



MINISTÈRE DES TRANSPORTS ET DE LA MOBILITÉ DURABLE

État des lieux – Phase I du Mandat

Appréciation des risques liés aux impacts des changements
climatiques sur les infrastructures stratégiques et les services
prioritaires

24 mai 2024

TABLE DES MATIÈRES



1- MISE EN CONTEXTE	4
2- CHOIX DES CRITÈRES D'IDENTIFICATION DES INFRASTRUCTURES STRATÉGIQUES ET DES SERVICES PRIORITAIRES	6
Approche.....	6
Infrastructures de transport retenues pour la phase I du Mandat	6
Volet routier.....	6
Critères sélectionnés	6
Volet aéroportuaire	7
Critères sélectionnés	8
Infrastructures de transports non retenues dans la phase I du Mandat	8
Volet maritime	8
Volet ferroviaire.....	8
Services de transports non retenus dans la phase I du Mandat.....	9
3- INFRASTRUCTURES ET SERVICES RETENUS POUR L'APPRÉCIATION DES RISQUES ET L'ÉVALUATION DE COÛT	10
Volet routier.....	10
Volet aéroportuaire.....	10
4- PORTRAIT DES APPRÉCIATIONS DES RISQUES EN CLIMAT ACTUEL ET FUTUR, AINSI QUE DES ÉVALUATIONS DES COÛTS POTENTIELS DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	12
5- IDENTIFICATION DES ALÉAS LIÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET DES ENJEUX QUI SERONT EXAMINÉS LORS DE L'APPRÉCIATION DES RISQUES	14
6- PRÉSENCE DE LEVIERS LÉGISLATIFS, RÉGLEMENTAIRES ET ADMINISTRATIFS	15
ANNEXES	I
ANNEXE 1 : Liste des infrastructures stratégiques - volet routier (phase I du Mandat) par les Directions générales territoriales.....	II

ANNEXE 2 : Liste des infrastructures aéroportuaires retenues pour la phase I du mandat III

ANNEXE 3 : Tableau d’inventaire des appréciations des risques climatiques..... IV

ANNEXE 4 : Tableau d’inventaire des documents législatifs, réglementaires, administratifs encadrant les actions en matière d’adaptation aux changements climatiques V

ANNEXE 5 : Inventaire des études d’évaluation des impacts économiques des changements climatiques sur les infrastructures et services de transport VI

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Infrastructures du Ministère identifiées prioritaires pour la phase 1 du Mandat du MELCCFP (mai 2024).....

Figure 2. Infrastructures du Ministère au sud du Québec, identifiées prioritaires pour la phase 1 du Mandat du MELCCFP (mai 2024) 11

1- MISE EN CONTEXTE

Dans le Plan pour une économie verte 2030 (PEV 2030), le gouvernement a mis en place une approche intégrée visant à atténuer et à s'adapter aux changements climatiques. Le ministre de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) est d'office le conseiller du gouvernement en cette matière à la suite de l'adoption de la Loi visant principalement la gouvernance efficace de la lutte contre les changements climatiques et à favoriser l'électrification. À ce titre, il assure la cohérence et la coordination des mesures gouvernementales, ministérielles ou proposées par certains organismes publics qui concernent la lutte contre les changements climatiques, et il est également associé à leur élaboration.

Dans le PEV 2030, le gouvernement du Québec a le devoir de s'assurer de la sécurité et de la durabilité de ses infrastructures qui subissent les impacts des changements climatiques. Dans ce contexte, le ministre du MELCCFP a adressé à la ministre des Transports et de la Mobilité durable (Ministère) le mandat (Mandat) de mener d'ici le 31 mai 2026, une démarche systématique d'appréciation des risques liés aux changements climatiques des infrastructures et des services prioritaires sous sa responsabilité. Une évaluation des coûts potentiels des impacts des changements climatiques devra également être effectuée selon le même échéancier. Cette démarche servira à l'élaboration subséquente d'un plan d'adaptation pour les infrastructures et les services les plus à risque.

Les principaux livrables à transmettre au ministre du MELCCFP sont dans un premier temps, un état des lieux présentant une liste des infrastructures et des services essentiels prioritaires et une liste des aléas climatiques à évaluer (31 mai 2024); puis un outil de suivi (30 septembre 2024), et finalement deux rapports (31 mai 2026) présentant l'analyse d'appréciation des risques liés aux changements climatiques des infrastructures et des services prioritaires du Ministère, ainsi que l'étude d'évaluation des impacts économiques des changements climatiques sur les infrastructures du Ministère, en absence de mesures d'adaptation.

Ce rapport correspond au premier livrable exigé dans le cadre du Mandat. Il a pour objectif de réaliser un état des lieux présentant le portrait des travaux entamés par le Ministère en matière d'adaptation aux changements climatiques en date du 31 mai 2024, ainsi que la portée des travaux qui seront réalisés dans le cadre du Mandat.

La coordination des travaux au Ministère est confiée à la Direction générale de la gestion des actifs routiers et de l'innovation (DGGARI) du sous-ministériat à l'ingénierie et aux infrastructures (SMII). Plusieurs directions générales (DG) concernées ont été sollicitées depuis mars 2024, et continuent à collaborer à la réalisation du Mandat selon leurs champs d'expertise :

Sous-ministériat à l'ingénierie et aux infrastructures (SMII)

- DG des structures (DGS)
- DG du laboratoire des chaussées (DGLC)
- DG de la gestion des projets routiers et de l'encadrement en exploitation (DGGPREE)

Sous-ministériat aux territoires (SMT)

- DG de la coordination des investissements (DGCI)

Sous-ministériat au soutien à l'exploitation et à la sécurité civile (SMSESC)

- DG de la sécurité civile et de la veille opérationnelle (DGSCVO)

Sous-ministériat au transport aérien et maritime et aux grands projets (SMTAMGP)

- DG des projets et de l'exploitation aéroportuaire (DGPEA)
- DG du service aérien gouvernemental (DGSAG)
- DG du transport maritime et aérien (DGTMA)
- DG de la mobilité et des affaires autochtones (DGMAA)

Sous-ministériat au transport ferroviaire et aux projets stratégiques de transport collectif (SMTFPSTC)

- DG du transport ferroviaire (DGTF)

Sous-ministériat à l'électrification, au transport terrestre et à la sécurité (SMETS)

- DG de l'électrification, de l'économie et des programmes (DGEEP)

De nombreuses rencontres ont été tenues avec les personnes-ressources identifiées au cours des mois de mars et avril 2024, afin de discuter des critères de priorisation à retenir, d'identifier les infrastructures et les services à prioriser et de choisir les aléas climatiques pour réaliser l'appréciation des risques. Les infrastructures et les services qui n'ont pas été retenus seront considérés dans des phases ultérieures. Néanmoins, les résultats obtenus dans le rapport de la phase I du Mandat pourront aussi servir à diminuer les risques liés aux changements climatiques des infrastructures qui se retrouvent dans des conditions similaires. Ces résultats soutiendront le Ministère dans la priorisation et l'implantation de mesures d'adaptation aux changements climatiques au cours des prochaines phases.

Un comité d'experts sera mis en place pour assurer l'avancement du Mandat sous la direction du Comité directeur du Plan d'action sur la gestion des infrastructures dans un contexte de changements climatiques (PAGI3C).

2- CHOIX DES CRITÈRES D'IDENTIFICATION DES INFRASTRUCTURES STRATÉGIQUES ET DES SERVICES PRIORITAIRES

Approche

Des ateliers de discussion ont eu lieu au mois de mars et avril 2024 avec les experts des directions responsables des différents modes de transports sous la gestion du Ministère, soit les transports routier, aéroportuaire, maritime et ferroviaire.

Infrastructures de transport retenues pour la phase I du Mandat

Volet routier

Le Ministère gère plus de 31 000 km de routes, près de 11 000 structures, plus de 62 000 ponceaux, près de 10 000 structures de signalisation et plus de 67 000 sites électrotechniques.

Critères sélectionnés :

Dans le cadre du volet routier, les critères sélectionnés pour identifier les infrastructures routières prioritaires sont des critères largement utilisés pour la gestion des actifs et des risques au sein du Ministère, soit :

Importance de la route

- Le Réseau stratégique en soutien au commerce extérieur du Québec (RSSCE) qui est un sous-ensemble du réseau routier supérieur québécois. Il comporte les principales infrastructures de transport supportant le commerce extérieur québécois tant avec le reste du Canada qu'auprès des principaux partenaires internationaux et plus particulièrement les États-Unis.
- Sous la forme d'un arbre de décision, la cote « route-traffic » est une évaluation de l'importance de la route et du trafic. Une cote de 1 à 3 est attribuée à chaque segment routier en fonction de l'appartenance au réseau supérieur en soutien au commerce extérieur (RSSCE), de la classe fonctionnelle de la route (autoroute, nationale, régionale, collectrice et autres) et du débit journalier moyen annuel (DJMA).

Accessibilité

- Identification des liens uniques :
 - Absence de chemin de détour raisonnable (sans détour ou détour de plus de 100 km);
 - Accès aux communautés éloignées et aux ressources naturelles.

Une fois les critères établis, l'ensemble du réseau routier a été analysé pour identifier la portion considérée comme prioritaire et stratégique pour la phase I du plan d'adaptation¹. Étant donné le nombre élevé et la grande diversité d'infrastructures présentes sur ce réseau, les seules infrastructures routières retenues seront les chaussées, les structures et les ponceaux localisés sous le réseau routier priorisé (voir cartes p.11).

Volet aéroportuaire

Le Ministère gère 25 aéroports et 7 héliports répartis dans plusieurs régions du Québec :

- Treize aéroports au Nord-du-Québec;
- Cinq aéroports et cinq héliports sur la Côte-Nord;
- Deux aéroports en Eeyou Istchee Baie-James ;
- Un aéroport en Abitibi-Témiscamingue;
- Deux aéroports en Chaudière-Appalaches;
- Un aéroport en Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine;
- Deux héliports au Bas-Saint-Laurent;
- Un aéroport au Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Certains sites ont des infrastructures à la fois aéroportuaires et héliportuaires, comme Saint-Augustin, Tête-à-la-Baleine et La Tabatière sur la Basse-Côte-Nord.

Par ailleurs, cinq aéroports du Ministère sont utilisés pour les opérations du Service aérien gouvernemental, soit les aéroports de Chibougamau-Chapais, Bonaventure, Matagami, Kuujuarapik et Puvirnituq. Trois de ces aéroports sont des bases secondaires pour la Société de protection des forêts contre le feu (SOPFEU), soit Chibougamau-Chapais, Matagami et Bonaventure.

1. Certaines particularités doivent être précisées : Reliant le réseau routier du sud aux trois routes désenclavant les communautés de Waskaganish, Eastmain et Wemindji, dans la région administrative d'Eeyou Istchee Baie-James, la route Billy-Diamond a été considérée dans l'analyse. Cependant, la route Billy-Diamond ne fait pas partie des routes stratégiques du ministère, car sa gestion ne relève pas du Ministère, mais bien de la Société de développement de la Baie-James.

Critères sélectionnés :

En utilisant une approche considérant l'importance de l'infrastructure aéroportuaire et l'accessibilité aux communautés, les critères sélectionnés pour identifier les infrastructures aéroportuaires et héliportuaires prioritaires pour la première phase du Mandat sont les suivants :

Importance de l'aéroport

- Nombre de mouvements d'aéronefs;
- Nombre de passagers;
- Certification Transports Canada².

Accessibilité

- Désenclavement des communautés;
- Infrastructure utilisée par la SOPFEU et de la Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (SOPFIM);
- Nombre d'évacuations médicales urgentes (EVAQ).

Infrastructures de transports non retenues dans la phase I du Mandat

Volet maritime

Les infrastructures maritimes et les services de traversier ont été analysés, mais ces derniers ne sont pas sous la gestion du Ministère. Les ports de Gros-Cacouna, Rimouski, Matane, Gaspé dont le Ministère est propriétaire, sont gérés par la Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie. Les infrastructures et les services de traversiers sont gérés par la Société des traversiers du Québec (STQ).

Volet ferroviaire

Le Ministère est propriétaire de deux chemins de fer, soit Chemin de fer de la Gaspésie et Chemin de fer Québec-Central, qui totalisent 434 km de voies. Ces infrastructures n'ont pas été retenues pour la phase I de ce Mandat, puisqu'elles ne constituent pas des liens uniques d'un point de vue de l'accessibilité. En effet, la présence du réseau routier le long de ces chemins de fer permet d'assurer le transport des marchandises et des personnes. De plus, des travaux de réhabilitation sont en cours jusqu'en 2025-2026; par conséquent, certains tronçons ne sont pas encore en

2. Certificat émis par Transports Canada attestant qu'un aéroport est conforme aux normes de sécurité édictées dans le Règlement de l'aviation canadien.

exploitation. Aussi, leur gestion relève de deux sociétés distinctes, soit la Société de chemin de fer de la Gaspésie (SCFG) et Chemin de fer Sartigan.

Services de transports non retenus dans la phase I du Mandat

Considérant l'envergure du mandat à réaliser dans un échéancier serré, il a été convenu que les services de transports ne seraient pas retenus dans la phase I du Mandat (les haltes routières, le Service aérien gouvernemental, les traversiers, etc.).

3- INFRASTRUCTURES ET SERVICES RETENUS POUR L'APPRÉCIATION DES RISQUES ET L'ÉVALUATION DE COÛT

Volet routier

Les infrastructures stratégiques retenues représentent près de 42 % des 31 000 km de routes sous la responsabilité du Ministère selon la répartition suivante :

- 37 % des 6 200 km d'autoroutes;
- 90 % des 9 125 km de routes nationales;
- 15 % des 5 600 km de routes régionales;
- 52 % des 2 375 km de routes d'accès aux ressources et localités isolées;
- 5 % des 7 800 km de routes collectrices.

Des 13 000 km considérés stratégiques et prioritaires pour l'élaboration du plan d'adaptation aux changements climatiques (voir annexe 1), seules seront examinées les structures localisées sous la chaussée, soit près de 2 700 structures (structures et ponceaux de plus de 3 mètres) et près de 24 600 ponceaux de moins de 3 mètres, de typologies variées et composés de matériaux divers.

Volet aéroportuaire

Après avoir analysé les infrastructures aéroportuaires et hélicoportuaires selon les critères choisis, 34 % des 32 infrastructures ont été retenues pour la première phase de ce mandat, soit les dix aéroports et un héliport suivants (voir annexe 2) :

- Cinq au Nord-du-Québec (Puvirnituk, Salluit, Inukjuak, Kuujjuarapik, Akulivik);
- Trois sur la Côte-Nord (Saint-Augustin, Port-Menier, Harrington Harbour);
- Un en Abitibi-Témiscamingue (Chibougamau-Chapais);
- Un en Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (Bonaventure);
- Un en Chaudière-Appalaches (Montmagny).

Les infrastructures à considérer pour l'appréciation des risques diffèrent pour les sites du Nord-du-Québec de ceux des autres sites. Ainsi, l'ensemble des infrastructures aéroportuaires (pistes, aires de mouvements, bâtiments, routes d'accès) sera examiné pour les sites où il y a présence de pergélisol, soit les aéroports situés au Nord-du-Québec. En ce qui a trait aux autres sites identifiés plus au sud, seules les pistes et les aires de mouvement seront évaluées dans cette première phase du Mandat.



Figure 1. Infrastructures du Ministère identifiées prioritaires pour la phase 1 du Mandat du MELCCFP (mai 2024)



Figure 1. Infrastructures du Ministère au sud du Québec, identifiées prioritaires pour la phase 1 du Mandat du MELCCFP (mai 2024)

4- PORTRAIT DES APPRÉCIATIONS DES RISQUES EN CLIMAT ACTUEL ET FUTUR, AINSI QUE DES ÉVALUATIONS DES COÛTS POTENTIELS DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'appréciation des risques climatiques représente l'élément central pour évaluer les mesures d'adaptations nécessaires au maintien de nos infrastructures. À ce titre et selon les éléments du Mandat, une réflexion a été menée en intégrant les différents aléas superposés aux principaux actifs, à savoir :

- les chaussées;
- les structures;
- les ponceaux;
- les ports;
- les aéroports et les pistes;
- ainsi que les infrastructures ferroviaires.

Il ressort de cette analyse que le Ministère est bien avancé sur certains aléas, des normes rigoureuses existent, intégrant les scénarios climatiques futurs, basées sur des méthodologies novatrices et qui pour certaines sont en cours d'actualisation.

Il faut savoir que depuis 2004, le Ministère intègre dans ses conceptions des facteurs de majoration des débits pour tenir compte des projections climatiques futures (RCP 8.5) pour les inondations fluviales et les précipitations extrêmes. Ces facteurs de majoration intégrés au Tome III – Ouvrages d'art (Chapitre 2) sont ajustés en fonction de la durée de vie de l'ouvrage et elles sont appliquées sur tout le territoire québécois. En zone côtière, une nouvelle norme (2023) s'est également ajoutée pour tenir compte du rehaussement moyen des niveaux marins (RCP 8.5).

Concernant l'érosion et la submersion côtière, deux indices de priorisation des interventions côtières ont été développés par le Ministère, un pour l'érosion côtière (IPIC-E), l'autre pour la submersion côtière (IPIC-S). Pour ce qui est des scénarios climatiques futurs, seul l'IPIC-S intègre les RCP 4.5/ 8.5, sur une période allant de 2030-2050 à 2100. Pour les deux indices, la couverture est complète, à l'exception d'une petite portion de la Basse-Côte-Nord pour la zone côtière.

En milieux fluviaux, le Ministère développe deux indices de priorisation des interventions, un pour les inondations (IPIAF-I), et un pour la mobilité du cours d'eau (IPIAF-M). Pour les inondations, l'indice utilise les SSP 2-4.5-5 et 8.5 selon les portraits climatiques du 6^e rapport du Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), d'Ouranos et de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional. Ces indices offrent une couverture pour ainsi dire complète du territoire au sud du 49^e parallèle.

En ce qui a trait aux glissements de terrain et à l'érosion des falaises, plusieurs indices ont été développés, dont l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain (ISGT) (en développement), l'indice de priorité à réaliser des travaux de stabilisation dans les sols (IPRTS-sol), l'indice de susceptibilité aux éboulis rocheux (ISER) et IEG-roc (coupes de roc et parois naturelles). Ceux-ci n'intègrent pas les projections climatiques futures. S'ajoutent l'identification des zones potentiellement exposées aux glissements de terrain (ZPEGT) et l'identification des secteurs d'avalanche.

Dans le cas du pergélisol, beaucoup de travaux ont été menés, on peut citer notamment :

- l'identification des remblais construits sur un pergélisol riche en glace sensible au dégel;
- l'évaluation des dangers susceptibles d'affecter la stabilité des remblais basée sur la cartographie des dépôts meubles, la cartographie des conditions de pergélisol (cryologie) et la caractérisation du pergélisol.

Par ailleurs, un outil d'évaluation quantitative du risque pour les infrastructures de transport en zone de pergélisol a été développé. Cet outil est basé sur une méthode d'analyse quantitative des aléas et des risques associés. Cette méthodologie sera déployée pour les aéroports et les pistes du Nord-du-Québec.

Pour finir, il faut noter qu'en 2019, un vaste exercice d'évaluation des risques de sécurité civile a été initié incluant l'appréciation de plusieurs aléas climatiques (conditions hivernales sévères, verglas, embâcles/ débâcles, conditions météorologiques sévères, aléas nordiques, érosion et submersion côtières, érosion fluviale et inondations, incendie de forêt). C'était une première démarche d'appréciation des risques à haut niveau (échelle des centres de services) élaborée de façon matricielle, basée sur les données disponibles et le jugement d'experts internes et externes au Ministère. Les conditions climatiques futures ont été considérées à très haut niveau.

Concernant les évaluations des coûts en absence de mesures d'adaptation, il faut noter que très peu de travaux ont été réalisés au Ministère pour soutenir cette thématique. Un tableau synthétisant certaines études est indexé à l'annexe 3.

5- IDENTIFICATION DES ALÉAS LIÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET DES ENJEUX QUI SERONT EXAMINÉS LORS DE L'APPRÉCIATION DES RISQUES

Depuis plus de 20 ans, le Ministère fournit des efforts significatifs pour étudier l'évolution de divers aléas naturels et apprécier leurs impacts sur ses infrastructures. De nombreuses actions ont été mises en œuvre pour assurer le développement des connaissances, notamment pour les aléas suivants :

- l'érosion et la submersion côtières dans l'est du Québec;
- les glissements de terrain, l'érosion des falaises rocheuses (chutes de fragments rocheux) et les avalanches;
- les précipitations liquides, solides et mixtes;
- les inondations pluviales et fluviales;
- le dégel du pergélisol au Nunavik.

La mission du Ministère est de favoriser la mobilité durable des personnes et des marchandises par des systèmes de transports sécuritaires et accessibles qui contribuent au développement du Québec. Historiquement, certains événements climatiques et aléas ont entraîné des conséquences de gravités variées sur le réseau de transports, qui ont affecté à la fois la sécurité, l'accessibilité, la mobilité des personnes et des marchandises. Des recensions sont réalisées en utilisant des bases de données diverses, sur des périodes variées selon les objectifs initialement fixés. Cela dit, malgré les connaissances développées dans le domaine des changements climatiques au cours des dernières années, certains aléas n'ont pas été pris en compte jusqu'à tout récemment.

La liste des aléas retenus contient la majorité des aléas proposés par le MELCCFP. La sécheresse n'a pas été retenue pour cette phase, mais elle sera considérée comme un facteur aggravant, notamment pour les feux de forêt. Deux aléas ont été ajoutés, soit l'érosion fluviale et l'érosion des falaises rocheuses.

Aléas retenus par le Ministère – Phase I

Températures extrêmes (chaud-froid)
Événements météorologiques extrêmes (ex. verglas, tornades, tempêtes, vents violents, etc.)
Érosion et submersion côtières
Précipitations liquide, solide et mixte (cocktail météo hivernal)
Redoux hivernaux (cycle gel-dégel)
Feux de forêt
Inondations fluviales et pluviales (eau libre et embâcles)
Érosion fluviale
Glissement de terrain, érosion des falaises rocheuses (chutes de fragments rocheux) et avalanches
Dégel du pergélisol

6- PRÉSENCE DE LEVIERS LÉGISLATIFS, RÉGLEMENTAIRES ET ADMINISTRATIFS

Dans le cadre de la préparation de l'état des lieux, une analyse doit être réalisée sur la présence ou l'absence de leviers réglementaires, normatifs et sur les différents processus décisionnels en lien avec les appréciations des risques climatiques, les mesures d'adaptation dans les phases de conception, constructions, entretien et exploitation, ainsi que les différents scénarios climatiques utilisés le cas échéant.

En d'autres termes, il y a lieu de voir si les lois, les règlements, les directives émises par le Ministère intègrent les appréciations en matière de risques climatiques et encouragent la mise en œuvre de mesures d'adaptation conformément aux différents scénarios climatiques.

Un tableau récapitulatif (voir annexe 4) dresse un aperçu des documents-cadres du Ministère ainsi que de ses obligations légales et réglementaires en matière d'environnement, d'aménagement du territoire et de sécurité civile.

Parmi les éléments structurants, mentionnons que le Ministère s'est doté d'un Plan d'action sur la gestion des infrastructures dans un contexte de changements climatiques (PAGI3C) 2019-2023 volet aléas côtiers. Celui-ci est inscrit à la planification stratégique depuis 2019 et vise le développement des connaissances, l'appréciation des risques et la mise en œuvre de solutions pour réduire la vulnérabilité du réseau routier. Le PAGI3C 2024-2029 a été adopté en avril 2024 et sa portée a été élargie pour inclure les risques côtiers et les risques fluviaux.

De plus, le Ministère s'est doté d'une politique et d'un cadre de gestion intégrée des risques (GIR), qui établissent les conditions nécessaires à la mise en application d'une gestion des risques, tout en définissant les principes directeurs ainsi que les rôles et responsabilités des principaux intervenants à l'égard du respect des exigences des normes internationales portant sur la gestion intégrée des risques.

À ce titre, le Ministère continue à miser sur une approche systématique, intégrée et proactive des risques qui lui permet d'anticiper tout en renforçant la résilience de ses infrastructures. S'ajoutent également la politique et le plan de sécurité civile ministérielle qui visent les mêmes objectifs.

Par ailleurs, le Ministère s'est pourvu d'un cadre normatif qui vise à concevoir, construire, entretenir et exploiter de la manière la plus sécuritaire et durable ses infrastructures. Ces bonnes pratiques représentent un levier important en matière d'adaptation au changement climatique. Certaines normes intègrent les projections climatiques futures tout comme les appréciations des risques pour les inondations et pour la submersion côtière.

Il y a lieu de mentionner la directive sur l'évaluation de la durabilité en cours d'actualisation, qui favorise et encourage l'intégration des mesures d'adaptations et l'analyse des risques climatiques.

Rappelons également que certaines obligations légales et réglementaires en matière d'environnement ou de développement durable favorisent l'intégration des risques climatiques notamment dans les interventions structurantes du Ministère pour se conformer à la loi sur le développement durable (LDD) et à la loi sur la qualité de l'environnement (LQE).



ANNEXES



ANNEXE 1 : Liste des infrastructures stratégiques - volet routier (phase I du Mandat) par les Directions générales territoriales

Directions générales territoriales (DGT)	Nombre de km de routes	Pourcentage des km de routes	Répartition des structures (ponts et ponceaux de plus de 3 mètres)	Répartition des ponceaux (moins de 3 mètres)
Abitibi-Témiscamingue	974 km	7 %	116	1 462
Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-les-Îles-de-la-Madeleine	1 655 km	13 %	341	3 157
Capitale-Nationale	775 km	6 %	223	2 126
Chaudière-Appalaches	704 km	5 %	159	1 082
Côte-Nord	1 545 km	12 %	282	3 817
Eeyou Istchee Baie-James	1 239 km	10 %	111	2 162
Estrie	707 km	5 %	205	1 343
Laurentides-Lanaudière	927 km	7 %	223	2 427
Mauricie-Centre-du-Québec	1 239 km ³	10 %	220	2 087
Montérégie	656 km	5 %	137	356
Nord-du-Québec	S. O. ⁴			
Outaouais	612 km	5 %	148	879
Région métropolitaine de Montréal	982 km	8 %	419	1 500
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1 021 km	8 %	147	2 202
TOTAL	13 036 km	100 %	2 731	24 600

3. Le nombre de kilomètres de routes inclut 714 km en Mauricie et 525 km au Centre-du-Québec.

4. Les routes d'accès aux aéroports (18 km au total) font partie des infrastructures aéroportuaires retenues dans le cadre de ce mandat.

ANNEXE 2 : Liste des infrastructures aéroportuaires retenues pour la phase I du Mandat

Localités	Infrastructures	Services ou enjeu régional spécifique
Puvirnituq (Nord-du-Québec)	Aéroport	SAG – Évacuations médicales
Salluit (Nord-du-Québec)	Aéroport	Évacuations médicales
Inukjuak (Nord-du-Québec)	Aéroport	Évacuations médicales
Kuujjuarapik (Nord-du-Québec)	Aéroport	SAG – Évacuations médicales
Akulivik (Nord-du-Québec)	Aéroport	Évacuations médicales
Saint-Augustin (Côte-Nord)	Aéroport et Héliport	Pont aérien pour desservir le territoire non relié par le réseau routier – Évacuations médicales
Harrington Harbour (Côte-Nord)	Héliport	Évacuations médicales
Port-Menier (Côte-Nord)	Aéroport	Évacuation médicale
Chibougamau-Chapais (Eeyou Istchee Baie-James)	Aéroport	Base de la SOPFEU SAG – Évacuations médicales
Bonaventure (Gaspésie)	Aéroport	Base de la SOPFEU SAG – Évacuations médicales
Montmagny (Chaudière-Appalaches)	Aéroport	Présence de problèmes reliés à l'érosion côtière

ANNEXE 3 : Tableau d'inventaire des appréciations des risques climatiques

Chaussées		
Aléas	Appréciations des risques	Méthodologie et couverture spatiale
Tous aléas confondus	En 2019, la Direction de la sécurité civile a initié une première démarche de gestion des risques incluant l'appréciation de certains aléas climatiques (hiver, verglas, embâcles, conditions météo sévères, aléa nordique, etc.), élaborée d'une façon matricielle, basée sur les données disponibles et le jugement d'experts internes et externes au Ministère.	
Précipitations liquides, solide et mixte (cocktails météo hivernaux)	Le Ministère intègre dans ses conceptions des facteurs de majoration pour tenir compte des changements climatiques. Les prescriptions concernant les majorations des débits sont présentées au Tome III – Ouvrages d'art (Chapitre 2). Pour la reconstruction des routes, le drainage est adapté en fonction des changements climatiques. La mise en place de bassin de rétention fait partie de ces mesures.	Le scénario climatique utilisé est le RCP 8.5, sur une période de référence allant de 2040 à 2070. Couverture spatiale : tout le Québec
Érosion et submersion côtières	Deux indices de priorisation des interventions côtières ont été développés, un pour l'érosion côtière (IPIE-E), l'autre pour la submersion côtière (IPIE-S).	Seul l'IPIE-S intègre les RCP 4.5/8.5, au 50 ^e centile, sur une période allant de 2030-2050 à 2100. Couverture spatiale : la couverture est complète pour la zone côtière, à l'exception d'une portion de la Basse-Côte-Nord.
Redoux hivernaux (cycle de gel-dégel)	Delta indice de gel (IG) : basé sur une corrélation entre l'indice et le nombre de jours de redoux.	Modèle global CMIP3 avec scénario d'émission de GES A2, A1B et B1, sur un scénario climatique allant de 2030 à 2100, réalisé au 5 ^e et 95 ^e centile.
Inondations fluviales (eau libre, embâcles) et inondations pluviales	Le Ministère développe deux indices de priorisation des interventions, un pour les inondations (IPIAF-I), et un pour la mobilité du cours d'eau (IPIAF-M).	SSP 2-4.5, SSP 3-7.0, et SSP 5-8.5 (climat après 2100) pour les variables d'Ouranos. RCP 4.5 et RCP 8.5 pour les variables de l'Atlas hydroclimatique. Couverture spatiale : ces indices offrent une couverture pour ainsi dire complète du territoire au sud du 49 ^e parallèle.

<p>Glissement de terrain, érosion des falaises rocheuses et avalanches</p>	<p>Plusieurs indices ont été développés, soit l'indice de susceptibilité aux glissements de terrain (ISGT) (en développement), l'indice de priorité à réaliser des travaux de stabilisation dans les sols (IPRTS-sol), l'indice de priorité à réaliser des travaux de stabilisation dans les sols (IPRTS-sol), et enfin, l'indice de susceptibilité aux éboulis rocheux (ISER) et IEG-roc (coupes de roc et parois naturelles).</p>	<p>Ces indices n'intègrent pas les scénarios climatiques futurs. Couverture spatiale : Tout le Québec.</p>
<p>Dégel du pergélisol</p>	<p>Beaucoup de travaux ont été menés, à savoir : - L'identification des remblais construits sur un pergélisol riche en glace sensible au dégel; - Évaluation des dangers susceptibles d'affecter la stabilité des remblais basée sur la cartographie des dépôts meubles, la cartographie des conditions de pergélisol (cryologie) et la caractérisation du pergélisol; Un outil d'évaluation quantitative du risque pour les infrastructures de transport en zone de pergélisol est en cours de développement. Cet outil est basé sur une méthode d'analyse quantitative des aléas et des risques associés. Cette méthodologie sera déployée pour les aéroports et les pistes d'atterrissage du Nunavik.</p>	<p>Les scénarios des changements climatiques sont pris en compte dans les modélisations du régime thermique du pergélisol afin d'anticiper le dégel et l'approfondissement du toit du pergélisol, ce qui permet d'évaluer les tassements à venir dans la couche active sous les infrastructures existantes. Ils sont également pris en compte dans les critères de conception pour les mesures d'adaptation basées sur une stabilisation thermique, soit en incluant une marge de sécurité ou en utilisant les projections climatiques sur la vie utile de l'infrastructure. Couverture spatiale : régions pergélisolées.</p>
<p>Ponts</p>		
<p>Aléas</p>	<p>Appréciations des risques</p>	<p>Méthodologie et couverture spatiale</p>
<p>Événements météorologiques extrêmes (ex.: verglas, tornades, tempêtes, vents violents, etc.)</p>	<p>Analyse de risques de verglas extrême dans la région métropolitaine de Montréal (Polytechnique, 2022). Collaboration du Ministère avec Hydro-Québec : Évaluation des conséquences des interruptions électriques potentielles sur les systèmes essentiels de la région métropolitaine incluant les systèmes de transports.</p>	<p>Voir norme CSA-S6 Couverture spatiale : résultats disponibles pour la région de Montréal et les installations du Ministère.</p>
<p>Précipitations liquides, solide et mixte (cocktails météo hivernaux)</p>	<p>Intégration de facteurs de majoration pour les débits présents dans le tome III – Ouvrage d'art. Le Ministère travaille actuellement à la mise à jour de ses normes en lien avec les majorations pour les changements climatiques.</p>	<p>Le scénario RCP 8.5 est pris en compte dans les modélisations, sur une période de référence allant de 2040 à 2070. Couverture spatiale : tout le Québec.</p>

Érosion et submersion côtières	<u>Submersion côtière</u> En conception, le Tome III - Ouvrages d'art (Chapitre 2) du Ministère encadre les concepteurs pour calculer les niveaux d'eau de la marée en tenant compte du rehaussement du niveau des mers causé par les changements climatiques tout en considérant le rebond isostatique post-glaciaire.	Le scénario RCP 8.5 est pris en compte dans les modélisations, sur une période de référence allant de 2040 à 2071.
	<u>Érosion et affouillement</u> Le Ministère utilise aussi une crue de vérification dans le calcul de l'affouillement pour s'assurer que les fondations de ses ponts puissent résister à une crue qui correspond à une période de retour de 500 ans. Dans sa gestion des risques interne, le Ministère veut s'assurer que les fondations du pont restent en place lors d'une crue d'importante. Il accepte la perte du remblai routier (plus facile et rapide à reconstruire).	
Inondations fluviales (eau libre, embâcles) et inondations pluviales	<u>Inondations fluviales</u> La conception des ponts est régie par le Tome III - Ouvrages d'art. Le chapitre 2 présente un tableau permettant de choisir la récurrence de conception en fonction de la classe de la route. En présence d'embâcles de glace connus, la conception intègre cet élément. Depuis 2004, le Ministère intègre aussi dans ses conceptions des facteurs de majoration pour tenir compte des changements climatiques. Les prescriptions concernant les majorations des débits sont présentées au Tome III-Ouvrages d'art (Chapitre 2). Pour la reconstruction de nouveaux ouvrages, les changements climatiques sont pris en compte dans la conception. Le Ministère travaille actuellement à la mise à jour de ses normes en lien avec les majorations pour les changements climatiques.	
Érosion fluviale	<u>Érosion et affouillement</u> Le Ministère utilise aussi une crue de vérification dans le calcul de l'affouillement pour s'assurer que les fondations de ses ponts puissent résister à une crue qui correspond à une période de retour de 500 ans. Dans sa gestion des risques interne, le ministère veut s'assurer que les fondations du pont restent en place lors d'une crue d'importante. Il accepte la perte du remblai routier (plus facile et rapide à reconstruire).	Couverture spatiale : Tout le Québec
Glissement de terrain et avalanches	Voir la section précédente en lien avec les chaussées; elle s'applique également aux ponts.	Voir la section précédente en lien avec les chaussées.
Dégel du pergélisol	Carte de dépôts meubles et carte de conditions de pergélisol.	

Ponceaux		
Aléas	Appréciations des risques	Méthodologie et couverture spatiale
Précipitations liquides, solide et mixte (cocktails météo hivernaux)	Précipitations Intégration des facteurs de majoration pour tenir compte des changements climatiques. Les prescriptions concernant les majorations des débits sont présentées au Tome III-Ouvrages d'art (Chapitre 2).	Le scénario 8,5 est pris en compte dans les modélisations, sur une période de référence allant de 2040 à 2071. Couverture spatiale : tout le Québec
Inondations fluviales (eau libre, embâcles) et inondations pluviales	Inondations fluviales - gestion du risque La conception des ponceaux est régie par le Tome III - Ouvrages d'art. Le chapitre 2 présente un tableau permettant de choisir la récurrence de conception en fonction de la classe de la route. En présence d'embâcles de glace connus, la conception intègre cet élément.	Couverture spatiale : tout le Québec
Glissement de terrain et avalanches	Voir la section précédente en lien avec les chaussées; elle s'applique également aux ponceaux.	Voir la section précédente en lien avec les chaussées
Dégel du pergélisol	Voir la section précédente en lien avec les chaussées.	Voir section précédente en lien avec les chaussées.
Aéroports, héliports et pistes		
Aléas	Appréciations des risques	Méthodologie et couverture spatiale
Érosion et submersion côtières	Cartographie des aléas naturels des Villages du Nunavik qui couvre certaines pistes d'atterrissage (érosion et submersion côtières).	Couverture spatiale : partielle
Inondations fluviales (eau libre, embâcles) et inondations pluviales	Nunavik : Cartographie des aléas naturels des Villages du Nunavik qui couvre certaines pistes d'atterrissage (crue soudaine, inondation, érosion fluviale) et registre de risques en sécurité civile.	
Glissement de terrain et avalanches	Nunavik : Cartographie des aléas naturels des Villages du Nunavik qui couvre certaines pistes d'atterrissage (avalanche, glissement de terrain) et registre de risques en sécurité civile.	
Dégel du pergélisol	Voir la section précédente en lien avec les chaussées.	Voir la section précédente en lien avec les chaussées.

Ports		
Aléas	Appréciations des risques	Méthodologie et couverture spatiale
Glissement de terrain et avalanches	Indice de susceptibilité aux glissements de terrain (ISGT) (en développement) - Indice de priorité à réaliser des travaux de stabilisation dans les sols (IPRTS-sol) - Indice de susceptibilité aux éboulis rocheux (ISER) et IEG-roc (coupes de roc et parois naturelles) - Carte de contrainte - Zone potentiellement exposée aux glissements de terrain (ZPEGT) - Absence d'appréciation pour les avalanches	Les scénarios des changements climatiques ne sont pas directement pris en compte dans les méthodes employées. Couverture spatiale : couverture territoriale incomplète
Infrastructures ferroviaires		
Aléas	Appréciations des risques	Méthodologie et couverture spatiale
Érosion et submersion côtières	Deux indices de priorisation des interventions côtières ont été développés par le Ministère, un pour l'érosion côtière (IPIC-E), l'autre pour la submersion côtière (IPIC-S). Ces indices sont basés sur des méthodologies d'évaluation quantitative du risque. Plusieurs paramètres sont analysés pour évaluer l'exposition probable à l'érosion, les conséquences anticipées, et ainsi produire un niveau de criticité pour les 2 775 kilomètres du réseau routier et pour près de 300 km du réseau ferroviaire du Ministère qui longent le littoral.	IPIC-S: réalisé au 50 ^e centile selon les scénarios climatiques RCP 4,5 /8,5 selon les trois périodes de référence 2030, 2050 et 2080. Couverture spatiale : L'ensemble du territoire côtier pour le chemin de fer de la Gaspésie.
Glissement de terrain et avalanches	Voir la section précédente en lien avec les ports; elle s'applique également aux infrastructures ferroviaires.	Voir la section précédente en lien avec les ports - scénarios climatiques et couverture spatiale similaires

ANNEXE 4 : Tableau d'inventaire des documents législatifs, réglementaires, administratifs encadrant les actions en matière d'adaptation aux changements climatiques

Documents législatifs, réglementaires et administratifs	Appuient la réalisation d'appréciations des risques, exigeant l'intégration de mesures d'adaptation en prenant en compte les scénarios climatiques actuels et futurs
Lois	Les lois du Ministère ne prennent pas en considération explicitement l'adaptation aux changements climatiques, reste que le Ministère est soumis à certaines lois gouvernementales qui intègrent les risques climatiques et l'adaptation, notamment La loi sur la qualité de l'environnement et la loi sur le développement durable.
Règlements	Hormis un règlement sur la sécurité ferroviaire qui intègre les changements climatiques (art. 57), aucun autre règlement du Ministère n'aborde explicitement la thématique. Toutefois, le Ministère est soumis à certains règlements interministériels qui intègrent l'adaptation aux changements climatiques, tels que: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets (chapitre Q-2, r. 23; RÉEIE) – Art. 5 ▪ Le règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (Q-2, r. 17.1; REAFIE) – Art 331 ▪ Le règlement sur les activités dans des milieux humides, hydriques et sensibles.
Directives	Directive sur l'évaluation de la durabilité en cours d'actualisation qui à travers ses outils intègre l'adaptation aux changements climatiques.
Documents administratifs	Plan d'action sur la gestion des infrastructures dans un contexte de changements climatiques (PAGI3C) – 2024-2029 Transporter vers la résilience : Politique ministérielle de sécurité civile – 2018 Plan ministériel de sécurité civile du ministère des Transports – 2019 Politique ministérielle de gestion intégrée des risques – 2022 Cadre ministériel de gestion intégrée des risques – 2022 Compléments d'information sur les ouvrages de gestion des eaux pluviales et leur conception – MELCCFP – 2023
Cadre normatif	Normes – tome III - Ouvrages d'art, chapitre 2, section 2.1.3. La norme BNQ 3660-004. Norme CSA S6-19 – Code canadien sur le calcul des ponts routiers (modifiée en 2019 pour tenir compte de l'augmentation des vents et de l'épaisseur de verglas.

ANNEXE 5 : Inventaire des études d'évaluation des impacts économiques des changements climatiques sur les infrastructures et services de transport

Études	Auteurs	Année
Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques	Pascal Bernatchez, Ph.D, (UQAR)	2015
Étude économique des impacts et de l'adaptation aux changements climatiques sur le fleuve Saint-Laurent	Ouranos	2016
Étude économique des impacts potentiels des bas niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent dus aux changements climatiques et des options d'adaptations	Ouranos	2016
Étude économique régionale des impacts et de l'adaptation aux changements climatiques sur le fleuve Saint-Laurent – Transport maritime	Ouranos	2016
Programme de recherche sur les impacts économiques des changements climatiques – Axe 6 infrastructures et services de transport (à venir) : <ol style="list-style-type: none"> 1. Impact des changements climatiques sur les infrastructures de transport au Québec 2. Changements climatiques et perturbations des transports terrestres au Québec: quels coûts et quels avantages ? 	1. Pier-André Bouchard-St-Amant, ENAP 2. Moktar Lamari, ENAP	2023 (en démarrage)

