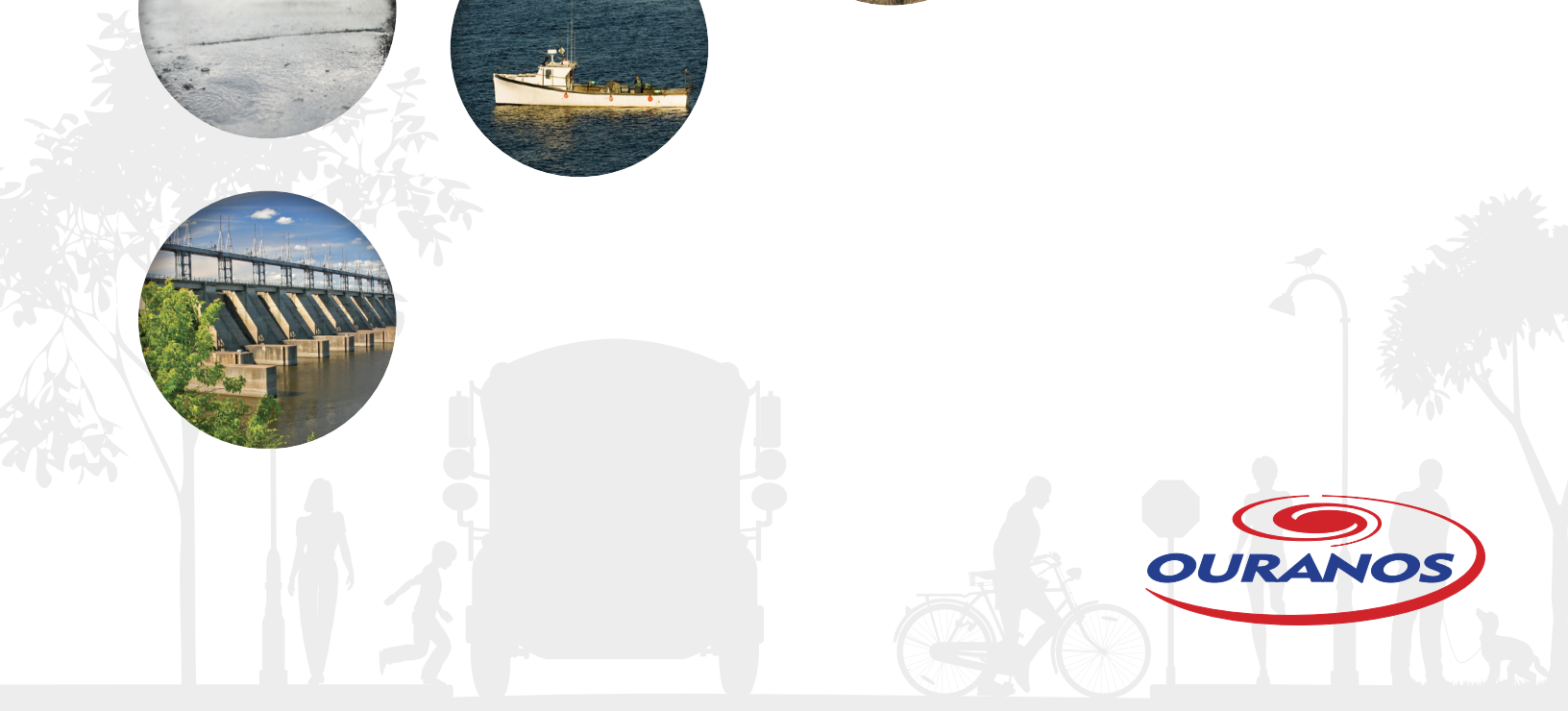


# VERS L'ADAPTATION

Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec

Édition 2014  
**SOMMAIRE**



## CRÉDITS

**Préparation du sommaire :** Liza Leclerc, Robert Siron, Travis Logan et Hélène Côte

**Infographisme :** Pétal Communications

**Citation suggérée :** Ouranos (2014). Sommaire de la synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2014. Montréal, Québec : Ouranos, 12 p.

Des exemplaires de ce document peuvent être téléchargés sur le site <http://www.ouranos.ca/fr/synthese2014/>

Décembre 2014

Ouranos

550 Sherbrooke Ouest, 19e étage  
Montreal, Québec, H3A1B9, Canada

Tél: 514-282-6464

Fax: 514-282-7131

[www.ouranos.ca](http://www.ouranos.ca)

# VERS L'ADAPTATION

Synthèse des connaissances sur les  
changements climatiques au Québec

Édition 2014

**SOMMAIRE**



**Ouranos** est un consortium de recherche et développement qui intègre plus de 450 scientifiques et professionnels œuvrant en climatologie régionale et en adaptation aux changements climatiques. Son action est définie en fonction des enjeux et des besoins formulés par ses membres, des ministères et institutions québécoises et canadiennes.

Les opinions et résultats présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et d'Ouranos et n'engagent pas ses membres.

# SOMMAIRE

Le réchauffement du système climatique, mesuré sur toute la planète durant les dernières décennies, est sans équivoque. L'influence humaine dans l'émission de gaz à effet de serre (GES) est clairement établie. Au Québec, la société et l'environnement naturel sont adaptés au climat dans lequel nous vivons. Des changements rapides du climat comportent des risques pour le bien-être de la société et le développement durable si le Québec ne s'ajustait pas à cette nouvelle réalité. Ce rapport s'appuie sur plus de 800 références et a impliqué près de 80 experts de tous les domaines concernés tant pour la coordination, la rédaction, la révision, la consultation que pour la collecte de données. Ce document est un sommaire du rapport complet disponible sur le site web d'Ouranos. Les sections pertinentes du rapport complet sont indiquées entre parenthèses.

## L'évolution du climat et ses impacts au Québec

### 1. La température : Comment le réchauffement nous affecte-t-il?

Les conséquences de cette hausse des températures sur l'économie et le bien-être des populations seront ressenties dans tous les secteurs d'activités et dans toutes les régions, par exemple :

- ▶ **Santé** : L'augmentation des températures contribue à rallonger la saison des pollens et des feux de forêt et occasionnera des problèmes respiratoires et cardiovasculaires. La hausse de la température aura aussi des impacts négatifs sur la mortalité et la morbidité, notamment en raison des îlots de chaleur urbains. (2.2)
- ▶ **Biodiversité** : Sous l'effet du réchauffement, les aires de répartition de centaines d'espèces pourraient se déplacer vers le nord de 45 à 70 km par décennie. À la fin du siècle, le Québec devrait ainsi présenter des conditions climatiques favorables à l'arrivée de nombreuses nouvelles espèces, tandis que certaines espèces indigènes n'auront probablement pas la capacité de suivre le rythme accéléré des changements climatiques. (2.4)
- ▶ **Foresterie et Agriculture** : L'allongement de la saison de croissance causé par le réchauffement, induit par l'augmentation des concentrations de CO<sub>2</sub> pourrait augmenter la productivité des forêts (2.1.1) et des cultures (2.1.2). Toutefois, en forêt, ces gains pourraient être annulés lorsque les arbres seront acclimatés aux nouvelles concentrations de CO<sub>2</sub>, ou encore limités par le manque d'éléments nutritifs dans le sol et par leur assèchement. Dans le cas de l'agriculture, le risque d'établissement de nouveaux ennemis des cultures (insectes ravageurs, mauvaises herbes et maladies) serait amplifié avec les changements climatiques, de même que la pression exercée par certains ennemis déjà présents au Québec et qui pourraient étendre leur territoire. (2.1.2)
- ▶ **Espèces envahissantes et nuisibles** : Les conditions climatiques futures vont être favorables à la prolifération de ces espèces. Ce risque d'invasion biologique est sérieux car ce sont des organismes qui ont le potentiel de nuire aux espèces indigènes, de modifier la structure des écosystèmes (2.4), mais aussi d'affecter l'exploitation forestière (2.1.1) et l'agriculture (2.1.2). Plusieurs cas ont été bien documentés au Québec, notamment celui des plantes envahissantes – comme la renouée japonaise et le roseau envahisseur – et celui des espèces vectrices de la maladie de Lyme, déjà en progression rapide dans le Sud du Québec (2.1 et 2.4). Des espèces introduites dans les écosystèmes aquatiques pourraient aussi affecter l'habitat du poisson et l'aquaculture (2.1.3).
- ▶ **Énergie** : Une augmentation des températures en hiver aura pour conséquence une baisse de la demande en énergie pour le chauffage, qui ne sera compensée que partiellement en été par une augmentation de la demande pour la climatisation. Globalement, la demande en énergie dans l'ensemble des secteurs (résidentiel, industriel, commercial et institutionnel) serait réduite selon le scénario médian à l'horizon 2050 de 2,7 % par rapport à ce qu'elle serait sans changement climatique. (2.1.4)

**Les températures (1.1)** On observe des tendances à la hausse d'environ 1 à 3°C des températures moyennes annuelles sur une période de 62 ans (1950-2011). On s'attend à ce que cette tendance se poursuive de façon à ce que les températures annuelles se réchauffent d'environ 2 à 4 degrés pour la période 2041-2070 et de 4 à 7 degrés pour la période 2071-2100. Selon le scénario de fortes émissions, ce réchauffement pourrait atteindre jusqu'à près de 15 degrés en hiver dans le Nord québécois vers la fin du siècle.

On projette de fortes augmentations pour la température maximale de la journée la plus chaude de l'année. Selon la région, les résultats montrent des augmentations médianes de l'ordre de 3 à 5 degrés pour un scénario d'émissions modérées et de 4 à 7 degrés pour un scénario de fortes émissions. On projette également de fortes augmentations dans la **durée des vagues de chaleur**, ainsi que la **fréquence de nuits plus chaudes**. Les projections climatiques indiquent également un fort réchauffement pour la température minimale de la journée la plus froide de l'année.

## 2. Les précipitations : Quelles sont les conséquences des variations des précipitations sur la population?

**Les précipitations (1.2)** Dans le Sud du Québec, les données historiques de la période 1950-2010 indiquent des tendances à la hausse pour les pluies printanières et automnales. C'est aussi le cas pour certaines stations en été. La tendance à la baisse des précipitations sous forme de neige est significative pour plusieurs stations du Sud du Québec. La quantité maximale de précipitations lors d'un épisode de 5 jours consécutifs montre une tendance significative à la hausse pendant l'automne (important pour les risques d'inondations).

Les changements projetés des précipitations varient selon les saisons et les régions. Par contre, partout au Québec, les modèles climatiques s'entendent sur des hausses hivernales et printanières des cumuls de précipitations, ainsi que sur des augmentations estivales et automnales pour le Nord et le Centre. Les plages de valeurs de changements attendues pour le Sud et le golfe du Saint-Laurent en été et en automne varient entre de faibles diminutions et de faibles augmentations.

Toutes les régions du Québec peuvent s'attendre à des augmentations de la **quantité maximale annuelle de précipitations** pour toutes les durées et pour toutes les périodes de retour. **Les périodes de retour des maximums annuels du cumul quotidien de précipitations seraient raccourcies de façon significative.** En effet, un maximum annuel dont la période de retour est de 20 ans sur l'horizon 1986-2005 pourrait avoir une période de retour autour de 7 à 10 ans vers 2046-2065, et ce, pour l'ensemble du Québec. On s'attend à des hausses significatives pour tous les indices de précipitations abondantes et extrêmes dans toutes les régions du Québec. Les augmentations seront généralement plus substantielles dans le Nord que dans le Sud.

### Exemples d'impacts :

- **Environnement bâti** : En milieu urbain, des pluies fréquentes et plus intenses provoquent des inondations localisées et des épisodes de surverses, une tendance appelée à s'accroître avec les CC. La gestion des eaux de pluie passe par un portfolio de mesures qui permet de gérer de manière plus efficace les eaux de pluie : des mesures de contrôle à la source, le recours aux réseaux mineur (infrastructures en souterrain) et majeur (routes, parcs) et des bassins de rétention en aval des réseaux. (2.3)
- **Gestion de l'eau** : Les changements climatiques auront des effets sur les sources d'eau souterraines et de surface tant sur le plan de la disponibilité que de la qualité. La protection des sources d'eau et des écosystèmes naturels, comme les milieux humides (riverains et isolés) (2.4), et une meilleure gestion de la demande, comme des mesures de conservation d'eau, sont des options d'adaptation « sans regret ». (2.3)



### Exemples d'impacts :

#### ► Gestion de l'eau :

- Le changement dans la fréquence des événements de précipitations ou de crues intenses, l'augmentation de la sévérité des étiages et l'augmentation de la température de l'eau risquent d'avoir une incidence négative sur la qualité de l'eau (2.5.1) et sur l'habitat du poisson. (2.4)
- Il est très probable que les débits d'étiage soient plus sévères et plus longs à l'horizon 2050.
- Il reste plusieurs améliorations à apporter aux projections avant de pouvoir évaluer, avec un niveau de confiance élevé, l'impact des changements climatiques sur les crues les plus fortes. La connaissance de l'impact des changements climatiques sur la recharge et l'évolution des nappes d'eau souterraine est à développer. (2.4)

**Le régime hydrique : les débits (1.8)** On s'attend à une augmentation des débits hivernaux moyens des rivières pour l'ensemble du Québec pour l'horizon 2041-2070. Le consensus est élevé (supérieur à 90 %) parmi l'ensemble de projections hydrologiques utilisées.

Dans le Nord du Québec, on anticipe des augmentations des débits moyens des rivières au printemps et en automne pour le même horizon (consensus modéré). Dans le Sud du Québec, pour la plupart des rivières, on peut s'attendre à une baisse des débits moyens en été, au printemps et en automne (consensus modéré).

- **Énergie** : À l'horizon 2050, des augmentations (très probables) des débits moyens de l'ordre de 12 % sont anticipées dans la portion Nord du Québec, alors que pour le Sud, les augmentations (probables) sont de l'ordre de 5%. (2.1.4)

- **Foresterie** : L'assèchement des sols dans les écosystèmes forestiers d'érablière, de sapinière et de pessière diminuera de 20-40 % pendant l'été en 2041-2070 alors que la température des sols augmentera de 3-4°C. Cela pourrait potentiellement réduire le rendement forestier. (2.1.1)

**Les sécheresses (1.10)** Pour le Sud du Québec, les observations montrent une légère tendance à la baisse des indices de sécheresses météorologiques (épisodes de jours consécutifs sans précipitation).

À l'horizon 2081-2100, on projette une réduction du maximum du nombre de jours consécutifs sans précipitation à l'échelle annuelle et hivernale (DJF), mais un allongement de la durée de ces épisodes pour la saison estivale (JJA).

Les projections d'anomalies d'humidité du sol montrent des conditions plus sèches annuellement et surtout pour la saison estivale pour 2081-2100.

### 3. La mer : Quels risques posent l'augmentation du niveau de la mer, la diminution des glaces marines et l'acidification des océans pour le Québec?

**La hausse du niveau de la mer (1.11)** Dans le golfe du Saint-Laurent, la projection médiane de l'ensemble du GIEC, basée sur le scénario de fortes émissions, laisse entrevoir une hausse du niveau relatif de la mer de 30 à 75 cm. Les dernières projections du GIEC indiquent une baisse du niveau relatif de la mer de 0,3 à 1,5 m selon les scénarios d'émissions de GES fortes et modérées le long des côtes du détroit et de la baie d'Hudson.

#### Les glaces marines (1.9)

On s'attend à ce que vers 2041-2070, la période, pendant laquelle la baie d'Hudson est libre de glace, s'allonge de plus de deux mois. Pour le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, on projette un englacement plus tardif de l'ordre de 10 à 20 jours tandis que la fonte des glaces pourrait être devancée de 20 à 30 jours pour 2041-2070 par rapport à la période 1982-2011. De plus, la concentration de glace maximale annuelle est appelée à diminuer de 67% dans cette région. L'océan Arctique sera essentiellement sans glace en septembre avant 2050 selon le scénario de fortes émissions.



#### Impacts sur les zones côtières et l'environnement maritime :

- **L'érosion côtière** : La diminution de l'englacement le long des côtes expose davantage le littoral aux événements extrêmes comme les vagues de tempêtes et favorise l'érosion côtière. (2.3, 2.4)
- **Biodiversité** : Dans le golfe du Saint-Laurent, les écosystèmes côtiers à pente faible sont maintenant menacés directement par la submersion et l'érosion marines dues aux changements climatiques. Or, ces écosystèmes littoraux jouent un rôle important dans la dynamique de la zone côtière et fournissent des services écologiques essentiels pour le développement durable des régions maritimes. (2.4)
- **Environnement bâti** : L'érosion du littoral en milieu marin est une problématique majeure pour les régions de la Côte-Nord, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Au cours des dernières décennies, elle a suscité des déboursés considérables qui ont servi à des déplacements de routes et à la construction d'ouvrages de protection. (2.5)
- **Pêches et aquaculture** : Certains mollusques et crustacés économiquement importants au Québec sont sensibles à l'acidification des océans, qui est due à l'augmentation des concentrations en gaz carbonique. (2.1.3)

#### 4. Les événements météorologiques extrêmes : La foudre, le verglas, les orages et les tempêtes changeront-ils et affecteront-ils notre mode de vie?

**Foudre, verglas, orages et tempêtes.** *L'état actuel des connaissances sur la foudre et le verglas ne permet pas encore d'effectuer des projections pour ces phénomènes. En ce qui a trait aux orages, quelques études préliminaires laissent entrevoir une hausse de leur fréquence et de leur intensité au fur et à mesure que l'on s'approche de l'année 2100 sans toutefois pouvoir établir un niveau de confiance dans ces projections (section 1.3.3). Il n'est pas encore possible d'établir si la fréquence et l'intensité des cyclones post-tropicaux (« restes d'ouragan »), qui causent des épisodes de temps sévères (pluies torrentielles, vents violents, fortes vagues et surcotes) au Québec, changeront dans les prochaines décennies. Il est toutefois possible d'affirmer que les cyclones post-tropicaux apporteront de plus grandes quantités de précipitations et que ceux qui atteindront le golfe du Saint-Laurent frapperont des régions côtières ayant subi une hausse du niveau de la mer, augmentant ainsi les risques d'érosion et de submersion. L'analyse des systèmes dépressionnaires n'a pas permis de détecter de tendance significative pour la période 1951-2010. (section 1.7)*

- ▶ **Agriculture** : L'accentuation de la fréquence et de l'intensité des conditions climatiques extrêmes serait dommageable pour les cultures, les élevages et la qualité de l'eau de surface. (2.1.2)
- ▶ **Pêches et aquaculture** : Les aléas climatiques comme les tempêtes, les vents violents ou le verglas représentent aussi une menace pour les équipements de pêche et les installations portuaires et aquacoles. (2.1.3)
- ▶ **Énergie** : La fréquence et l'intensité de certains événements climatiques extrêmes pourraient avoir des conséquences importantes pour les infrastructures de transport et de distribution d'électricité exposées à ces aléas climatiques. (2.1.4)
- ▶ **Santé** : L'adaptation aux événements météorologiques extrêmes reste encore un défi d'importance afin de réduire les impacts sur la santé des populations, en termes de connaissances des risques, de préparation aux urgences, de prévention et d'aménagement urbain, tant pour les organisations que pour les individus et les ménages. (2.2)
- ▶ **Aménagement du territoire** : Les problématiques associées aux événements météorologiques extrêmes sont en croissance au Québec et au Canada. L'aléa inondation constitue le principal risque naturel au Québec et engendre des déboursés importants en indemnités entre autres, pour le gouvernement. Les sinistres associés aux crues sont en augmentation et surviennent maintenant en toutes saisons, alors que par le passé, les inondations au Québec concernaient essentiellement les crues printanières souvent associées aux débâcles. (2.5)



## 5. Effets en cascade et risques cumulatifs avec les changements climatiques

- ▶ **Pêches et aquaculture** : Les CC modifient les propriétés physico-chimiques de l'eau qui viennent affecter la qualité de l'habitat du poisson et ont également des impacts directs sur la physiologie, la phénologie et la répartition des espèces aquatiques. Tous ces impacts se traduisent à leur tour par des conséquences sur la dynamique des populations et la composition des communautés ichthyologiques et affecteront ultimement la productivité des pêches (tant sportive que commerciale) et des activités aquacoles. (2.1.3)
- ▶ **Dans l'écosystème fluvial du Saint-Laurent**, l'augmentation des températures, les bas niveaux d'eau et l'expansion de certaines plantes envahissantes, en particulier le roseau envahisseur, vont causer la perte d'habitats riverains de qualité pour la faune et entraîneront des pertes significatives de frayères, notamment dans le Lac Saint-Pierre (2.4), ce qui pourrait se répercuter sur les populations de poissons et donc, sur les pêches sportive et commerciale. (2.1.3)
- ▶ **Dans l'estuaire d'eau douce**, plusieurs facteurs écologiques, géomorphologiques, météorologiques et hydrodynamiques, sous l'influence directe des changements climatiques, pourraient survenir de manière simultanée sur l'érosion des hauts marais et ainsi mettre en péril certaines plantes menacées ou vulnérables pour lesquelles il s'agit d'un habitat essentiel. (2.4)
- ▶ **Dans le Nord du Québec**, la dégradation du pergélisol et le tassement du sol qui en résulte, les modifications du couvert de glace de même que les changements du régime de tempêtes affectent les bâtiments ainsi que les infrastructures industrielles et de transport. Une cartographie caractérisant les zones à risque dans les villages nordiques aide à mieux planifier leur développement. Les CC affecteront davantage les populations autochtones notamment en raison des difficultés grandissantes d'accès au territoire (fonte du pergélisol et modification des chemins hivernaux) et à la nourriture traditionnelle. (2.3, 2.4)
- ▶ **Les écosystèmes nordiques** sont très vulnérables aux CC et ils en subissent déjà les effets : L'augmentation des températures, la modification dans le régime des précipitations et du cycle gel-dégel ont un impact cumulatif sur le comportement des espèces, leur cycle biologique et l'utilisation de leurs habitats; c'est le cas notamment du caribou migrateur et des salmonidés. Or, ces espèces et bien d'autres fournissent de nombreux services écologiques sur lesquels reposent entièrement le mode de vie et la culture traditionnelle des populations autochtones. (2.4)
- ▶ **En zone boréale**, les changements climatiques vont aussi avoir des impacts sur l'écosystème forestier puisque des changements dans les températures, les précipitations et les concentrations en CO2 influencent directement la croissance des arbres et la composition spécifique de la forêt boréale (2.4). Ces impacts vont se rajouter aux modifications dans le régime des feux et aux épidémies d'insectes et de maladies anticipées avec les CC, qui ont donc le potentiel d'influencer la gravité, la fréquence et l'étendue des perturbations sur les activités forestières. (2.1.1)
- ▶ **Aménagement du territoire** : Compte tenu des effets attendus des changements climatiques sur les précipitations et les crues, et en raison du développement urbain dans des zones sensibles aux glissements de terrain, les pertes et dommages consécutifs à des glissements de terrain sont susceptibles de s'accroître. (2.5)
- ▶ **Tourisme et loisirs**. Très peu d'informations existent actuellement au sujet des impacts des changements climatiques et leurs conséquences pour les PME touristiques du Québec en dépit des effets en cascades qu'on peut anticiper sur cette industrie. Selon les projections pour 2020, les régions des Cantons de l'Est et des Laurentides profiteront de gains économiques estivaux tandis que l'on anticipe des pertes pour les activités hivernales. Toutefois, en l'absence de mesures d'adaptation, les gains estivaux risqueraient de ne pas être suffisants pour compenser les pertes hivernales dans ces deux régions. (2.1)





# Un Québec plus résilient :

## Vers la mise en œuvre de l'adaptation aux changements climatiques

Les impacts des changements climatiques viennent s'ajouter aux vulnérabilités existantes et croissantes, tant environnementales (espèces menacées, déclin des milieux humides, vulnérabilités des écosystèmes nordiques), physiques (l'état des infrastructures), institutionnelles (les lois et normes contraignantes) et sociales (le manque d'informations appropriées).

Cette section se concentre sur le développement des solutions qui rendront le Québec moins vulnérable, et donc plus résilient aux impacts associés à un climat en évolution.

► **Environnement bâti :** La méconnaissance de l'état des infrastructures de même que les pratiques de gestion et d'entretien parfois défectueuses apparaissent comme des sources de vulnérabilités importantes pour les infrastructures. (2.3)

► **Aménagement du territoire :** En milieu urbanisé, la vulnérabilité est liée à l'interdépendance complexe de ses infrastructures et à la densité de sa population. L'analyse de cette vulnérabilité est essentielle pour déceler les secteurs à risque. (2.5)

Le Québec possède déjà une quantité importante d'outils pour supporter la mise en œuvre de l'adaptation. Cette capacité s'appuie sur plusieurs éléments, incluant des études fondamentales, l'identification des stratégies d'adaptation pour divers enjeux et secteurs d'activité, des outils de communication, ainsi que des plans d'adaptation gouvernementaux aux niveaux municipal, provincial et fédéral.

**Vers l'adaptation :** Globalement, il y a eu beaucoup d'évaluations portant sur la vulnérabilité, les impacts et l'adaptation aux changements climatiques, mais celles-ci n'ont pas nécessairement conduit à la mise en œuvre de l'adaptation. Les chercheurs travaillent actuellement à comprendre les barrières à l'adaptation et la transition de la science à l'action. C'est pourquoi le rôle des organisations « frontières » comme Ouranos est de plus en plus valorisé internationalement. (3.1)

Les pistes d'adaptation prennent une multitude de formes et le développement des solutions d'adaptation créant de la flexibilité pour répondre aux risques, parfois multiples et cumulatifs, est essentiel. Les stratégies d'adaptations souvent identifiées sont les solutions d'adaptation « physiques » qui entraînent des modifications dans les propriétés physiques d'un système avec l'objectif d'augmenter sa résilience. Les options physiques incluent des ajustements des structures, des solutions technologiques et des options basées sur la biodiversité et les services écologiques.



## L'adaptation physique (3.2.1)

Exemples d'options d'adaptation structurelles et de génie :

Secteur	Options d'adaptation
Foresterie (2.1.1.3)	Augmenter la taille des ponceaux pour s'adapter à l'augmentation des précipitations
Agriculture (2.1.2.3)	Conception d'ouvrages hydroagricoles et de structures d'entreposage du fumier et des lisiers selon des critères qui tiennent compte des changements climatiques
Énergie (2.1.4.2)	Modification du nombre ou de la taille des turbines
Énergie (2.1.4.2)	Modification de la dimension des canaux d'amenée ou des conduites
Énergie (2.1.4.2)	Augmentation de la capacité de l'évacuateur de crue
Bâtiments/infrastructures (2.3.2.2)	Modification de la géométrie des chaussées pour faire face à l'augmentation des précipitations
Bâtiments/infrastructures (2.3.2.2)	Construction d'ouvrages de protection « en dur » contre la hausse du niveau de la mer et de l'érosion côtière (murs, enrochements, déflecteurs de vagues, etc.)
Bâtiments/infrastructures (2.3.2.2)	Construction d'ouvrages de protection moins lourde contre la hausse du niveau de la mer (p. ex. : recharges de plage)
Bâtiments/infrastructures (2.3.2.2)	Implantation de systèmes de gestion des eaux pluviales (végétalisés ou non végétalisés)
Bâtiments/infrastructures (2.3.2.2)	Utilisation de matériaux réfléchissants dans les infrastructures urbaines (toits, parois murales, pavés à hauts albédos)
Bâtiments/infrastructures (2.3.2.2)	Favoriser l'architecture bioclimatique (construction d'infrastructures intelligentes)
Gestion de l'eau (2.5.1.3)	Mise à niveau d'infrastructures de gestion de l'eau pour intégrer les divers scénarios climatiques possibles (redimensionnement des infrastructures, relocalisation d'une prise d'eau, la mécanisation d'une vanne, etc.)



## Exemples d'options d'adaptation technologique :

Secteur	Options d'adaptation
Foresterie (2.1.1.3)	Modification de la machinerie forestière
Agriculture (2.1.2.3)	Micro-irrigation (système d'irrigation de précision, systèmes d'irrigation goutte à goutte)
Agriculture (2.1.2.3)	Développement de variétés végétales/cultivars/hybrides adaptées aux nouvelles conditions
Agriculture (2.1.2.3)	La diversification des cultures
Agriculture (2.1.2.3)	Installation de systèmes de ventilation dans les bâtiments d'élevage ou autres technologies (brumisation) pour faire face aux périodes de chaleur intense
Pêches et aquaculture (2.1.3.4)	Élever de nouvelles espèces adaptées aux nouvelles conditions climatiques
Énergie (2.1.4.2)	Modification des caractéristiques des composantes électriques (générateurs, transformateurs, lignes de transport, etc.)
Tourisme (2.1.5.4)	Utilisation de systèmes de distribution hydrique efficaces (brumisation automatique) sur les terrains de golf
Tourisme (2.1.5.4)	Production de neige
Bâtiments/infrastructures en environnement nordique	Utilisation du thermosiphon pour maintenir la continuité du gel
Bâtiments/infrastructures (2.3.2.2)	Application de traitements (chaux, ciment, émulsion) aux sols et aux matériaux de chaussée pour les rendre moins sensibles à l'eau
Environnement nordique	Introduction de technologies de communication (GPS, téléphones satellites) et de nouveaux moyens de transport dans les activités de chasse et de pêche des communautés autochtones arctiques
Tous	Utilisation de technologies d'information pour développer des systèmes d'alerte précoce et des outils de prévision météorologique
Aménagement du territoire (2.5.2.1)	Utilisation de technologies basées sur la géomatique pour mieux cerner les aléas climatiques (p. ex. : élaboration de cartes de risque)

Les solutions d'adaptation physiques et technologiques demeurent importantes, mais le développement des solutions d'adaptation, qui créent de la flexibilité pour répondre aux différents types de risques, multiples et cumulatifs, fait partie des nouvelles pistes de recherche importantes. Associé à cette approche, l'apprentissage continu, qui inclut les systèmes de suivi et d'évaluation, fait partie de la boîte à outils pour une adaptation continue. Aussi, les options d'adaptation basées sur les écosystèmes offrent des co-bénéfices qui vont bien au-delà des changements climatiques et rendent donc ces options de plus en plus importantes.



## Exemples d'options basées sur la biodiversité et les services écologiques :

Secteur	Options d'adaptation
Agriculture (2.1.2.3)	Établissement ou préservation de bandes riveraines
Gestion de l'eau (2.5.1.3) Écosystèmes et biodiversité (2.4.2)	Gestion de l'eau en fonction des espaces de liberté
Santé (2.2.2.1) Aménagement du territoire en milieu urbain (2.5.2.2)	Aménagement d'infrastructures vertes dans les villes (ruelles vertes, toits verts, murs végétaux, systèmes végétalistes de gestion d'eaux pluviales, bassins et jardins de rétention des eaux de pluie)
Santé (2.2.2.1)	Plantation d'arbres à grand déploiement pour créer de l'ombrage et combattre les îlots de chaleur urbains
Agriculture (2.1.2.3) Écosystèmes et biodiversité (2.4.2) Aménagement du territoire (2.5.2.2) Agriculture (2.1.2.3) Foresterie (2.1.1.3)	Implantation de systèmes agroforestiers

Une prise de conscience croissante vers des options d'adaptation axées sur la biodiversité et les services écologiques. On peut faire la distinction entre les mesures qui visent la protection de la biodiversité, p. ex. la planification de corridors écologiques pour assurer la connectivité entre les grands massifs forestiers et l'établissement d'un réseau d'aires protégées, elles-mêmes reliées par des corridors écologiques (2.4.2) et l'adaptation axée sur les écosystèmes, souvent appelée des « mesures vertes » ou « l'infrastructure verte » conçues pour des objectifs additionnels à la conservation de la biodiversité, comme la protection de la santé et de la population ou la gestion des eaux pluviales. Les deux sont complémentaires et l'option d'utiliser les services écologiques pour l'adaptation multisectorielle (2.4) vient renforcer l'importance de protéger notre capital naturel. L'adaptation axée sur les écosystèmes, « a recours à la biodiversité et aux services écosystémiques dans le cadre d'une stratégie d'adaptation globale, aux fins d'aider les populations à s'adapter aux effets négatifs des changements climatiques » selon le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.



## Les leviers institutionnels (3.2.2)

Par contre, l'adaptation aux changements climatiques doit également s'appuyer sur d'autres avenues et outils comme les **leviers institutionnels**. Plusieurs de ces outils ont été développés ou étudiés au Québec comme les plans d'adaptation gouvernementaux provinciaux et municipaux ; les guides et les normes traitant de l'adaptation ; les outils économiques et financiers (les assurances, les taxes et subventions et l'amélioration du prix des ressources). Aussi, la diversification des activités avec une programmation étendue sur quatre saisons est une mesure d'adaptation souvent employée par l'industrie touristique (2.1.5). Dans plusieurs cas, l'intégration des mesures d'adaptation et de réductions des gaz à effet de serre est visée pour atteindre plusieurs objectifs complémentaires à la fois.

- ▶ **Santé** : Une forte convergence existe entre plusieurs adaptations en milieu urbain qui visent la lutte aux effets de la chaleur intense. Ainsi, le verdissement urbain, la promotion du transport actif, la gestion des précipitations localement sur les terrains et la lutte à la pollution atmosphérique améliorent la santé physique et mentale de la population, alors qu'ils contribuent simultanément à la réduction des GES. Leur intégration efficace aux réglementations municipales et fiscales ou à la pratique quotidienne demeure cependant à concrétiser. (2.2)

Le rôle du secteur privé n'est pas bien saisi dans la recherche, mais il est important pour la mise en œuvre de l'adaptation. La réponse à un besoin à court terme et le sentiment d'indépendance climatique constituent des freins à l'intégration de l'adaptation dans la gestion des entreprises et également sur le plan individuel.

- ▶ **Environnement bâti** : Une analyse des normes et standards tend à montrer qu'ils demeurent des outils très efficaces pour promouvoir et mettre en œuvre des pratiques robustes face aux changements climatiques, mais le défi est d'appliquer ces normes et ces standards dans un contexte de risque évolutif. (2.3)



### L'adaptation sociale (3.2.3)

L'adaptation sociale, qui inclut l'éducation et la sensibilisation des différents acteurs de l'adaptation, ainsi que la création d'outils d'information spécialisés (atlas, fiches, guides) dans des formats appropriés et adaptés développent le capital social qui soutient la capacité d'adaptation continue. Produire davantage d'informations de meilleure qualité ne garantit pas pour autant leur utilisation. Au Canada et ailleurs, un grand nombre d'outils pour appuyer l'adaptation aux changements climatiques ont été développés dans les dernières années, mais la façon dont ils ont été appliqués par les usagers ciblés reste encore peu documentée.

► **Les savoirs locaux et traditionnels** peuvent apporter des éclaircissements sur les variables climatiques et compléter les données scientifiques, en appui à la mise en œuvre des systèmes de surveillance et de prédiction environnementaux ainsi que pour formuler des mesures d'adaptation appropriées, surtout quand la non-disponibilité de certaines données constitue un frein au processus d'adaptation. (3.2.3.2 et 2.4)

► **Le niveau des connaissances sur les changements climatiques** des professionnels, des entreprises et des communautés québécoises est diversifié et inégal. Des efforts sont encore nécessaires pour sensibiliser les secteurs publics et privés. La sensibilisation contribue à augmenter la capacité d'adaptation. (3.2.3.3)

Il est important de noter qu'une gamme de mesures de différents types sera souvent nécessaire pour renforcer la résilience.

► **Énergie** : Il est important de considérer les avantages d'adapter le mode de gestion et/ou de conception des centrales et réservoirs hydroélectriques à l'évolution des régimes hydrologiques. Tant les mesures non structurales (adaptation des règles de gestion) que structurales (ajout de turbines ou redimensionnement d'équipements) pourraient permettre de tirer avantage des conditions hydrométéorologiques à venir. (2.1.4)

► **Environnement bâti et aménagement du territoire** : Alors que la conception des bâtiments et des infrastructures, mais aussi tous les aspects d'opération, d'entretien, de gestion et de réhabilitation, sont et seront affectés par les changements climatiques, l'interdépendance entre les infrastructures rend plus complexe les enjeux associés aux changements climatiques. (2.3 et 2.5)

### Les barrières et les limites à l'adaptation, et l'adaptation transformationnelle (3.3)

En général, les barrières peuvent être classées dans les catégories suivantes : technologiques, physiques, biologiques, économiques, financières, sociales, culturelles, institutionnelles et de gouvernance. Au Québec, quelques études montrent que les barrières généralisables à l'adaptation dans la province seraient liées à l'accès aux informations pertinentes et à leur communication, à la carence des compétences, à des difficultés dans la gouvernance et à la perception des gens d'avoir une capacité d'adaptation élevée. Des barrières propres aux différents secteurs existent aussi. Par exemple, en agriculture, le manque de ressources financières est identifié, et des producteurs agricoles proches de la retraite sont moins enclins à investir dans de nouvelles technologies ou de nouvelles approches, sauf si la relève est assurée.

De leur côté les limites sont des obstacles absolus, c'est-à-dire, des seuils au-dessus desquels l'état d'un système ne peut pas être soutenu, ce qui mène à une perte irréversible ou à un changement radical pour s'adapter aux nouvelles conditions. L'adaptation transformationnelle surgit justement pour faire face à ces limites à l'adaptation dans un contexte précis. Au Québec, les études sur l'adaptation aux changements climatiques touchent rarement à des options transformationnelles.

### La maladaptation (3.4.3)

Cinq dimensions de la maladaptation sont identifiées dans ce document : l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES), les coûts d'opportunité élevés, l'accentuation de l'iniquité, les actions qui diminuent la motivation à s'adapter (favorisant une dépendance inutile à un groupe ou une institution ou sanctionnant les efforts d'adaptation) et les schémas de développement qui limitent les capacités d'adaptation futures.

Il est important d'examiner les liens entre divers secteurs pour éviter la maladaptation trans-sectorielle et le transfert de la vulnérabilité. De plus, il ne faut pas oublier que les objectifs et les valeurs varient d'une institution à l'autre, d'un groupe à l'autre et d'un secteur à l'autre. Donc, une option d'adaptation perçue comme positive par les uns peut être une maladaptation pour d'autres. Il est, par conséquent, nécessaire d'identifier les compromis entre les divers acteurs, ce qui peut devenir un défi pour les gestionnaires de l'adaptation. Finalement, l'adoption d'approches plus souples et itératives dans la mise en place des stratégies d'adaptation favorise des ajustements et une réponse plus appropriée aux besoins et aux objectifs des parties prenantes. En outre, elle permet aussi l'utilisation de nouvelles informations ou de nouveaux scénarios.

### Les possibilités créées par les changements climatiques (3.4)

S'adapter implique aussi de tirer profit des opportunités liées aux effets positifs des changements climatiques. Le secteur agricole, par exemple, pourrait bénéficier d'un accroissement des rendements de quelques cultures telles que le maïs, le soja et les plantes fourragères, grâce à l'allongement de la saison de croissance et à l'augmentation des unités thermiques (UTM). Des gains potentiels en richesse spécifique sont aussi attendus en raison du déplacement nordique des aires de répartition de plusieurs espèces de flore et de faune. Dans le secteur forestier, l'augmentation anticipée de l'activité des feux pourrait améliorer la productivité des forêts là où la croissance des arbres est actuellement limitée par l'épaisseur de la matière organique.

Toutefois, les études récentes montrent que même si les changements climatiques pourraient être à l'origine d'opportunités économiques pour les productions agricoles et forestières au Québec, ils viennent aussi accroître certains risques sans qu'il soit possible d'affirmer, à ce jour que ce bilan soit globalement positif ou négatif. (2.1.1, 2.1.2). Aussi, la performance des réseaux routiers est elle aussi fortement influencée par les facteurs climatiques qui comptent pour environ 50% des dommages. Le bilan net des effets pour les infrastructures routières dans la partie sud du Québec n'est toutefois pas clair car les changements climatiques auront à la fois des effets positifs et des effets négatifs, qui affecteront les coûts de construction et la durée de vie des infrastructures. (2.3)

- Les impacts des changements climatiques pourront aussi créer des opportunités pour le Québec, mais les moyens pour en tirer profit doivent être déterminés.

La recherche au Québec a beaucoup évolué depuis la dernière synthèse des connaissances publiée par Ouranos en 2010. Les recherches qui alimentent l'adaptation aux changements climatiques sont en forte croissance et elles permettent d'appuyer les efforts de toutes les parties prenantes pour réduire les vulnérabilités des populations et des secteurs les plus vulnérables. Des décisions d'adaptation fondées sur les informations et les connaissances scientifiques sont essentielles pour y arriver et la recherche a un rôle important à jouer à cet égard dans l'avenir.