le transport maritime.**

| EXEMPLES D'IMPACTS CLIMATIQUES SUR LE TRANSPORT MARITIME                        | FACTEURS CLIMATIQUES   |
|---|--|
| ① <b>Inondation ou dommages aux installations portuaires</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (pluies intenses) et eaux stagnantes</li> <li>• Ondes de tempête et hausse du niveau de la mer, érosion dans les zones côtières</li> <li>• Pluie verglaçante (dommages causés par l'affouillement par la glace aux structures portuaires et aux aides visuels à la navigation)</li> <li>• Faibles niveaux d'eau (dommages et détérioration accélérée des infrastructures exposées)</li> </ul>                     |
| ② <b>Accès réduit ou accru aux ports; besoins de dragage</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hausse des niveaux de la mer (p. ex., dans les provinces maritimes et en Colombie Britannique) permettant l'accès à des navires plus lourds (tirants d'eau accrus)</li> <li>• Niveaux d'eau élevés empêchant le passage des navires sous les ponts</li> <li>• Baisse des niveaux de la mer (p. ex., dans la baie d'Hudson) et des niveaux d'eau douce (p. ex., dans les Grands Lacs) empêchant l'accès aux navires plus lourds</li> </ul> |
| ③ <b>Dangers liés à la navigation – tempêtes et événements de vent (vagues)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mouvement des vagues (manœuvre des navires difficiles)</li> <li>• Fonte des glaces de mer (les eaux libres accentuent l'impact des tempêtes et des événements de vent)</li> </ul>   |
| ④ <b>Dangers liés à la navigation – détachement des glaces de mer</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonte des glaces (glaces de mer à la dérive dans des zones inattendues)</li> </ul>  |
| ⑤ <b>Saison de navigation prolongée ou raccourcie</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Débâcles précoces des glaces, saisie des glaces retardée (saison de navigation prolongée); débâcles tardives des glaces, saisie précoce des glaces (saison raccourcie)</li> </ul>   |
| ⑥ <b>Nouvelles occasions pour le transport maritime</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonte des glaces de mer (créant des eaux libres dans des endroits où la navigation était impossible)</li> </ul>   |

## TRANSPORT URBAIN

Les impacts sur les systèmes de transport urbain (figure 6) comprennent plusieurs des mêmes problèmes et des occasions recensés pour les systèmes de transport routier et ferroviaire dans les sections cidessus. Les risques touchant aux systèmes urbains en particulier sont liés aux systèmes de transport souterrains et aux systèmes électriques. Les transitions entre les modes de transport de passagers causées par les conditions météorologiques sont également plus présentes dans le contexte urbain. Par exemple, les températures et les précipitations extrêmes de même que les vents forts contribuent tous à réduire le pourcentage de déplacements effectués par la marche ou le vélo.

**Figure 6 : Comprendre comment le climat et les conditions météorologiques peuvent affecter le transport urbain.** (Illustration créée par [www.soaringtortoise.ca](http://www.soaringtortoise.ca))



**Tableau 5 : Exemples d'impacts directs de divers facteurs climatiques sur le transport urbain.**

| EXEMPLES D'IMPACTS CLIMATIQUES SUR LE TRANSPORT URBAIN   | FACTEURS CLIMATIQUES  |
|--|---|
| ① <b>Inondation, dommages, et affouillement des infrastructures de surface (p. ex., les ponceaux, les routes, les trottoirs et les pistes cyclables)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (pluies intenses), problèmes de drainage, et inondations causées par les embâcles connexes</li> <li>• Ondes de tempête et hausse du niveau de la mer dans les zones côtières</li> </ul>  |
| ② <b>Inondation des systèmes de transport souterrains (p. ex., les tunnels de métro)</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes (surcharge des systèmes de drainage)</li> <li>• Froid extrême (bris des conduites d'eau)</li> </ul>  |
| ③ <b>Gauchissement des rails</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaleur extrême ou de grandes variations de température</li> </ul>   |
| ④ <b>Dommages aux feux de circulation, à la signalisation; affaissement de lignes électriques; arbres entravant les routes</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vents forts</li> <li>• Précipitations extrêmes</li> <li>• Pluie verglaçante</li> </ul>   |
| ⑤ <b>Perte de courant (fils électriques aériens pour les tramways et les trolleys; feux de circulation)</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes</li> <li>• Vents forts</li> <li>• Pluie verglaçante</li> <li>• Chaleur extrême</li> </ul>  |
| ⑥ <b>Traction et stabilité réduites des véhicules; problèmes de visibilité</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Précipitations extrêmes</li> <li>• Pluie verglaçante</li> <li>• Vents violents (y compris la poudrerie)</li> </ul>   |
| ⑦ <b>Dommages et détérioration des routes et des ponts</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Températures élevées (ramollissement de la chaussée, orniérage, ressuage et remontée de la chaussée)</li> <li>• Cycles de gel et de dégel (déformation, cisaillement, détérioration de la chaussée)</li> <li>• Réchauffement et dégel du pergélisol (tassement du sol, instabilité de pente, problèmes de drainage, fissuration)</li> <li>• Précipitations extrêmes (remblais affaiblis, dépressions, affouillement de ponts)</li> </ul> |

## APPROCHES EN MATIÈRE D'ADAPTATION

Les propriétaires et les opérateurs de systèmes de transport utilisent une variété d'approches différentes pour atténuer les risques climatiques, y compris :

- **Intégration des considérations climatiques dans la planification, les politiques et les conceptions organisationnelles** – Il s'agit de la pratique consistant à prendre systématiquement en considération les risques climatiques dans les exigences et les plans organisationnels globaux.
- **Réalisation d'évaluations des risques et de la vulnérabilité** – Processus consistant à évaluer la vulnérabilité des infrastructures et des activités de transport aux changements climatiques et les risques associés. Les résultats peuvent orienter les décisions en matière d'investissements et les décisions opérationnelles.
- **Mise en œuvre de mesures d'adaptations structurelles et physiques (ingénierie)** – Des solutions qui améliorent la résilience physique des réseaux de transport ou des composantes de l'infrastructure. Dans certains cas, les adaptations structurelles font partie de stratégies et de programmes globaux d'adaptation au climat.
- **Intégration de technologies intelligentes** – Technologies et outils de surveillance et de communication; ceux-ci fournissent des données climatiques et météorologiques pour soutenir la prise de décision en matière d'adaptation et permettent un suivi en temps réel de l'état des actifs.
- **Modification des pratiques relatives aux activités et à l'entretien** – Ce type d'approches est souvent moins coûteux à mettre en œuvre.

Des exemples de chacune de ces approches en matière d'adaptation sont présentés cidessous (tableau 6) en fonction des constatations du présent chapitre. La liste présente des exemples concrets de mesures d'adaptation mises en œuvre dans l'ensemble du Canada.

**Tableau 6 : Exemples d'approches en matière d'adaptation recensées dans le présent rapport**

| Activités d'adaptation   | Chapitre de référence             |
|--|-----------------------------------|
| <b>Planification, politiques et conceptions organisationnelles</b>   |                                   |
| Le ministère des Transports et de l'Infrastructure de la C.B. exige maintenant que les travaux de conception d'infrastructure tiennent compte de l'adaptation aux changements climatiques, et a élaboré un ensemble de pratiques exemplaires théoriques.                   | Colombie-Britannique              |
| TransLink, l'autorité de transport régional de Vancouver, a intégré la responsabilité pour les risques liés aux changements climatiques dans ses processus de gestion financière.  | Urbain                            |
| Les plans de modernisation à long terme du port Saint John tiennent compte de la hausse du niveau de la mer.   | Atlantique                        |
| Certaines administrations, comme la ville de SeptÎles, utilisent les exigences en matière de zonage pour contrôler l'utilisation des terres côtières, et réalisent des analyses coûtsavantages pour les structures menacées.   | Québec                            |
| Plusieurs administrations mettent à jour les périodes de retour et les débits conceptuels pour les réseaux de gestion des eaux pluviales, y compris les ponceaux, pour tenir compte de la fréquence ou de l'ampleur accrue des épisodes futurs de précipitations intenses. | Prairies<br>Ontario<br>Atlantique |



| Activités d'adaptation  | Chapitre de référence                                     |
|---|---|
| <b>Adaptations structurelles et physiques (ingénierie)</b>  |   |
| Le ministère des Transports du Nouveau Brunswick a reconstruit et soulevé un pont sur la route principale menant à Pointe du Chêne pour tenir compte des futurs scénarios de hausse du niveau de la mer.  | Atlantique  |
| Le ministère des Transports du Québec a surdimensionné le diamètre des ponceaux de 10 % pour aider la gestion des événements de précipitations abondantes.  | Québec  |
| L'aéroport Norman Wells et l'aéroport international d'Ottawa ont rainuré leurs pistes afin d'améliorer la traction et le drainage lors de précipitations abondantes.  | Nord<br>Ontario   |
| Les praticiens de transport mettent en œuvre et testent diverses techniques d'ingénierie comme les thermosiphons pour réduire le dégel du pergélisol sous les infrastructures, et utilisent des technologies de fibre optique pour surveiller la dégradation du pergélisol.   | Nord<br>Québec  |
| Le système « SuperPave » est utilisé pour les routes de l'Ontario afin de déterminer les mélanges optimaux de revêtements en fonction des conditions de température locales.  | Ontario   |
| Les ingénieurs du GO train augmentent les températures idéales de pose et de libération des contraintes des rails afin de réduire les risques de gauchissement des rails en raison des températures élevées.  | Ontario   |
| <b>Évaluations des risques et de la vulnérabilité</b>   |   |
| L'Autorité aéroportuaire du Grand Toronto (GTAA), le ministère des Transports et de l'Infrastructure de la C.B., certaines municipalités et autres entités ont utilisé le Protocole d'ingénierie du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP) pour évaluer les infrastructures de transport (voir encadré). | Colombie-Britannique<br>Prairies<br>Ontario<br>Atlantique |
| Les sociétés de transport maritime ont mené des évaluations des risques de l'exploitation hivernale et mis en place des procédures d'hivernisation propres aux navires afin de réduire les risques posés par les changements des conditions des glaces dans les eaux arctiques.   | Nord  |
| Les compagnies ferroviaires entreprennent des évaluations de la vulnérabilité et la cartographie du SIG pour les zones à risque de glissements de terrain, d'affouillement et d'autres risques naturels.  | Colombie-Britannique<br>Prairies                          |
| <b>Technologies intelligentes</b>   |   |
| Les provinces utilisent les stations météorologiques (SMR) pour orienter les activités de fonctionnement et d'entretien; les entreprises de camionnage surveillent les événements météorologiques en temps réel sur leurs réseaux pour permettre le déroutement efficace.   | Prairies<br>Ontario                                       |
| Des capteurs de mesure du vent sont installés sur certains ponts ferroviaires permettant aux opérateurs ferroviaires de retarder le passage ou d'ajuster la vitesse; dans la région du Grand Toronto, Metrolinx et GO Transit ont installé des avertisseurs de crue dans les corridors de circulation.  | Prairies<br>Urbain  |

| Activités d'adaptation  | Chapitre de référence |
|---|-----------------------|
| Les compagnies de chemin de fer surveillent activement les événements météorologiques, les risques climatiques et l'état des actifs en installant des détecteurs d'emportement par les eaux et des systèmes de détection de mouvement par laser, en utilisant la fibre optique pour détecter les mouvements sur les pentes, en mesurant la stabilité de la voie à l'aide de détecteurs interférométriques, et en installant des systèmes d'alerte de conditions météorologiques extrêmes. | Colombie-Britannique  |
| Les ports maritimes, tels que Port Saint John, utilisent des outils de prévisions météorologiques et de prévision des vagues en temps réel, y compris la bouée météorologique côtière « SmartAtlantic » pour appuyer la planification et la navigation.   | Atlantique            |
| Les exploitants de navires sur le réseau des Grands Lacs Voie maritime du Saint-Laurent utilisent des systèmes d'information sur le tirant d'eau à bord et d'autres services de navigation électronique pour soutenir la navigation dans des conditions de bas niveau d'eau; dans les eaux arctiques, les navires utilisent la technologie radar et satellite pour obtenir des cartes, des images et des prévisions des glaces en temps quasi réel.                                       | Nord<br>Ontario       |
| Le Centre de géomatique du Québec et le ministère de la Sécurité publique ont mis en œuvre un outil de cartographie interactive en ligne (le portail GéoRISC) pour la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean afin de permettre aux décideurs de limiter et de réduire les impacts des inondations et en définitive planifier des itinéraires de rechange.  | Québec                |
| <b>Opérations et exigences et pratiques d'entretien</b>   |                       |
| Dans le but de maintenir l'intégrité des routes d'hiver dans le Nord canadien, les exploitants arrosent les routes et les ponts et construisent des caches de neige à des points clés le long des routes d'hiver à des fins de réparation.  | Nord<br>Ontario       |
| La ville de Toronto inspecte et nettoie plus régulièrement les ponceaux de drainage pour éviter les problèmes lors d'événements de précipitations extrêmes.   | Urbain                |
| Le ministère des Transports du Québec a mis en place un programme de surveillance thermique pour 13 pistes d'aéroport au Nunavik. Elles sont construites sur des terrains sensibles au dégel du pergélisol.   | Québec                |
| Certaines administrations utilisent une combinaison déneigement et d'application de sel afin de mieux réagir aux conditions de pluie verglaçante.   | Urbain                |
| Les transporteurs dans les aéroports du Nord ont élaboré des mécanismes de dégivrage portables pour satisfaire plus aisément aux exigences en matière de dégivrage des aéronefs.  | Nord<br>Prairies      |
| Les entreprises de camionnage utilisent des technologies pour réduire la consommation de carburant qui améliorent du même coup la résilience climatique. Les dispositifs aérodynamiques (les carénages et jupes de remorque) peuvent améliorer la stabilité des camions lors d'événements de vent, et les générateurs auxiliaires de bord (APU) peuvent aider les camionneurs à gérer une fréquence accrue de vagues de froid ou de vagues de chaleur.                                    | Prairies              |

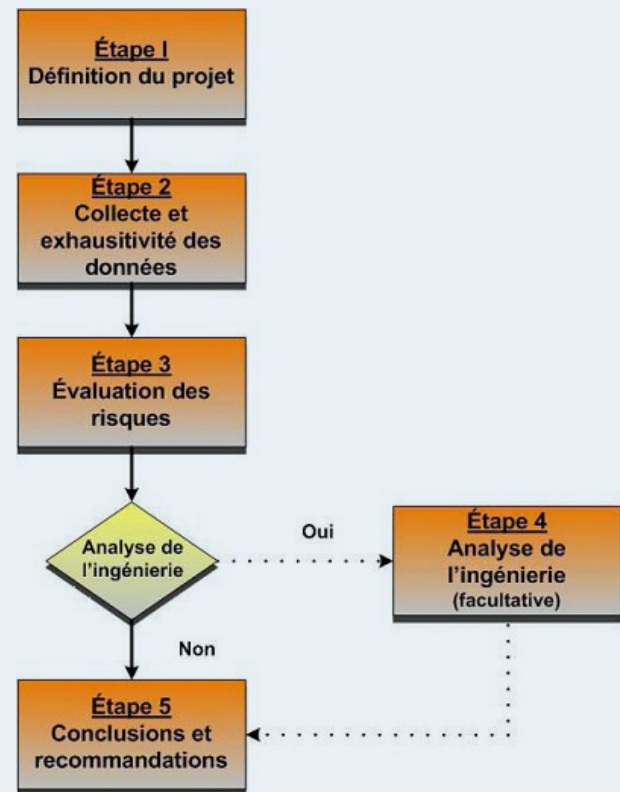
## ADAPTATION DES PRATIQUES D'INGÉNIERIE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Bien que les ingénieurs aient longtemps considéré les paramètres liés au climat dans le plan de conception technique, la pratique consistait généralement à analyser les tendances historiques. Compte tenu du rythme actuel des changements climatiques, cette approche n'est plus fiable. Les associations provinciales d'ingénieurs réagissent en ajoutant de nouvelles exigences professionnelles pour faire en sorte de tenir compte des effets potentiels des changements climatiques dans le processus de conception pour la durée de vie prévue de l'infrastructure. Il s'agit d'un changement culturel pour les organismes responsables de l'infrastructure, pour les consultants effectuant des plans de conception technique et pour les clients qui commandent les travaux. Il est attendu que les futurs travaux d'ingénierie relatifs à la réhabilitation et à la conception de nouvelles infrastructures refléteront cette approche et ces avancées.

Le **protocole d'ingénierie du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP)**, dirigé par Ingénieurs Canada, est un processus en cinq étapes mis sur pied pour analyser la vulnérabilité de l'ingénierie des systèmes d'infrastructure individuels en fonction du climat actuel et des projections climatiques. Depuis 2012, le protocole a été appliqué à une grande variété de types d'infrastructure, notamment les routes et les aéroports.

Pour obtenir plus d'informations, consulter le site <http://pievc.ca/fr>

**Figure 7 : Le processus du protocole d'ingénierie du CVIIP.** (Source : Ingénieurs Canada)



## CONCLUSION

Les recherches menées dans le cadre du présent rapport indiquent que les changements climatiques et les conditions météorologiques extrêmes ont une incidence sur tous les modes de transport dans toutes les régions du Canada, et que de nombreux risques climatiques augmentent. Les efforts d'adaptation entrepris à ce jour témoignent de la volonté des gouvernements, des organismes et du secteur privé canadiens d'atténuer les risques pour la sécurité, l'efficacité et la fiabilité des transports posés par les changements climatiques. Parallèlement, des lacunes et des obstacles subsistent, y compris les limitations liées aux projections climatiques locales, ainsi que les contraintes liées aux ressources et aux capacités, en particulier dans le Nord canadien. Les progrès réalisés par la science et la technologie, ainsi que la formation, les outils et l'orientation pour les praticiens ont le potentiel d'aider le secteur à relever ces défis. La coordination entre les champs de compétences et avec l'industrie et les chercheurs jouera un rôle essentiel pour l'avancement des solutions en matière d'adaptation et l'amélioration de la résilience du secteur face à ces risques croissants.